

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ордена ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ им. С. П. КОРОЛЕВА

И. Н. КОСЕНКО

**ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ
НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ
С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ
УПРАВЛЕНИЕМ**

Учебное пособие по курсу „Технология производства
двигателей летательных аппаратов“

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Устройство и работа узлов числового программного управления станка 1К62Пр	4
Механизм поперечной подачи	5
Механизм продольного перемещения суппорта и упор-гайки	9
Технологические возможности работы станка 1К62Пр с числовым про- граммным управлением	11
Двоичная система счисления	15
Запись программы на перфокарту	18
Таблица кодирования цикловых технологических команд	20
Корректурa	26
Разработка технологического процесса и расчет программы обработки детали	27
Пример расчета программы обработки ступенчатого валика	31
а) Расчет режимов резания	36
б) Расчет настроечных размеров	38
Определение количества подналадок станка, исходя из допустимого износа резца	41
Заполнение технологически-расчетных карт	42
Подготовка перфокарты	45
Обработка детали на станке и составление отчета	45
Приложения	53
Литература	64

ИВАН НИКИФОРОВИЧ КОСЕНКО

ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Учебное пособие по курсу «Технология производства
двигателей летательных аппаратов»

Редактор *И. С. Кольшева*
Технический редактор *Н. М. Земскова*
Корректор *И. Б. Гридина*

Подписано в печать 2/ХІІ-68 г. ЕО00288. Формат бумаги 60×90¹/₁₆.
Объем 4 печ. л. Тираж 1000 экз. Цена 35 коп.

Куйбышевский авиационный институт им. С. П. Королева,
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.
Типография изд-ва «Волжская коммуна»,
г. Куйбышев, пр. Карла Маркса, 201.
Заказ № 4739.

Повышение производительности труда в машиностроении связано с механизацией и автоматизацией производственного процесса.

В крупносерийном и массовом производстве этот вопрос решается за счет применения специальных полуавтоматов, автоматов и автоматических линий.

В мелкосерийном и, тем более, индивидуальном производстве применение указанного оборудования экономически невыгодно. Авиационное двигателестроение относится к мелко- и среднесерийному производству. Анализ затрат времени при обработке деталей на металлорежущих станках, сделанный в ЭНИМСе, показывает, что непосредственно на резание затрачивается в опытном производстве около 30% времени, в серийном не более 45%, а остальное время расходуется на установку детали, управление станком, измерение и т. д. Из общего объема вспомогательного времени 43—52% затрачивается на управление станком, 12—26% — на установку и закрепление детали, а 18—32% — на измерение детали. Отсюда следует, что для повышения производительности труда необходимо механизировать в первую очередь управление станком. Эту возможность дает применение станков с числовым программным управлением (ЧПУ).

На заводе «Красный пролетарий» выпускаются станки 1К62Пр с числовым программным управлением, с пультом управления ПРС-3-61 конструкции ЭНИМС, программа записывается на магнитную ленту. Средневожский станкозавод приступил к серийному выпуску станков с ЧПУ, оснащенных пультом управления ПРС-3-61. Ряд заводов модернизировал станки 1А62, 1К62 для числового программного управления, на которых программа записывается на стандартную перфокарту, имеющую сорок пять строк и двенадцать дорожек.

Указанные токарные станки позволяют обрабатывать детали по 3—4 классу точности.

Киевский завод станков-автоматов освоил выпуск токарно-револьверного станка 1341П с ЧПУ. Программа записывается на перфокарту, имеющую 77 строк и 22 дорожки. Станок имеет уст-

ройство для автоматического переключения чисел оборотов и подач по заданной программе. Управление револьверной головкой осуществляется по рассчитанной программе. Точность осевых размеров в пределах 0,1 мм, а диаметральных — в пределах 3—4 класса точности.

На заводах применяются горизонтально-расточные станки 262Пр с ЧПУ. Программа записывается кодом Грея на перфокарту, имеющую 51 строку и 26 дорожек. Работает значительное количество вертикально-фрезерных станков 6Н13ГЭ-2 с ЧПУ. Управляющая программа записывается на магнитную ленту.

Станкостроители изготавливают координатно-расточные станки 2А450П с ЧПУ для обработки корпусных деталей. Программноносителем служит стандартная перфокарта. Гарантированная точность автоматической установки координат 10 мк.

Экономичное использование новой техники возможно только тогда, когда инженерно-технические кадры и рабочие, работающие на этих станках, будут иметь необходимые знания и опыт работы. Предлагаемое учебное пособие позволит изучить кинематику станка 1К62Пр, методику расчета управляющих программ и освоить особенности разработки технологического процесса обработки деталей на этих станках.

УСТРОЙСТВО И РАБОТА УЗЛОВ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ СТАНКА 1К62Пр*

Привод главного движения станка осуществляется его штатным электродвигателем, приводящим во вращение шпиндель через коробку скоростей. Система не предусматривает переключения числа оборотов шпинделя и подач во время осуществления автоматического цикла. После выбора необходимого числа оборотов и величины продольной подачи они устанавливаются, как обычно, соответствующими настройками коробок скоростей и подач. Переключение скорости вращения шпинделя может выполняться только вручную. Для этого необходимо прервать автоматический цикл работы с помощью кнопки «стоп» или путем специальной команды. В случае необходимости система программного управления может быть отключена и станок может работать при ручном управлении с полным сохранением технологических возможностей.

На рис. 1 представлен общий вид станка 1К62Пр. Станок снабжен пультом управления 11, устройством для осуществления поперечной подачи 12 и механизмом 6, 7, 8 для передвижения подвижного упора-гайки 5. Для предотвращения поломок при перемещении упора-гайки справа налево установлен конечный выключатель 10.

* Модернизация станка произведена по чертежам Куйбышевского политехнического института.

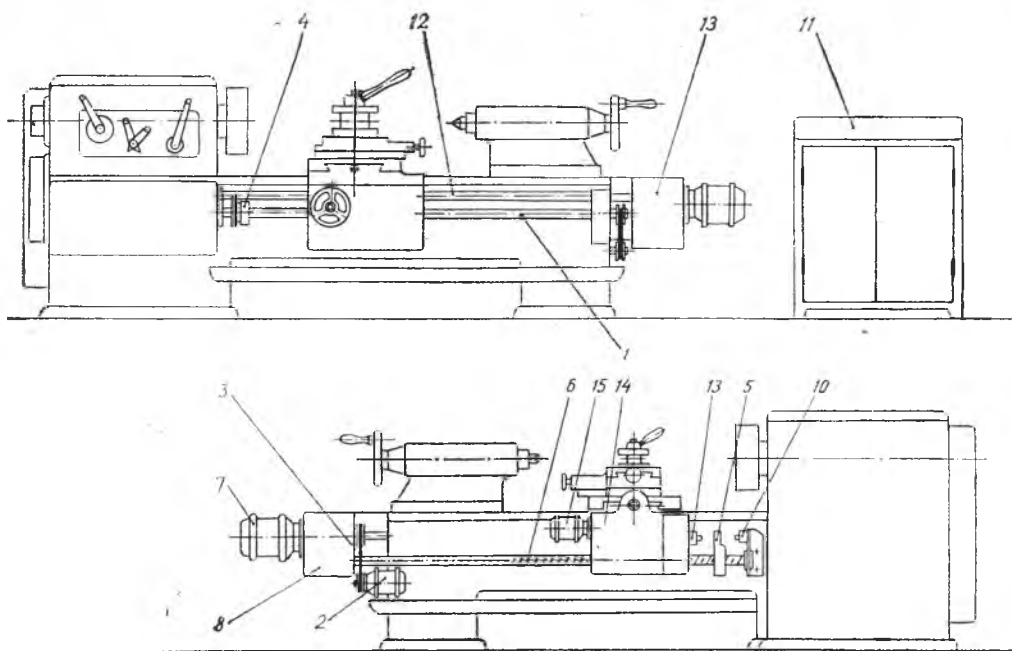


Рис. 1. Общий вид станка 1K62Pr с числовым программным управлением

МЕХАНИЗМ ПОПЕРЕЧНОЙ ПОДАЧИ

Перемещение суппорта в поперечном направлении осуществляется от отдельного электродвигателя 15 посредством коробки скоростей 14 через дифференциально-суммирующий механизм (рис. 1 и 2). Электродвигатель включается после считывания с перфокарты размера очередного поперечного перемещения и выключается после его отработки.

При работе на ручном режиме винт поперечной подачи (х. В., рис. 2) при помощи муфты М отключается от дифференциально-суммирующего механизма.

Основу механизма поперечной подачи составляют стандартные муфты $ССМ_1$, $ССМ_2$, $ССМ_3$ (рис. 2). Ведомые полумуфты этих муфт, а следовательно, и валы, соединенные шпонкой с этими муфтами, могут повернуться только на угол, кратный 180° .

Поворот муфты $ССМ_3$ и вала III на 180° вызывает перемещение суппорта на $0,01$ мм. Вал III вращается всегда в одном направлении, обеспечивая подачу резца только вперед.

Движение винту поперечного перемещения (х. В., рис. 2) от включенной муфты $ССМ_3$ передается через червячную пару $\frac{K1}{60}$ дифференциала ДIII и передачу $\frac{24}{50}$.

Дифференциал ДII служит для реверсирования движения подачи. Его солнечные шестерни включаются поочередно. При передаче движения на дифференциал с вала II через муфту ССМ₂ будет осуществляться движение суппорта вперед, а с вала I через муфту ССМ₁ — назад. Поворот вала I или II на 180° вызывает перемещение суппорта на 0,2 мм. Наличие дифференциалов

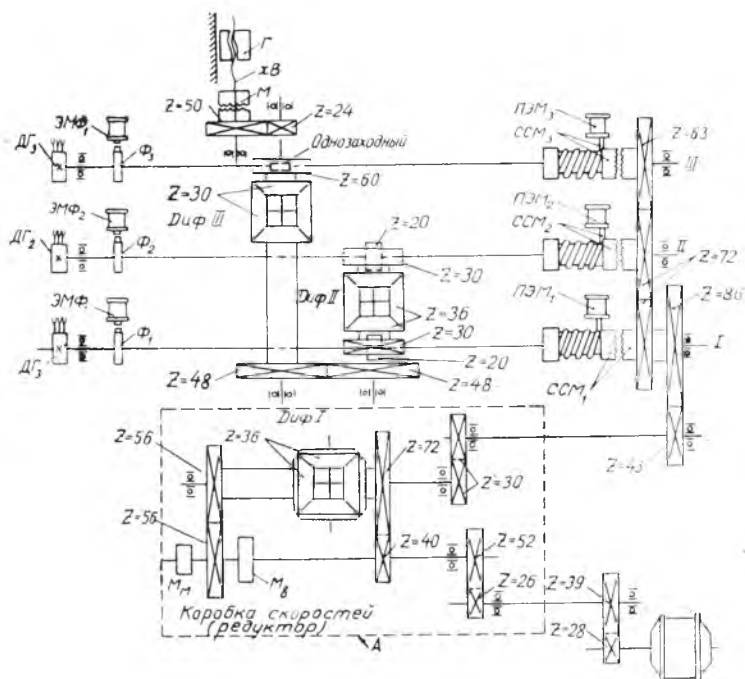


Рис. 2. Кинематическая схема узла для осуществления поперечной подачи по заданной программе.

ДII и ДIII позволяет складывать движения от стартстопных муфт ССМ₃ и ССМ₂ или ССМ₃ и ССМ₁. Включение стартстопных муфт по одной или по две одновременно в различных сочетаниях позволяет переместить суппорт (резец) как вперед, так и назад на любой размер, кратный 0,2 мм. Формула для вычисления перемещения суппорта имеет следующий вид:

$$S = n_1 0,2 + n_2 0,01,$$

где n_1 — число полуоборотов вала I или II, необходимое для осуществления грубой части суммарного перемещения, кратное 0,2 мм;

n_2 — число полуоборотов вала III, обеспечивающего перемещение сверх кратного 0,2.

Вал III всегда вращается в одном направлении, обеспечивающем подачу резца только вперед. Поэтому слагаемое $n_2 \cdot 0,01$ берется всегда со знаком +. Грубая часть перемещения может осуществляться в обоих направлениях, поэтому слагаемое $n_1 \cdot 0,2$ должно браться со знаком + при движении вперед и со знаком — при движении назад. Так, например, перемещение 16,15 мм вперед можно представить, как сумму

$$+80 \cdot 0,2 + 15 \cdot 0,01 = +16 + 15 = +16,15 \text{ мм},$$

а при перемещении назад, как сумму

$$-81 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,01 = -16,2 + 0,05 = -16,15 \text{ мм}.$$

Управление включением и выключением каждой стартовой муфты осуществляется пусковыми электромагнитами ПЭМ₁, ПЭМ₂ и ПЭМ₃ по сигналам командного аппарата станка (рис. 1, 11). О количестве оборотов, отработанных каждой муфтой, командный аппарат информируется соответствующим количеством электрических импульсов, посылаемых датчиками обратной связи ДГ₁, ДГ₂, ДГ₃. После того, как счетчики импульсов с крупной и мелкой ценой отсчитают запрограммированное количество соответствующих импульсов, срабатывают электромагниты стартовых муфт ССМ₁, ССМ₂, ССМ₃. Это вызовет выключение муфт, после чего валы останавливаются и фиксируются в положении, когда их угол поворота кратен 180°.

В механизме поперечной подачи имеется редуктор, позволяющий получать два значения скорости перемещения резца (гайки Г, рис. 2).

$$v_1 = 60 \text{ мм/мин}; \quad v_2 = 160 \text{ мм/мин}.$$

Редуктор работает следующим образом: вращение от электродвигателя ЭД с помощью зубчатых колес 28:29 и колес 26:52 передается валу, на котором укреплены зубчатое колесо 42 и электромагнитная муфта М_в, служащая для включения большой скорости. На этом же валу свободно насажена передвигная шестерня 56, которая может быть притянута электромагнитной муфтой М_в или М_м, служащей для включения малой скорости. Вращение колеса 40 всегда передается дифференциалу ДИ через колесо 70. Если при этом передвигная шестерня 56 притянута муфтой М_м, то вал дифференциала ДИ, на котором жестко укреплено колесо 30, приводится в движение только от шестерни 40 через шестерню 72 и правое солнечное колесо вращается с числом оборотов 300 об/мин, что соответствует режиму малой скорости. Скорость перемещения резца (гайки Г) в это время при включенных муфтах ССМ₂ или ССМ₁ равна $V_1 = 60 \text{ мм/мин}$.

При сцеплении шестерни $z=56$ с муфтой М_в вращение будет передаваться дифференциалу ДИ через шестерни $z=56$. Одновременное вращение в одну сторону сочлененных колес $z=72$ и $z=56$ дифференциала ДИ вызовет увеличение скорости вращения вала водила до 800 об/мин. Это соответствует работе механизма

по режиму большой скорости перемещения резца (гайки G), что соответствует $V_2=160$ мм/мин. Таким образом, при подаче напряжения на одну из муфт M_M или M_B получаем две скорости вращения муфт $ССМ_1$, $ССМ_2$ и $ССМ_3$, а следовательно, и две скорости поперечной подачи суппорта.

Рассмотрим, как будет работать механизм поперечной подачи, если нужно переместить суппорт на 2,83 мм со скоростью подачи 60 мм/мин. При этом происходит следующее: по сигналу с командоаппарата одновременно включаются стартстопные муфты $ССМ_3$, $ССМ_2$, муфта M_M и электродвигатель ЭД. Движение от электродвигателя через включенные муфты и систему зубчатых передач, как было описано выше, передается гайке G суппорта, которая начнет перемещаться вперед со скоростью $V_1=60$ мм/мин. При непрерывном вращении стартстопных муфт датчики обратной связи $ДГ_3$ и $ДГ_2$ после каждого полуоборота соответствующей муфты посылают электрические импульсы в командоаппарат.

Для того, чтобы суппорт переместился вперед на 2,83 мм, муфта $ССМ_2$ должна сделать 7 оборотов (2,8 мм), а муфта $ССМ_3$ — 1,5 оборота (0,03 мм). Поэтому, когда число импульсов, поступивших от датчика $ДГ_2$, будет равно 14, муфта $ССМ_2$ выключится и движение суппорта будет продолжаться только благодаря вращению муфты $ССМ_3$. Когда число импульсов, посланных датчиком $ДГ_3$, будет равно 3, муфта $ССМ_3$ выключится и одновременно обесточится электромагнитная муфта M_M и электродвигатель ЭД.

Таким образом, в результате совместного действия муфт $ССМ_3$ и $ССМ_2$ суппорт переместится вперед на $+2,8+0,03=+2,83$ мм.

При перемещении суппорта назад работают муфты $ССМ_1$ и $ССМ_3$. Например, суппорт надо переместить назад на 2,65 мм, если перед этим суппорт двигался также назад. Для этого муфта $ССМ_1$ сделает 6,5 оборота ($-2,6$ мм) и муфта $ССМ_3$ — 2,5 оборота ($-0,05$ мм).

В процессе перемещения суппорта необходимо учитывать влияние зазора в паре «винт—гайка». Например, когда нужно вывести суппорт назад в заданном положении, если перед этим он двигался вперед. При движении суппорта назад командоаппарат автоматически корректирует количество оборотов, которое должны сделать стартстопные муфты механизма, и суппорт перемещается назад на величину, превышающую заданный размер на 0,2 мм назад, а затем движением вперед устанавливается в нужное положение. Например, для того, чтобы суппорт переместился назад на $-2,39$ мм с учетом выборки люфта, суппорт автоматически перемещается назад на $-2,59$ мм, а затем вперед на $+0,2$ мм.

МЕХАНИЗМ ПРОДОЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СУППОРТА И УПОР-ГАЙКИ

Продольные перемещения суппорта выполняются либо на быстрых ходах, либо со скоростью рабочей подачи. И в том и в другом случае привод, перемещений суппорта осуществляется через ходовой валик 1 (рис. 1), механизм фартука, реечную шестерню и рейку. Для осуществления быстрых ходов суппорта ходовой валик 1 получает быстрое вращение от отдельного электродвигателя 2 через клиноременную передачу. Перед этим автоматически, по команде с пульта управления II, размыкается нормальная электромагнитная муфта 4, сцепляющая ходовой валик с коробкой подач станка. Рукоятка реверсирования продольных перемещений, расположенная на фартуке суппорта, жестко фиксируется в одном положении, а быстрые ходы суппорта выполняются в обоих направлениях путем реверсивного включения электродвигателя 2 по команде с пульта управления. Ускоренная подача осуществляется в обоих направлениях со скоростью 2400 мм/мин. Величина ускоренного перемещения отсчитывается датчиком обратной связи, который подает сигналы в пульт управления. Цена импульса, посылаемого датчиком обратной связи, равна 4 мм. В связи с этим задаваемая длина перемещения суппорта на быстром ходу должна быть кратна 4, т. е. составлять 4, 8, 12 и т. д.

Рабочее продольное перемещение суппорта может выполняться только в одном направлении — справа налево.

Для осуществления рабочей подачи включается электромуфта 4 (рис. 1), которая соединяет ходовой валик с коробкой подач. Величина рабочей подачи в мм/об шпинделя выбирается путем установки в необходимое положение рукояток коробки подач.

Величины продольных перемещений определяются положением передвижного упора-гайки 5 (рис. 1), которое задается программой. Упор-гайка 5 перемещается специальным ходовым винтом 6, расположенным с задней стороны станка. Винт приводится во вращение электродвигателем 7 через дифференциально суммирующий механизм 8, кинематическая схема которого аналогична схеме поперечного перемещения (рис. 2). После считывания с перфокарты размера продольного перемещения по команде с пульта управления II включается привод и перемещает упор в заданное положение. Затем включается электромагнитная муфта и суппорт получает движение рабочей подачи. Когда суппорт дойдет до упора, срабатывает конечный выключатель 9, подающий сигнал на выключение электромагнитной муфты 4, суппорт плотно прижимается к упору, чем обеспечивается точность размеров по длине.

Упор перемещается со скоростью 480 мм/мин, что значительно выше максимальных рабочих подач. Это позволяет в целях

сокращения времени обработки детали программировать включение рабочей подачи одновременно с перемещением упора.

Перемещения упора выполняются с большой скоростью и точностью благодаря тому, что они задаются и осуществляются, как алгебраическая сумма нужных количеств крупных и мелких «шагов». Величина крупного шага $q_1=1$ мм, а мелкого $q_2=0,1$ мм. В

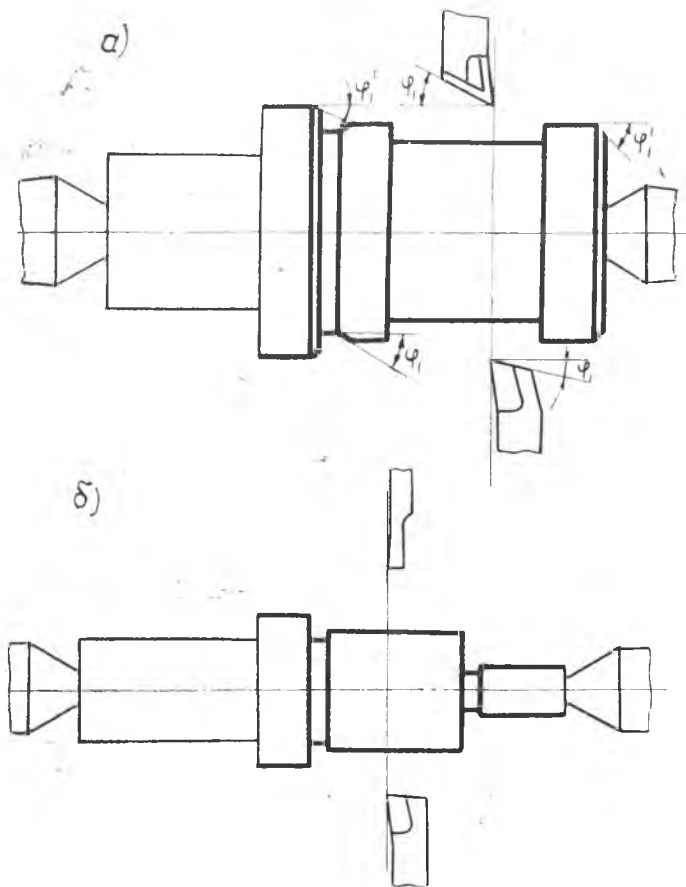


Рис. 3. Схемы обработки ступенчатых валиков при использовании двух резцов.

дальнейшем в тексте и в таблицах эти шаги называются «точными» и «грубыми».

Грубые шаги упора могут выполняться в обоих направлениях, а точные — только при движении вправо. Так, например, перемещение упора на 42,5 мм будет задаваться при его движении влево 43 грубыми шагами, а затем движение вправо 5 точными шагами, а при движении вправо 42 грубыми и 5 точными шагами.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РАБОТЫ СТАНКА 1К62Пр С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

В соответствии с описанным выше характером движений рабочих органов технологические возможности станков, оснащенных такой системой цифрового программного управления, включают в себя обработку наружных и внутренних поверхностей тел вращения с неограниченным числом ступеней и с профилем, очер-

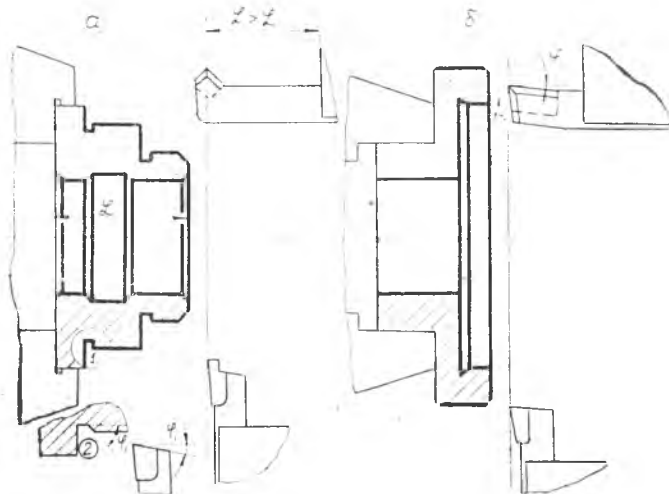


Рис. 4. Схема обработки ступенчатых отверстий при использовании двух резцов.

ченным линиями, параллельными оси вращения и перпендикулярными ей. Станок позволяет нарезать резьбу с ручным управлением рабочих органов.

На станках может производиться обточка ступенчатых валков (рис. 3), расточка (рис. 4) ступенчатых отверстий, деталей типа дисков, крышки, фланцев, заготовок цилиндрических шестерен и т. д.

На суппорте может быть установлено одновременно два резца: один в переднем, другой в заднем резцедержателе.

При одной установке детали могут обрабатываться как наружные, так и внутренние поверхности. На рис. 5 приведена схема расположения резцов для обработки наружной и внутренней поверхности с обточкой канавок и снятием фасок.

Возможна обточка конических поверхностей, если их можно обработать широким резцом с помощью поперечной подачи.

Резцы, которые могут быть применены на этих станках для обточки ступенчатых валков, приведены на рис. 6. Резцы фор-

мы I, рекомендуется устанавливать на станке так, чтобы главный угол в плане φ был больше 90° , а для точения торца, перпендикулярного оси детали, необходимо чистовую подрезку производить поперечным перемещением суппорта.

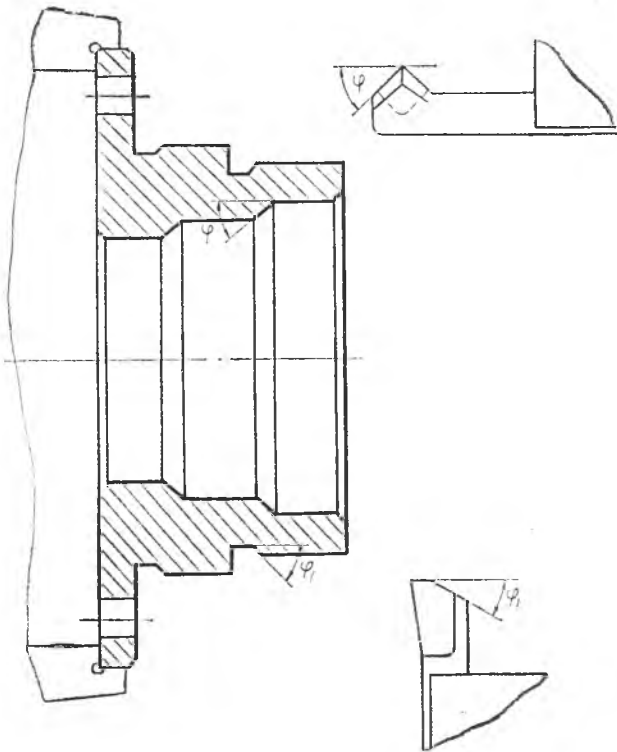


Рис. 5. Схема обработки наружной и внутренней поверхности детали при одной установке двумя резцами.

Кроме цилиндрических и торцевых поверхностей, на станке можно обрабатывать канавки для выхода шлифовального круга или резбового инструмента. Форма и размеры получающейся при этом канавки зависят от формы и размеров резца и от траектории его движения. На рис. 7 приведены различные формы проходных упорных резцов, применяемых на заводах, и положение резца в момент окончания обработки канавки. Для каждого случая приведено два варианта пути движения резца.

Согласно рис. 8, в таблице 1 приведены данные, необходимые для расчета размеров канавки, получающихся при точении резцами I-го и II-го типа (рис. 7),

Резцы для наружной обточки

Тип резца	I	II	III
Назначение	Обточка до уступа, обработка торцов, канавок и обратных фасок	Точение от уступа, подрезка торцов, обработка канавок и снятие фасок	Снятие фасок
Эскиз			
Углы в плане	$\varphi > 90^\circ (92 \div 93^\circ)$, $\varphi_1 \approx 10^\circ (10, 15, 30, 35^\circ)$	$\varphi = 20, 30, 45^\circ$, $\varphi_1 > 90^\circ (92-93^\circ)$	$\varphi = 30, 45, 60^\circ$

Рис. 6. Резцы для обточки ступенчатых валиков, снятия фасок, проточки канавок и обточки конических поверхностей.

Тип резца	I	II	III	IV
Применяемый резец	$z = 0,5-1,5$ 		$z = 2,5-3,5$ 	$z = 2,5-3,5$
Форма канавки и положение резца				
Путь обложения резца				
Варианты	I	II	III	IV

Рис. 7. Форма проходных упорных резцов для точения наружных цилиндрических поверхностей и выточки канавок.

При обработке детали на станке участвуют только два резца, поэтому получение некоторых сочетаний форм элементов детали не всегда возможно выполнить. Нельзя выполнить несколько форм канавок, радиусов скругления и т. д. В этом случае необходимо ставить вопрос перед конструкторами об изменении формы этих трудных для обработки элементов, учитывая, что в большинстве случаев формы канавок, фасок и другие мелкие элементы задаются конструкторами без учета технологии обработки детали и могут быть изменены без малейшего ущерба для ее работоспособности.

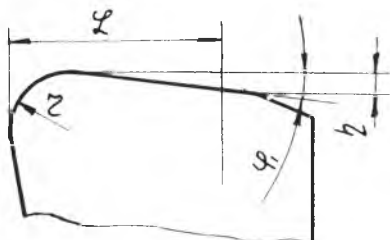


Рис. 8. Элементы геометрии проходного упорного резца для расчета размеров канавки при точении резцами 1-го и 2-го типа (рис. 7).

Особые требования предъявляются при обработке на станках с ЧПУ к заготовкам: к их размерам и базировке на станках. Программой работы станка, зафиксированной на перфокарте, задается не глубина резания, а диаметры детали после каждого

Таблица 1

Значения L в миллиметрах при:																
φ_1	5°		7°		10°		15°		20°				φ_1			
$\frac{r_{мм}}{l_{мм}}$	0,5	1	1,5	0,5	1	1,5	0,5	1	1,5	0,5	1	1,5	0,5	1	1,5	$\frac{r_{мм}}{l_{мм}}$
0,1	1,6	2,1	2,6	1,3	1,8	2,3	1,1	1,7	2,2	0,9	1,5	2,05	0,85	1,4	2,05	0,1
0,2	2,8	3,3	3,9	2,2	2,7	3,2	1,7	1,25	2,8	1,3	1,9	2,45	1,15	1,7	2,35	0,2
0,25	3,5	3,9	4,4	2,5	3,1	3,6	2	2,55	3,1	1,5	2,1	2,65	1,3	1,85	2,5	0,25
0,3	3,9	4,5	5,0	2,9	3,5	4,0	2,25	2,8	3,35	1,7	2,3	2,85	1,45	2,0	2,65	0,3
0,4	5,1	5,6	6,2	3,7	4,3	4,8	2,8	3,4	3,9	2,1	2,65	3,2	1,75	2,3	2,9	0,4
0,5				4,5	5,1	5,3	3,4	4,0	4,5	2,5	3,05	3,6	2,05	2,6	3,2	0,5

прохода; поэтому при значительных отклонениях размера заготовки от величины, принятой при составлении программы, глубина резания на первом проходе может оказаться недопустимо большой.

В осевом направлении все размеры обработки, выполняемые резцами, настройкой исходного положения упора связаны со станком, а не с заготовкой; поэтому для того, чтобы обработанные поверхности были должным образом расположены относительно торцев заготовки, необходимо заготовку строго базировать в осевом направлении. При работе в трех кулачковых патронах, на оправках, в цанговых зажимах заготовка должна упираться в базирующий торец. При работе в центрах необходимо, чтобы передний центр был плавающим, так как на операции центровки глубина центровых гнезд относительно торцев заготовки обычно не выдерживается.

Разработка технологического процесса обработки деталей на станке с числовым программным управлением существенно отличается от разработки процесса обработки той же детали на неавтоматизированном станке. Разрабатывая технологический процесс и занося его на перфокарту, технолог должен фактически выполнить все функции, которые обычно выполняет токарь: произвести подбор резцов для обточки, установить последовательность всех переходов, их число и глубину резания для каждого из них, назначить и зафиксировать порядок выполнения всех элементарных движений рабочих органов станка.

При назначении режимов резания целесообразно принимать стойкость резцов несколько большей, чем при одноинструментальной наладке на универсальном станке. При этом следует уменьшить скорость резания на 13—15% против норматива; стойкость резца при этом увеличится в 1,5—2 раза.

Для повышения точности обработанной поверхности рекомендуется обработку производить двумя резцами таким образом, чтобы один из них снимал основной припуск, а другой (чистовой) производил бы чистовую обточку.

ДВОИЧНАЯ СИСТЕМА СЧИСЛЕНИЯ

Программа записывается на стандартной (ГОСТ 198—52) перфокарте, имеющей 45 колонок. Запись чисел, определяющих величину перемещения в продольном и поперечном направлениях суппорта, производится в двоичной системе счисления.

В двоичной системе счисления используются только два знака. Для удобства в качестве этих знаков выбраны цифры десятичной системы 1 и 0. В таблице 2 приведен пример перевода чисел из десятичной системы в двоичную.

Из табл. 2 можно видеть закономерность образования чисел в двоичной системе. Так, например, число 1 в двоичной системе

Перевод чисел из десятичной системы счисления в двоичную

Число в десятичной системе	Числа в двоичной системе	Числа в десятичной системе	Числа в двоичной системе
0	0000	6	0110
1	0001	7	0111
2	0010	8	1000
3	0011	9	1001
4	0100	10	1010
5	0101	11	1011

запишется 0001, число 2 — 0010 и т. д. Таким образом, для образования последующего числа необходимо вместо нуля поставить единицу 0001, а для образования следующего числа единица передвигается в следующий разряд, а вместо нее ставится нуль, т. е. 0010; следующее число образуется путем замены нуля в первом разряде на единицу 0011; последующее число образуется за счет передвижения единицы в 3-й разряд, а вместо единицы ставится нуль и т. д.

Удобнее переводить числа из десятичной в двоичную систему путем деления десятичного числа на 2. Каждый раз записывается, начиная справа, остаток, а для получения следующей цифры следует частное делить на 2. Последовательность остатков и будет двоичным числом.

Пример: число $(27)_{10}$ преобразовать в двоичное:

$$\begin{array}{r} 27 \mid 2 \\ \underline{26} \quad 13 \end{array}$$

1 — первый остаток

$$\begin{array}{r} 13 \mid 2 \\ \underline{12} \quad 6 \end{array}$$

1 — второй остаток

Записывается 11 (два первых остатка).

$$\begin{array}{r} 6 \mid 2 \\ \underline{6} \quad 3 \end{array}$$

0 011 (три первых остатка)

$$\begin{array}{r} 3 \mid 2 \\ \underline{2} \quad 1 \end{array}$$

1 1011 (четыре первых остатка)

$$\begin{array}{r} 1 \mid 2 \\ \underline{0} \quad 0 \end{array}$$

1 11011 (все остатки)

$$\boxed{(27)_{10} = (11011)_2}$$

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ДЕСЯТИЧНЫХ ДРОБЕЙ В ДВОИЧНЫЕ

Для преобразования десятичной дроби в двоичную она умножается на 2. То, что появилось слева от десятичной запятой, является первой двоичной цифрой. Далее дробная часть произведения снова умножается на 2 и т. д.

Пример:	$0,79_{10}$	
	$\times 2$	
	$\hline 1,58$	0,1
	$\times 2$	
	$\hline 1,16$	0,11
	$\times 2$	
	$\hline 0,32$	0,110
	$\times 2$	
	$\hline 0,64$	0,1100
	$\times 2$	
	$\hline 1,28$	0,11001 и т. д.

$$0,79 = 0,110010A$$

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЧИСЛА, ИМЕЮЩЕГО ЦЕЛУЮ И ДРОБНУЮ ЧАСТЬ

В этом случае преобразуется каждая часть отдельно по изложенной выше методике:

$$91,42_{10} = 91 + 0,42 = 1011011_2 + 0,0110110$$

$$91,42 = 1011011,0110110$$

СИСТЕМА ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Система управления является счетно-импульсной суммирующей, в которой счетные устройства работают по методу убывающего итога. Система имеет обратную связь.

В результате разработки технологического процесса определяется последовательность перемещений инструмента и их величина. Величины перемещений выражаются числом электрических импульсов, которые должны поступить по цепи обратной связи после отработки запрограммированного перемещения.

Число электрических импульсов записывается на перфокарту в виде пробитых отверстий в условном коде.

Величина перемещения продольного и поперечного суппорта сравнивается через определенные интервалы пути с заданной в программе величиной. Так, например, для поперечного перемещения сравнение пройденного пути с заданным осуществляется посредством обратной связи. Датчики обратной связи ДГ₁, ДГ₂, ДГ₃ (рис. 2) преобразуют измеряемое перемещение в серию электрических импульсов. Когда число импульсов, поступивших в счетное

устройство, станет равным введенному с перфокарты, движение суппорта отключается.

Каждому импульсу соответствует определенное по величине перемещение суппорта.

Суммарное перемещение определяется по следующей зависимости:

$$s = nq,$$

где s — перемещение суппорта, мм;

n — количество импульсов;

q — цена одного импульса, мм.

Для упрощения системы программного управления перемещение задается в виде суммы импульсов — больших (грубых) и малых (точных) перемещений:

$$s = n_1 q_1 + n_2 q_2,$$

где q_1 — цена импульса большого (грубого) перемещения упора или суппорта;

q_2 — цена импульса малых перемещений (точных);

n_1, n_2 — количество больших и малых импульсов.

ЦЕНА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ

1. При продольном перемещении суппорта:

грубое перемещение $q_1 = 1$ мм;

точное перемещение $q_2 = 0,1$ мм;

быстрое перемещение $q_3 = 4$ мм.

2. При поперечном перемещении суппорта:

грубое перемещение вперед и назад $q_1 = 0,2$ мм;

точное перемещение $q_2 = 0,01$ мм.

3. Перемещение упор-гайки:

$q_1 = 1$ мм — цена импульса грубого перемещения упора в обоих направлениях;

$q_2 = 0,1$ мм — цена импульса точного перемещения упора только вправо.

ЗАПИСЬ ПРОГРАММЫ НА ПЕРФОКАРТУ

Перфокарта (рис. 9) имеет двенадцать дорожек, из которых четыре расположены справа, служат для записи технологических цикловых команд, а восемь дорожек, расположенных слева — для записи величины перемещения суппорта.

На перфокарте можно записать перемещение резца и упора в продольном направлении только на расстоянии 255 мм в связи с тем, что эта цифра в двоичной системе занимает восемь колонок ($255_{10} = 1111111_2$), а в поперечном направлении 51 мм, так как и в этом случае для перемещения резца требуется подать $51 : 0,2 = 255$ импульсов.

Если обрабатываемый вал имеет ступени большей длины, то она получается как сумма двух перемещений. На обработку каждого участка подаются последовательно команды «Упор вправо точно + влево грубо» и «Рабочий ход суппорта до упора».

Рассчитанная программа записывается на перфокарту путем пробивки отверстий при помощи перфоратора.

Вспомогательные команды записываются на перфокарту кодом, принятым для записи вспомогательных команд, который приводится ниже в таблице цикловых технологических команд.

Методика пользования таблицей кодирования команд по управлению станком и кодирования команд по величине перемещения резца в поперечном и продольном направлениях рассматривается на примерах.

Команда 1. «Упор вправо точно + грубо» записывается в двух строках (а).

Величина точного перемещения записывается в первой строке, а грубого во второй. Так, например, подача упора на 4,5 мм записывается как сумма грубых и точных шагов.

Каждому точному шагу соответствует перемещение на 0,1 мм, следовательно надо подать 5 импульсов. Из десятичной системы счисления 5 переводим в двоичную, что соответствует 0101. Следовательно, в перфокарте надо пробить отверстия в третьем и первом разрядах (б). При цене грубого шага 1 мм требуется подать 4 импульса, в двоичной системе это соответствует пробивке в третьем разряде.

В командах 4, 5, 8, 9 в первой строке записывается команда точного перемещения, а во второй строке — размер грубого

		Величина перемещений								Код команды			
		8 7 6 5 4 3 2 1 разряды											
		колонки								перфокарты			
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
32													
33													
34													
35													
36													
37													
38													
39													
40													
41													
42													
43													
44													
45													

Рис. 9. Стандартная перфорированная карта.

Код цикловых технологических команд

№№ по пор.	Содержание команд	Код команд											
		Колонки перфокарт											
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0
1	Упор вправо точно									●			
2	Упор вправо грубо									●	—		
3	Упор влево грубо									●			
4	Упор вправо точно + грубо									●			
											●	●	
5	Упор вправо точно + влево грубо									●			
											●		
6	Упор вправо грубо + рабочий ход									●	●	●	
7	Упор влево грубо + рабочий ход									●	●		
8	Упор вправо точно + грубо + рабочий ход									●			
											●	●	●
9	Упор вправо точно + влево грубо + рабочий ход									●			
											●	●	
10	Резец вперед точно									●	●	●	
11	Резец вперед грубо										●	●	
12	Резец назад грубо										●	●	●
13	Резец вперед точно + + грубо									●		●	●
												●	●
14	Резец вперед точно + назад грубо									●		●	●
											●	●	●
15	Суппорт ускоренно вправо											●	
16	Суппорт ускоренно влево *										●	●	

№№ по пор.	Содержание команд	Код команд											
		Колонки перфокарт											
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0
17	Рабочий ход суппорта до упора								●	●	●		●
18	Стоп	●								●	●		●
19	Смена перфокарты		●							●	●		●
20	Медленная скорость поперечн. движ.							●		●	●		●
21	Стоп шпиндель						●			●	●		●
22	Корректурa					●				●	●		●

* Команда используется только при наличии в схеме торможений

Разряды	8	7	6	5	4	3	2	1				
Колонки перфокарты	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0
						●		●	●			
						●				●	●	

б

а

перемещения упора. Выполнение грубых и точных перемещений начинается одновременно.

Команды 6, 7, 8, 9 содержат в себе сигнал включения рабочего хода суппорта в продольном направлении.

Упор и суппорт включаются одновременно, поэтому, если они движутся в одном направлении, необходимо путем расчета убедиться, что упор дойдет до заданного положения раньше, чем суппорт. Это условие будет обеспечено при любых исходных положениях упора и суппорта, если минутная подача последнего меньше скорости перемещения упора — 480 мм/мин. Подача этой команды допустима только тогда, когда упор в исходном положении находится левее суппорта и если в момент остановки упора рас-

стояние между ними составит не менее 2 мм. Это будет обеспечено при соблюдении соотношения:

$$\frac{L_y}{v_y} < \frac{L_c - 2}{s \cdot n},$$

где L_y — величина перемещения упора, мм;

L_c — величина перемещения суппорта, мм;

$V_y = 480$ мм/мин — скорость перемещения упора;

S мм/об — продольная подача суппорта;

n об/мин — число оборотов шпинделя в минуту.

Такой расчет надо произвести и для команд 6, 7, 8, 9, когда суппорт и упор двигаются навстречу друг другу.

Если расчеты показывают, что командами 6, 7, 8, 9 пользоваться нельзя, тогда перемещение надо задать командами 3—4, а рабочую подачу отдельной строкой — командой 17.

Команда 13 «Резец вперед точно + грубо» занимает 2 строки, величина точного перемещения записывается в верхней, а грубо — в нижней строках.

Так, например, команда «Резец вперед точно + грубо на длину 4,38 мм» в поперечном направлении записывается, как показано ниже.

Разряды	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0
Колонки перфокарты	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0
				●			●		●		●	●
				●		●		●			●	●

В верхней строке записывается команда подачи резца точно на 0,18 мм. Каждому импульсу соответствует передвижение резца на 0,01 мм, следовательно, требуется подать 18 импульсов; в двоичной системе счисления это число пишется 10010. При грубой подаче резец должен продвинуться на 4,2 мм, при этом за каждый импульс резец продвинется на 0,2 мм. Следовательно, требуется подать 21 импульс; в двоичной системе счисления это число напишется 10101, а в перфокарте записывается во второй строке.

Если число заданных точных шагов больше числа заданных грубых шагов, необходимо вместо команды 13 ввести последовательно команду 17, а затем 21.

Скорость поперечного перемещения суппорта имеет два значения — 60 и 160 мм/мин. Если длина перемещения меньше

3 мм, то суппорт передвигается со скоростью 60 мм/мин, а если перемещение более 3 мм, тогда со скоростью 160 мм/мин.

При работе станка суппорт будет передвигаться до расстояния 3 мм со скоростью 160 мм/мин, после чего произойдет переключение скорости и дальнейшее движение будет происходить со скоростью 60 мм/мин.

Для снижения скорости движения поперечного суппорта на всем пути его перемещения (более 3 мм) используется команда 20, которая непосредственно записывается перед командой поперечного перемещения суппорта.

Ниже показан пример записи команды «Резец медленно вперед точно на длину 5,45 мм».

В первой строке записывается команда 20 «Медленная скорость поперечного движения». Во второй и третьей строках записывается команда 13 «Резец вперед точно + грубо».

Во второй строке точно 5 импульсов, а в последней строке 27 грубых импульсов.

Разряды	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0
Колонки перфокарты	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0
Команда 20							●		●	●		●
Команда 13						●		●	●		●	●
				●	●		●	●			●	●

Команды 15 и 16 предназначены для задания быстрого перемещения суппорта на длину пути.

Длина пути быстрого перемещения суппорта не может быть точно выполнена, так как после отключения электродвигателя суппорт по инерции продвинется на некоторую величину. Кроме того, в зависимости от взаимного положения деталей коллектора в момент включения быстрого хода первый сигнал от него может быть получен при движении суппорта от 0 до 4,0 мм. В связи с этим длину пути при быстром подводе необходимо задавать меньше требуемой величины, а при быстром отводе — больше требуемой величины на 5 — 6 мм.

Команду 21 «Стоп шпинделя» следует применять после окончания резания, чтобы можно было сменить деталь, пока суппорт возвращается в исходное положение.

Команда 22 — корректура вызывает остановку всех рабочих органов станка в тех положениях, в которых они находятся к концу выполнения команды, записанной перед командой 22.

При последующем нажатии на кнопку «Автомат» на пульте управления произойдет подача следующей строки перфокарты и будет продолжаться обработка детали в соответствии с программой, записанной на перфокарте. Команда 18 может быть использована, если требуется повернуть резцедержатель или необходимо произвести доводку режущих кромок резца для перестановки детали в центрах или, наконец, корректировки размера.

Для рационального использования всех вспомогательных и технологических команд и их сочетаний необходимо иметь в виду следующее:

а) движение станка можно разделить на следующие четыре группы:

1. Перемещение упора.
2. Поперечное перемещение суппорта.
3. Быстрое продольное перемещение суппорта.
4. Рабочее продольное перемещение суппорта.

Движение второй и третьей групп не может происходить одновременно потому, что для отсчета их перемещения используется в электросхеме один и тот же счетчик.

Одновременное движение второй и четвертой групп исключено электрической схемой станка.

Перемещение упора может происходить одновременно с движением каждой из остальных групп.

Если сначала записана команда 2-й или 4-й групп, а затем команда передвигания упора или запись сделана наоборот, то выполнение происходит одновременно.

Последовательно записанные команды 1-й и 3-й групп выполняются всегда одновременно, независимо от порядка их записи.

Если в последовательных строках перфокарты записаны команды сочетаний 2- 3-; 2- 4-; 3—4 групп и т. д., то они всегда будут выполняться последовательно, т. е. каждое следующее движение будет включаться после окончания выполнения предыдущего.

Если требуется переместить упор на расстояние больше 255 мм, например на 300 мм, и произвести обточку на этой длине, то запись надо вести последовательно: «Упор вправо точно (на 2 мм) + влево грубо (на 255 мм) + рабочий ход». Затем дается команда «Упор вправо точно (на 1 мм) + влево грубо (на 49 мм) + рабочий ход». При движении упора влево отсчитываются только грубые шаги (1 мм), поэтому для повышения точности установки упор продвигается влево дальше на 2 мм, а затем точно вправо на 1 или 2 мм. Ниже приведены указанные выше команды.

Разряды	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0
Колонки перфокарты	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0
(2 мм—20 импульсов)				●		●			●			
(255 мм—255 имп.)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
(2 мм—20 имп.)				●		●			●			
(49 мм—49 имп.)			●	●				●	●	●		

б) Электрическая схема станка предусматривает автоматическую выборку люфта при команде «Резец назад» при наружной обточке.

Если требуется производить расточку внутреннего диаметра или проточку канавки резцом, установленным в резцовую головку задней площадки суппорта, то в этом случае выборку люфта производить не нужно. Схема люфта не работает, если за командой «Резец назад» дается команда «Резец вперед точно» или «Резец вперед точно + грубо», или команда быстрого перемещения суппорта вправо или влево.

Для того, чтобы в конце перемещения суппорта назад не работал механизм автоматической выборки люфта, нужно после команды на перемещение суппорта назад в следующей строке перфокарты записать команду «Резец вперед точно» без указания о величине хода резца вперед. Пример такой записи приведен ниже, где записана команда без выборки люфта «Резец назад грубо» на 2 мм. «Резец вперед точно».

Разряды	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0
Колонки перфокарт	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0
Резец назад грубо на 2 мм					●		●			●	●	●
Резец вперед точно									●		●	●

КОРРЕКТУРА

Если при выполнении операции необходимо произвести корректировку обрабатываемого диаметра вследствие износа резца, тогда в технологически-расчетной карте записывается команда «Корректурa». В этом случае после остановки станка производится замер диаметра и длины.

На основании замера диаметра вычисляется величина корректуры по следующей зависимости:

$$k = \pm \frac{d_{об} - d_{рас}}{2},$$

где k — величина корректуры, мм;

$d_{об}$ — диаметр, полученный после обточки;

$d_{рас}$ — диаметр, который требуется получить при работе по программе.

Знак + показывает, что при введении корректуры необходимо подать резец вперед, знак — означает подачу резца назад.

Количество импульсов (нажатий на кнопку) определяется для поперечных перемещений по следующей формуле:

$$k = \pm (0,01n \pm 0,2m),$$

где n — количество импульсов, подаваемых кнопкой «установка резца вперед 0,01 мм»;

m — количество импульсов, подаваемых кнопкой «установка резца вперед 0,2» или «установка резца назад 0,2 мм», при этом знак + означает перемещение вперед, а знак — назад.

ПРИМЕР РАСЧЕТА КОРРЕКТУРЫ

Допустим, что в результате замера проточенной поверхности получен диаметр $d_{об} = 26,87$ мм, тогда

$$k = \frac{26,87 - 27,3}{2} = -0,215.$$

Округляем размер « k » до сотых долей мм, т. е.

$$k = -0,21 \text{ мм},$$

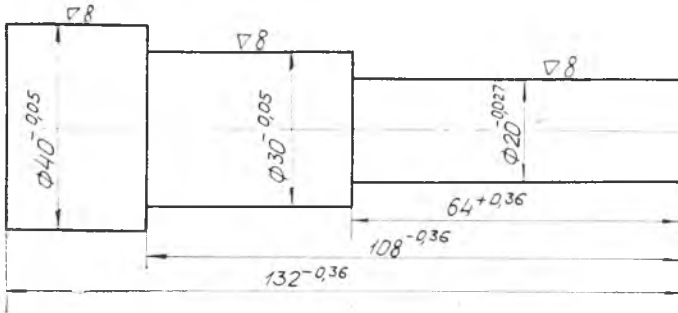
т. е. для введения корректуры необходимо ввести 19 импульсов кнопкой «вперед 0,01» и два импульса «назад 0,2».

При этом необходимо учитывать, что корректурa будет введена правильно, если люфт суппорта поперечного перемещения не превышает 0,19 мм. В этом случае корректурa вводится так:

$$k = 0,01 \cdot 19 - 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 2 = -0,21 \text{ мм}.$$

8. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И РАСЧЕТ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

Разработка технологического процесса включает в себя: выбор баз, расчет настроечных размеров, режимов резания, определение операционных размеров, припусков на торцевые и цилиндрические поверхности и выбор оборудования.



Сталь 40Х
HB = 221 кг/мм²

Рис. 10. Ступенчатый валик.

Проектирование технологического процесса обработки детали начинается с тщательного изучения рабочего чертежа (рис. 10) и технических условий. Далее на основании изучения действующих технологических процессов на аналогичные детали и литературных источников составляется план обработки. В процессе разработки плана намечаются базы для установки, закрепления и измерения, устанавливается последовательность обработки отдельных поверхностей, производится выбор оборудования и приспособлений.

После составления плана обработки производится расчет операционных размерных цепей, при этом устанавливаются припуски на торцевые и цилиндрические поверхности, определяются операционные размеры и допуски на них.

Согласно чертежу детали и наличию операционных размеров определяются форма и размеры заготовки.

В лабораторной работе предусматривается расчет управляющей программы на одну операцию. В связи с этим студент должен тщательно продумать последовательность обработки торцевых и цилиндрических поверхностей операции, выбрать тип переднего и заднего резца.

Для удобства программирования вычерчивается эскиз детали (рис. 11), на котором наносится тонкими линиями путь движения вершин резцов и упора; узловым точкам, лежащим на концах продольных и поперечных перемещений, присваивается порядко-

Цех _____

Технологически-расчетная карта обработки детали на станке с программным управлением

Шифр карты _____

лист _____
листов _____

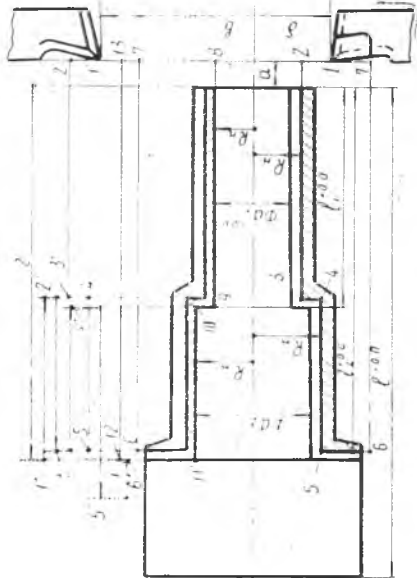


Рис. 11. Схема обточки цилиндрических и торцевых поверхностей ступенчатого валика и путь движения резцов и упора.

Выбор подачи

№ по пор.	Поверхность № _____	Глубина резания мм _____	Радиус при вершине резца мм _____	Требуемые подачи мм/об _____ продольная _____ поперечная _____
1	_____	_____	_____	_____
2	_____	_____	_____	_____

Выбор числа оборотов шпинделя

№ по пор.	Поверх. № _____	Диаметр резания мм _____	Глубина резания мм _____	Подача мм/об _____	Угол в плане _____	Реком. рез. м/мин _____	Число оборотов шпинделя в мин _____
1	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
2	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

Принятые величины подачи _____

Продольная _____

поперечная _____

Проверка мощности _____

Принятые величины подачи	мм/об _____	мм/мин _____	подрезка мм/об _____	отрезка мм/мин _____	Мощность двигателя кВт _____
Черновая	_____	_____	_____	_____	_____
Чистовая	_____	_____	_____	_____	_____

Количество перфокарт _____

Общее время _____ В том числе время резания _____

Составил: _____

Проверил: _____

Главный технолог _____

вый номер. Снимаемый слой на торцевых и цилиндрических поверхностях за каждый проход должен иметь разную штриховку. На этом же эскизе указываются настроечные размеры и начальное положение резцов и упора от базы. В осевом направлении для резцов и упора за базу принимается правый торец детали, а в радиальном направлении для резцов — ось станка. Этот эскиз вычерчивается в технологически-расчетной карте, форма 1, если не сложная форма обрабатываемой детали, а при обработке сложной детали путь движения резцов и упора вычерчивается на отдельном эскизе.

В процессе обработки на заготовку и инструмент действуют усилия резания, вызывая упругие перемещения их. Наибольшее влияние на точность обработки оказывает составляющая усилия резания, направленная по нормали к обрабатываемой поверхности, P_y . Влияние остальных составляющих P_z и P_x невелико, и ими при расчете на точность можно пренебречь.

Силы резания при установившемся режиме обработки не постоянны по своей величине, а изменяются в определенных пределах. Пульсирующий характер этих сил и наличие вибраций в процессе резания придают нагружению технологической системы динамический характер. Исследования ряда авторов [1], [6] показывают, что из-за динамического действия сил резания отжатие элементов технологической системы увеличивается до 60%.

Упругие перемещения обрабатываемой детали и режущего инструмента нарушают установленную наладкой станка закономерность их относительного движения.

На рис. 12 дана схема перемещений. До начала обработки настройкой станка устанавливается заданная глубина резания $t_{зад}$ (рис. 12 а). В процессе обработки заготовка под действием силы резания P_y упруго отжимается на величину y_1 за счет недостаточной жесткости передней и задней бабки, а резец отжимается на величину y_2 благодаря недостаточной жесткости суппорта.

Кроме того сама деталь будет упруго отжиматься за счет силы резания P_y на величину y_3 .

Учитывая сказанное выше и ряд других факторов, можно сказать, что точность обработанной поверхности зависит от жесткости станка, детали, приспособления, от величины износа резца, температуры детали, резца и станка.

При наладке станка резец можно установить в середине поля допуска, как рекомендуют некоторые авторы [1], но тогда допуск используется только на 50%, что экономически нецелесообразно, так как при этом повышается брак и число подналадок.

На токарных станках 1К62Пр, 1А616Пр с ЧПУ рекомендуется обрабатывать поверхности деталей, которые в дальнейшем подвергаются шлифованию, т. е. по 4 — 5 классу точности; допуск на диаметральные размеры имеет колебание от 0,12 до 0,36 мм. Учитывая сказанное выше, погрешностями резца и станка за счет температурного расширения можно пренебречь.

На основании изложенного при расчете настроечных размеров необходимо учитывать погрешности, возникающие за счет недостаточной жесткости станка, детали и начального износа реза.

Жесткость станка в производственных условиях определяется экспериментальным путем, а при выполнении лабораторной работы она задается.

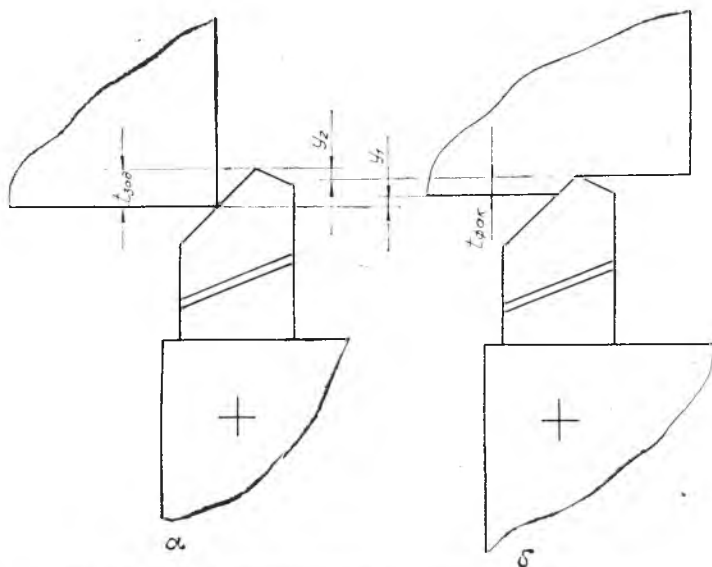


Рис. 12. Схема перемещений технологической системы.

Начальный и удельный износ реза принимается по нормативам (приложение 5).

Скорость резания, силы резания и мощность на шпинделе станка вычисляются по формулам теории резания металлов или принимаются по нормативам.

По рассчитанной скорости резания определяется число оборотов шпинделя, затем по паспорту станка принимается ближайшее меньшее число оборотов и вычисляется действительная скорость резания.

Все рассчитанные параметры при разработке технологического процесса записываются в технологически-расчетные карты, форма № 1 и № 2.

Для заполнения технологически-расчетной карты (форма № 1) рекомендуется следующая последовательность:

а) сначала заполняются графы, характеризующие станок, деталь и режущий инструмент;

б) затем чертится эскиз обрабатываемой детали, на котором указываются габариты заготовки, проходы, операционные размеры, расположение инструмента и упора в исходном положении;

в) далее в карту заносятся рассчитанные значения подачи, глубины резания, число оборотов, скорость резания и мощность на шпинделе станка.

ЗАПОЛНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ-РАСЧЕТНОЙ КАРТЫ, ФОРМА № 2

Технологически-расчетная карта (форма № 2) заполняется следующим образом: в графах 2, 3, 4 первой строки делается надпись «Исходные положения» и далее в этой строке заполняются только графы 13, 14, 15, 16. В этих графах записываются расстояния упора и резцов от базы. Если отсчитываемые размеры лежат от правого торца детали вправо, тогда они записываются как положительные, а если влево — как отрицательные.

В графах 15 и 16 указываются расстояния от оси центров станка до вершины соответственно переднего и заднего резцов.

Графа 4 заполняется технологическими командами.

В графе 9 записываются длины продольных перемещений суппорта на рабочей подаче.

В графах 13—16 во всех строчках, кроме первой, заносятся те расстояния от баз, на которых находятся рабочие органы станка после выполнения команды, записанной в данной строке.

В графах 10—12 записывается время, необходимое для выполнения записанной в этой строке команды; в графе 10 записывается машинное время, а в графе 11 — остальные затраты времени; в графу 12 заносятся те отрезки времени, которые в сумме дают общее время цикла обработки.

В графах 6, 7, 8 записываются перемещения упора и суппорта; в верхней части строки пишется перемещение в мм, а в нижней — количество электрических импульсов.

Для определения продолжительности рабочих и установочных перемещений рабочих органов станка можно пользоваться приложениями 3 и 4.

При нахождении времени, затрачиваемого на перемещение упора или суппорта, необходимо учитывать, что их перемещения, отсчитываемые в точных и грубых шагах, выполняются одновременно. Следовательно, временем выполнения всех перемещений будет большее из времен, необходимых для совершения заданного количества точных и грубых шагов.

Для пояснения методики разработки технологического процесса и расчета программы обработки ниже приводится пример.

9. ПРИМЕР РАСЧЕТА ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СТУПЕНЧАТОГО ВАЛИКА

На рис. 13 приведен чертеж ступенчатого валика, по которому разрабатывается план операций, производится расчет размерных цепей и затем чертится эскиз заготовки. В нашем примере

Ниже в табл. 3 для этой операции приведены операционные размеры, допуски на них и припуски на торцевые поверхности, а также глубина резания при обточке наружных цилиндрических поверхностей.

Таблица 3

Наименование обрабатываемой поверхности	Припуск на торц. рец., мм	Длина обрабатываемой поверхности, мм	Положение упора от базы, мм	Диаметр обрабатываемой поверхности, мм	Глубина резания, мм
Поверхность 1	0,4	$l_1 = 20,4 + 25 - z_1 = 45^{+0,36}$	45,2	$19^{-0,36}$	2,5
Поверхность 2	0,5	$l_2 = 25 - z_2 = 24,5^{+0,36}$	24,7	$16^{-0,36}$	1,5
Поверхность 3	—	$l_3 = 25^{+0,36}$	25,2	$15^{-0,12}$	0,5
Поверхность 4	—	—	25,2	$12^{-0,36}$	—
Поверхность 5	—	$l_4 = 20,4 + 25 = 45,4^{+0,36}$	45,6	$18^{-0,12}$	—
Поверхность 6	0,5	$l_5 = 170 - l_4 - z_3 = 170 - 45,4 - 0,5 = 124,1^{+0,36}$	169,7	$20,5^{-0,36}$	2,5
Поверхность 7	—	$l_6 = 170 - l_4 = 170 - 45,4 = 124,6^{+0,36}$	170,2	$19,5^{-0,12}$	0,5
Поверхность 8	—	—	170,2	$17^{-0,36}$	—

Для обеспечения точности расположения торцевых поверхностей упор устанавливается в середине поля допуска.

Для удобства программирования необходимо сделать эскиз детали, на котором должны быть вычерчены и пронумерованы все проходы с указанием размеров, получаемых после каждого прохода. Такой эскиз приведен на рис. 14. Номера проходов, выполняемых резцом, установленным в задней резцовой головке, проставлены в верхней части эскиза (4,8).

На этом же эскизе показано начальное положение резцов и их расстояния от баз (*а, б, в*, рис. 14), за которые принимаются для радиальных размеров ось станка, а для осевых размеров (*а, г*) — правый торец детали.

Для обеспечения точности заготовки должны устанавливаться в осевом направлении в строго определенном положении; для этого станок снабжен передним плавающим центром. С помощью этого плавающего центра заготовка подводится правым торцом к откидному упору, после чего закрепляется плавающий и поджимается задний центры станка.

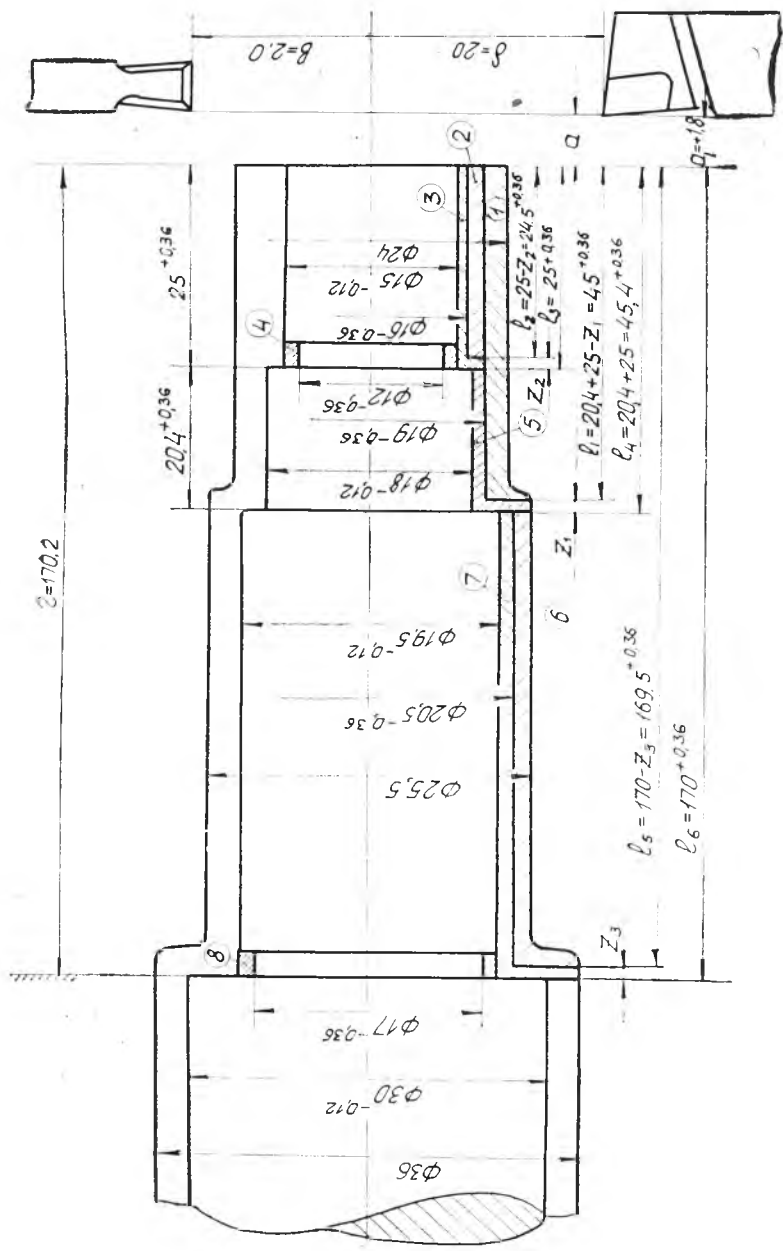


Рис. 14. Схема последовательности снятия припуска при обработке ступенчатого валика.

Далее на отдельном эскизе (рис. 15) вычерчиваются пути движения упора переднего и заднего резцов.

Исходное радиальное положение резцов от базы принято равным 20 мм с таким расчетом, чтобы они не мешали установке заготовки в центрах. Расстояние резцов от правого торца принято в исходном положении равным 1,8 мм.

За исходное положение упора принято его расстояние от базы при обработке поверхностей 7, 8 (рис. 15).

После установления порядка обработки производится расчет режимов резания и расчет настроечных размеров.

А. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

По нормативам или путем расчета по известным формулам из теории резания металлов определяется продольная подача для черновой и чистовой обточки. Учитывая, что в процессе цикла обработки величина продольной подачи не может изменяться, принимаем ее значение для черновых и чистовых проходов равным $s=0,25$ мм/об. Материал резца Т15К6, материал детали 40Х $HВ \leq 241$ кг/мм².

Определение скорости резания

производится по следующей зависимости [2]:

$$v = \frac{C_{vT}}{t^{x_v} s^{y_v} \left(\frac{HВ}{200}\right)^{n_v}}$$

Обрабатывается деталь из стали 40Х.

Значения показателей степени и коэффициентов находятся в приложении 7 [2] для работы с охлаждением $x_v=0,18$; $y_v=0,35$; $n_v=1,5$; $C_{vT}=167,2$.

Учитывая, что в процессе обработки числа оборотов, не могут автоматически изменяться, скорость резания вычисляем только для черновой обточки поверхности 6, так как резцы при этом имеют наибольшую нагрузку. При этом проходе $t=2,5$ мм, $s=0,26$ мм/об.

$$v = \frac{167,2}{2,5^{0,18} 0,25^{0,35} \left(\frac{241}{200}\right)^{1,5}} = 153 \text{ м/мин.}$$

Определяем число оборотов шпинделя станка

$$n = \frac{1000v}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 153}{3,14 \cdot 25,5} = 1900 \text{ об/мин.}$$

Принимаем по паспорту станка ближайшее меньшее число оборотов шпинделя $n=1600$ об/мин, тогда действительная скорость резания будет равна

$$v_0 = \frac{3,14 \cdot 25,5 \cdot 1600}{1000} = 128 \text{ м/мин.}$$

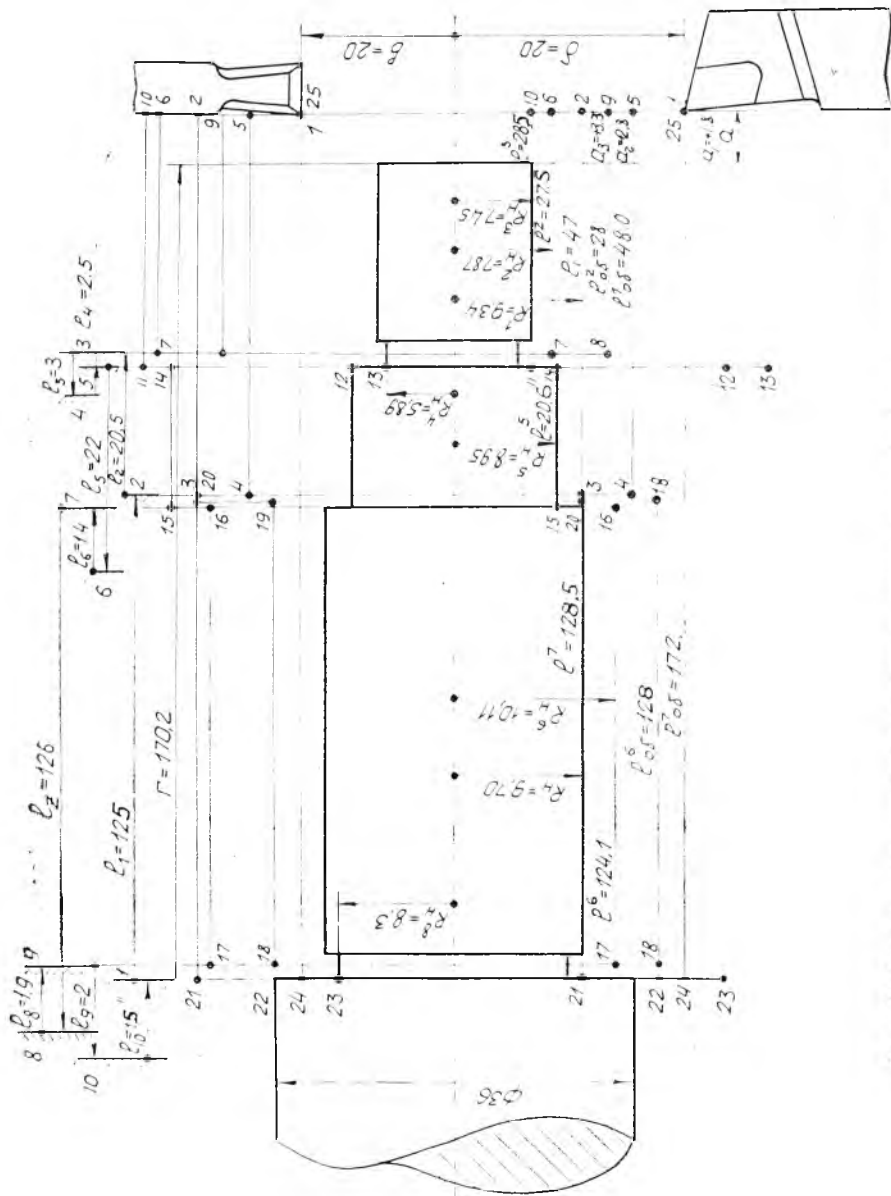


Рис. 15. Схема пути движения резцов и упора при обработке ступенчатого валика.

Определяем потребную мощность резания на шпинделе станка по следующей зависимости [2]

$$N_e = \frac{P_z v_d}{60 \cdot 102} \text{ (квт)}$$

Определяем усилие резания P_z [2].

$$P_z = C_p t^{x_p} s^{y_p} HB^{n_p} = 3,57 \cdot 2,5^1 \cdot 0,26^{0,75} \cdot 241^{0,75} = 196 \text{ кгс.}$$

Значения коэффициента C_p и показателей степени x_p и y_p находим в приложениях 9, 10

$$N_e = \frac{196 \cdot 128}{60 \cdot 102} = 4,12 \text{ квт.}$$

Согласно паспорту станка (приложение 2) мощность на шпинделе станка по слабому звену при $n=1600$ об/мин, $N_{ст}=6,9$ квт.; таким образом, принятый режим резания $s=0,25$ мм/об; $t=2,5$ мм; $v=128$ м/мин может быть принят.

Б. РАСЧЕТ НАСТРОЕЧНЫХ РАЗМЕРОВ

Расчет настроечных размеров производится с учетом погрешностей, возникающих в процессе обработки детали.

Для любого поперечного сечения обработанной заготовки можно написать следующее уравнение:

$$y = y_1 + y_2 + y_3, \quad (1)$$

где y_1 — упругое смещение передней и задней бабок;

y_2 — упругий отжим суппорта;

y_3 — деформация (прогиб) заготовки в месте приложения силы резания P_y .

Согласно исследованиям [5], [7], [8], величину y_1 можно вычислить по следующей зависимости:

$$y_1 = \left(1 - \frac{x}{l}\right)^2 \frac{P_y}{j_{п.б}} + \left(\frac{x}{l}\right)^2 \frac{P_y}{j_{з.б}}, \quad (2)$$

где $j_{п.б}$, $j_{з.б}$ — соответственно жесткость передней и задней бабок;

l — длина заготовки;

x — расстояние от переднего центра до рассматриваемого сечения.

$$y_2 = \frac{P_y}{i_{суп.}}, \quad (3)$$

где $i_{суп.}$ — жесткость суппорта.

Деформация (прогиб) заготовки в месте приложения силы резания P_y вычисляется по следующей зависимости:

$$y_3 = \frac{P_y l^3}{50 E y}. \quad (4)$$

а) Определение погрешности за счет упругого перемещения передней и задней бабки

$$\Delta_1 = \Delta_{п. б} + \Delta_{з. б}, \quad (5)$$

где Δ_1 — погрешность обработанной поверхности за счет упругого перемещения передней и задней бабки [5].

$$\Delta_1 = 2 \left[\left(1 - \frac{x}{l}\right)^2 \frac{P_y}{j_{п. б}} + \left(\frac{x}{e}\right)^2 \frac{P_y}{j_{з. б}} \right] \quad (6)$$

Принимаем жесткость узлов станка:

1) передней бабки $j_{п. б.} = 4000$ кгс/мм;

2) задней бабки $j_{з. б.} = 3500$ кгс/мм;

3) суппорта $j_{суп.} = 35000$ кгс/мм.

Погрешности при обработке поверхности 1 (рис. 14).

Определяем P_y :

$$P_y = 0,5P_z = 0,5 \cdot 196 = 98 \text{ кгс.}$$

Подставляем в формулу (6) численные значения:

$$\Delta_1 = 2 \left[\left(1 - \frac{305}{350}\right)^2 \frac{98}{4000} + \left(\frac{305}{350}\right)^2 \frac{98}{3500} \right] = 0,05 \text{ мм.}$$

б) Определение погрешности за счет упругого перемещения суппорта

$$\Delta_2 = 2 \frac{P_y}{j_{суп.}} = 2 \frac{98}{3500} = 0,056 \text{ мм.}$$

в) Определение погрешности за счет упругого изгиба детали [5]:

$$\Delta_3 = 2 \frac{P_y l^3}{50EI} = 2 \frac{98 \cdot 350^3}{50 \cdot 2,1 \cdot 10^6} = 0,04 \text{ мм.}$$

г) Погрешность за счет износа резца

В начале обработки детали происходит быстрый износ микронеровностей режущей кромки резца, а далее идет нормальный износ.

При расчете настроечных размеров учитывается только начальный износ. В нашем примере начальный износ находим в приложении 5 для стали 40X и твердого сплава Т15К6:

$$\Delta_4 = 0,004 \text{ мм.}$$

д) Суммарная погрешность обрабатываемой поверхности 1

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_4 = 0,05 + 0,056 + 0,04 + 0,004 = 0,15 \text{ мм.}$$

Аналогично производится расчет погрешностей для остальных поверхностей, значения которых приведены ниже в табл. 4.

Суммарная величина погрешностей операции № 2

Наименование обрабатываемой поверхности	П о г р е ш н о с т и				
	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	$\Sigma \Delta$
Поверхность 1	0,078	0,065	0,00286	0,004	0,15
Поверхность 2	0,0173	0,04	0,00037	0,004	0,082
Поверхность 3	0,0115	0,012	0,00045	0,004	0,03
Поверхность 4	0,0105	0,023	0,00575	0,004	0,043
Поверхность 5	0,0116	0,012	0,0002	0,004	0,03
Поверхность 6	0,031	0,066	0,01	0,004	0,11
Поверхность 7	0,006	0,012	0,0024	0,004	0,024
Поверхность 8	0,011	0,023	0,0064	0,004	0,044

е) Определение настроечного размера

$$R_n = \frac{D_{\max} + D_{\min}}{4} - \frac{\Delta}{2} = \frac{19 + 18,64}{4} - \frac{0,15}{2} = 9,34 \text{ мм.}$$

Таким образом, при наладке по $R_{\text{ср}}$ поле допуска будет использовано на 50%, а с учетом вышеуказанных погрешностей — на 89%.

Аналогично производится определение настроечных размеров для обработки остальных поверхностей, значения которых приведены ниже в табл. 5.

Если по расчету настроечный размер окажется меньше нижнего предела допуска, тогда следует изменить режим резания (s , t) и повысить жесткость станка для того, чтобы снизить погрешности.

Таблица 5

Настроечные размеры операции № 2

Наименование обрабатываемой поверхности	Диаметр обрабатываемой поверхности D , мм	Настроечный размер R_n , мм	Гарантиров. припуск на сторону $Z_{\text{гар}}$, мм	Используется поле допуска в %
Поверхность 1	$19^{-0,36}$	9,34	0,02	89
Поверхность 2	$16^{-0,36}$	7,87	0,05	72
Поверхность 3	$15^{-0,12}$	7,45	0,01	83
Поверхность 4	$12^{-0,36}$	5,89	0,07	61
Поверхность 5	$18^{-0,12}$	8,95	0,01	83
Поверхность 6	$20,5^{-0,36}$	10,11	0,04	78
Поверхность 7	$19,5^{-0,12}$	9,70	0,02	67
Поверхность 8	$17^{-0,36}$	8,39	0,07	61

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ПОДНАЛАДОК СТАНКА, ИСХОДЯ ИЗ ДОПУСТИМОГО ИЗНОСА РЕЗЦА

По нормативам для резцов Т15К6 при обработке стали допустимый износ по задней грани при $s \leq 0,3$ мм (рис. 16)

$$u_z = (0,8 - 1) \text{ мм.}$$

Принимая для полуступенчатой обработки задний угол резца $\alpha = 10^\circ$, вычисляем допустимый радиальный износ:

$$u_{\text{рад}} = h \operatorname{tg} \alpha = (0,14 - 0,176) \text{ мм.}$$

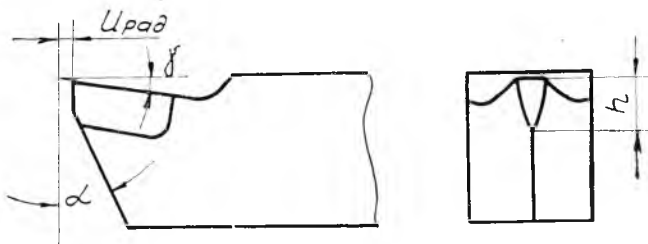


Рис. 16. Схема износа резца в радиальном направлении

Допустимый износ резца, исходя из точности детали, равен величине используемого поля допуска в нашем примере:

$$u_{\text{точ.}} = 0,05 \text{ мм.}$$

Определяем количество подналадок станка:

$$q = \frac{u_{\text{рад}}}{u_{\text{точ}}} = \frac{0,15}{0,05} = 3.$$

После третьей подналадки резец подлежит смене на новый.

Определяем количество деталей, которые могут быть обработаны между подналадками.

Радиальный износ определяется по следующей зависимости:

$$u_{\text{точ.}} = u_n + \frac{u_0 \pi d l Q}{10^6 s},$$

где u_n — начальный износ резца в микронах;

u_0 — удельный износ резца в микронах на километр пути резца;

d — диаметр обрабатываемой поверхности, мм;

l — длина обрабатываемой поверхности, мм;

Q — количество деталей;

s — подача на один оборот детали.

Количество обработанных деталей между подналадками определяется по следующей зависимости:

$$Q = \frac{(u_{\text{точ.}} - u_n) 10^6 \cdot s}{u_0 \pi \Sigma d l} = \frac{(50 - 4) 10^6 \cdot 0,25}{8,5 \cdot 3,14 \cdot 6705} = 64 \text{ шт.}$$

Таким образом, через каждые 64 детали должна производиться подналадка станка, а после обработки 192 деталей — смена реза.

Эти сведения должны быть записаны в конце технологически-расчетной карты, форма № 2.

ЗАПОЛНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ-РАСЧЕТНЫХ КАРТ

а) Заполнение технологически-расчетной карты (форма № 1)

После выполнения всех расчетов заполнение технологически-расчетной карты производится по методике, изложенной выше на стр. 30—31.

б) Заполнение технологически-расчетной карты (форма № 2)

В первой строке пишется «Исходное положение», в графе 13 записывается начальное положение упора $l_y = +170,2$ мм от правого торца обрабатываемой детали. За начальное положение принято положение упора при выполнении перехода 8 «Обточка канавки $\varnothing 17^{+0,36}$ мм».

В графе 14 записывается начальное расстояние вершины реза от правого торца детали $a = +1,8$ мм, а в графах 15 и 16 — расстояние вершины переднего и заднего резцов от оси станка $b = c = 20$ мм.

Затем во второй строке в графе 2 записывается содержание первого перехода «Черновая проточка поверхности $1\varnothing 19^{+0,36}$ мм». В графе 3 записываются строки перфокарты 1, 2, а в графе 4 — команда «Упор вправо точно + грубо». В графе 5 записывается путь перемещения упора из начального положения $l_n = 125$ мм (рис. 15). В графах 6 и 7 записывается путь упора, причем в числителе в мм, а в знаменателе в импульсах. Точное перемещение 0,8 мм при цене одного импульса 0,1 мм требует подать 8 импульсов, а при грубом перемещении цена одного импульса 1 мм, поэтому необходимо подать 124 импульса. Обработка точных и грубых шагов производится одновременно благодаря наличию дифференциалов в механизме 8, рис. 1. Поэтому время передвижения упора вычисляется по максимальному расстоянию $l = 124$ мм. При скорости упора $v_y = 480$ мм/мин время передвижения будет равно:

$$t_y' = \frac{124 \cdot 60}{480} = 15,5 \text{ сек.}$$

В 13 графе записывается расстояние 45,2 мм упора от базы после выполнения команды «Упор вправо точно + грубо» на расстояние 124,8 мм.

Далее в графе 4 пишется команда «Резец вперед точно + грубо» на расстояние 10,66 мм, которое вычисляется в следующем порядке (рис. 12).

$$l'_{\text{пон.}} = b - R_n = 20 - 9,34 = 10,66 \text{ мм.}$$

Цех № 30 Технологически-расчетная карта обработки детали на станке с программным управлением

Шифр карты Шифр листов 1

Станок	1к62 пр
Изделие	С-30
Деталь	
Наимен.	Валик
Номер	272-001-2
Материал	40х
Твердость	HV<241
Операция	20
Инструмент	Шифр Материал
Передний	П-35 Т15К6
Задний	0-20 Т15К6

Изменения

№№ изв.	Дата изв.	Индекс	Подп.	Дата

Выбор подачи

№ по пор.	Поверхи. №	Глубина резания мм	Радиус при вершине резца мм	Требуемые подачи мм/об	
				продольная	поперечная
1	6	2,5	1,2	0,25	0,04
2					

Принятые величины по лач	Продольная		Поперечная	
	мм/об	мм/мин	подрезка мм/об	отрезка мм/мин
Черновая	0,25	400		
Чистовая				0,038
				60

Выбор числа оборотов шпинделя

№ по пор.	Поверх. №	Ди-метр обра-ботки мм	Глуби-на реза-ния мм	Пола-ча мм/об	Угол в плане рез, м/мин	Расчет. скорость рез, м/мин	Число оборотов шпин-деля в мин	
							требуемое	принято
1	6	25,5	2,5	0,25	92	153	1900	1600
2								

Проверка мощности

№ по пор.	Поверх. №	Глубина резания мм	Подача мм/об	Скорость рез. м/мин	Потреб. мощ. квт	Мощность двигателя квт
2						

Общее время: 3,05 мин

В том числе время резания: 1,38 мин

Составил: _____ Проверил: _____ Главный технолог

В графе 5 записывается путь движения резца в поперечном направлении 10,66 мм, а в графе 6 — точное перемещение на 0,06 мм. Учитывая, что цена одного импульса равна 0,01 мм, количество импульсов будет равно $n_2 = 0,06 : 0,01 = 6$ и в графе 7 путь 10,6 мм, а число импульсов $n_1 = 10,6 : 0,2 = 53$.

Известно, что суппорт передвигается в поперечном направлении со скоростью 160 мм/мин до расстояния 3 мм, затем автоматически происходит переключение на скорость 60 мм/мин; тогда время передвижения суппорта на расстояние 10,66 мм будет равно:

$$t_{\text{поп.}} = \frac{10,66 - 3,60}{160} + \frac{3,60}{60} = 2,84 + 3 = 5,84 \text{ сек.}$$

В следующей строке записывается команда «Рабочий ход суппорта до упора» на расстоянии 48,2 мм.

Время перемещения суппорта при рабочем ходе:

$$t_{\text{р.х}} = \frac{l_{\text{р.х}} \cdot 60}{s \cdot n} = \frac{47 \cdot 60}{0,25 \cdot 1600} = 7,24 \text{ сек.}$$

Далее в графе 4 пишется команда «Резец назад грубо» на 3,6 мм. В графе 15 пишется расстояние от базы $9,34 + 3,6 = 12,94$ мм.

Путь движения суппорта назад 3,6 мм, тогда время перемещения будет равно:

$$t_{\text{поп.}} = \frac{3,6 \cdot 60}{60} = 3,6 \text{ сек.}$$

При перемещении суппорта менее 3 мм скорость его движения 60 мм/мин. Следующая команда «Суппорт ускоренно вправо». Расстояние должно быть кратно 4, так как цена одного импульса равна 4 мм; в нашем примере принимаем путь передвижения 48 мм. Время передвижения суппорта ускоренно вправо на расстояние 48 мм. При этой команде суппорт движется со скоростью $v_y = 2400$ мм/мин, тогда время на его передвижение будет равно:

$$t_{\text{у. суп.}} = \frac{l_{\text{у. суп.}} \cdot 60}{v_y} = \frac{48 \cdot 60}{2400} = 1,2 \text{ сек.}$$

Определяем расстояние a_2 резца от торца вала в начале обработки поверхности 2 после выполнения команды «Суппорт ускоренно вправо».

$$a_2 = l_{\text{у. суп.}} - l_1 = 48 - 45,2 = +2,8 \text{ мм.}$$

Далее начинается выполнение второго перехода, обработка поверхности 2, заполнение технологически-расчетной карты производится аналогично рассмотренному выше.

Из рассмотрения времени выполнения команд видно, что наибольшее время затрачивается на передвижение упора 15,5 сек, затем на рабочий ход 7,24 сек.

В целях сокращения времени обработки необходимо спланировать последовательность команды так, чтобы время рабочего хода

перекрывалось временем передвижения упора. Для этого следует записать команды в следующем порядке:

1. Резец вперед точно + грубо.

2. Упор вправо точно + грубо + рабочий ход.

При последней команде упор и суппорт включаются одновременно.

Аналогично заполняется технологически-расчетная карта по остальным переходам.

ПОДГОТОВКА ПЕРФОКАРТЫ

На основании технологически-расчетной карты, форма № 2, на перфокарте производится пробивка цикловых и технологических команд на перфораторе.

Затем из этой же карты берутся пути перемещения упора и резца, производится перевод в двоичную систему счисления и павивается на перфокарту. Ниже (рис. 17) приведена перфокарта, заполненная на основании технологически-расчетной карты нашего примера.

ОБРАБОТКА ДЕТАЛИ НА СТАНКЕ И СОСТАВЛЕНИЕ ОТЧЕТА

По рассчитанной программе производится обработка детали. Затем при помощи микрометра измеряются обработанные поверхности с точностью до 0,01 мм. Действительные размеры записываются в таблицу и сравниваются с расчетными. Если действительные

	8 7 6 5 4 3 2 1 разряды												
	колонки					перфокарты							
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
32													
33													
34													
35													
36													
37													
38													
39													
40													
41													
42													
43													
44													
45													

	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0
1												
2												

Рис. 17. Перфокарта 20-й операции — обработки ступенчатого валика (рис. 13) на станке 1К62ПР с числовым программным управлением.

№ № переходов	Содержание переходов	№ строки перфокарты	Цикловая или технологическая команда	Путь перемещения в мм	Составляющие перемещения				Время в секундах				Расстояние от базы			
					Точно	Грубо	Быстро	Рабочий ход	Рабочего хода	Остаточное	Для расчета	Упора	Продолжение	Лезвия	Заднее	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	Черновая проточка поверхности 1. Ø19-0,36	1	Упор вправо точно + грубо	125	1 10								170,2	+1,8	20	
		2				124 124				15,5	15,5	45,2	+1,8	20	20	
		3	Резец вперед точно + грубо	10,66	0,06 6					5,84	5,84	45,2	+1,8	9,34	30,66	
		4				10,6 53										
		5	Рабочий ход суппорта до упора	47				47	7,24		7,24	45,2	45,2	9,34	30,66	
		6	Резец назад грубо	3,6		3,6 18				3,6	3,6	45,2	45,2	12,94	37,06	

Продолжение формы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		7	Суппорт ускоренно вправо	48			$\frac{48}{12}$			1,2	1,2	45,2	-2,8	12,94	37,06
2	Черновая обточка поверхности 2 $\varnothing 16^{-0,06}$	8	Резец вперед точно + грубо	5,07	$\frac{0,07}{7}$					3,75	3,75	45,2	+2,87	7,87	32,13
		9				$\frac{5}{25}$									
		10	Упор вправо точно + грубо	20,5	$\frac{0,7}{7}$					2,5	2,6	24,3	2,8	7,87	32,13
		11				$\frac{20}{20}$									
		12	Рабочий ход суппорта до упора	27,5				27,3	4,15		4,15	24,7	24,7	7,87	32,13
		13	Резец назад грубо	2,6		$\frac{2,6}{13}$				2,6	2,6	24,7	24,5	10,47	29,53
		14	Суппорт ускоренно вправо	28			$\frac{28}{7}$			0,7	0,7	24,7	+3,3	10,47	29,53
3	Чистовая обточка поверхности 3 $\varnothing 15^{-0,12}$	15	Резец вперед точно + грубо	3,02	$\frac{0,02}{2}$					3,02	3,02	24,7	+3,3	7,45	32,55
		16				$\frac{3}{15}$									
		17	Упор вправо точно +	2,5	$\frac{2,5}{25}$					0,25	0,25	25,2	+3,3	7,45	32,55

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		18	Влево грубо	3		$\frac{3}{3}$				0,35	0,35				
		19	Рабочий ход суппорта до упора	28,5				28,5	4,2		4,2	25,2	25,2	7,45	32,55
4	Обточка канавки поверхности 4 $\varnothing 12_{-0,36}$	20	Резец назад грубо	22,4		$\frac{22,4}{112}$				8,4	8,4	25,2	25,2	29,95	10,15
		21	Резец вперед точно												
		22	Медленная скорость поперечного движения												
		23	Резец назад грубо	4,26		$\frac{4,26}{21}$				4,26	4,26	25,2	25,2	34,11	5,89
5	Чистовая обточка поверхности 5 $\varnothing 18_{-0,12}$	24	Резец вперед точно + грубо	25,16	$\frac{1,16}{116}$					9	9	25,2	25,2	8,95	31,05
		25				$\frac{24}{120}$									
		26	Упор вправо точно + влево грубо	1,6	$\frac{1,6}{16}$					2,75	2,75	45,6	25,2	8,95	31,05
		27		22	$\frac{22}{22}$										
		28	Рабочий ход до упора	20,4				20,4	3,1		3,1	45,6	45,6	8,95	31,05

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
6	Черновая обточка по верхности б Ø20,5-0,36	29	Резец вперед точно + назад грубо	0,04	$\frac{0,04}{4}$					1,21	1,2	45,6	45,6	10,11	29,89
		30		1,2		$\frac{1,2}{6}$									
		31	Упор вправо точно + влево грубо	1,9	$\frac{1,9}{19}$					15,8	15,8	169,7	45,6	10,11	29,89
		32		126	$\frac{126}{126}$										
		33	Рабочий ход суппорта до упора	124,1				124,1	18,7		18,7	169,7	169,7	10,11	29,87
		34	Резец назад грубо	2,8		$\frac{2,8}{14}$				2,8	2,8	169,7	169,7	12,91	27,09
		35	Суппорт ускоренно вправо	128			$\frac{128}{32}$			3,2	3,2	169,7	41,7	12,91	27,09
		36	Резец вперед точно + грубо	3,21	$\frac{0,01}{1}$					3,2	3,2	169,7	41,7	9,70	30,30
		37				$\frac{3,2}{16}$									
		38	Упор вправо точно + влево грубо	1,5	$\frac{1,5}{15}$					4	4	170,2	41,7	9,7	30,3
		39		2	$\frac{2}{2}$										

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		40	Рабочий ход суп-порта до упора	128,5				128,5	19,2		19,2	170,2	170,2	9,7	30,3
		41	Резец назад грубо	22	$\frac{22}{110}$					22	22	170,2	170,2	31,7	8,3
		42	Резец вперед точно												
		43	Медленная скорость поперечного движения												
		44	Резец вперед точно + грубо	11,7	$\frac{0,03}{3}$					6,15	6,15	170,2	170,2	20	20
		45	Вторая перфоркарта			$\frac{11,40}{57}$									
		1	Суппорт ускоренно вперед	172			$\frac{172}{43}$			4,3	4,3	170,2	+1,8	20	20
		2	Стоп шпиндель												
			Итого:					182,95 сек или 3,05 мин.							

В том числе непосредственно на резание затрачивается 82,85 сек или 1,38 мин, что составляет 45% от общего времени.

Примечание: Подналадку станка производить после обработки 64 деталей, а смену затупившегося резца после обработки 192 шт.

Составил	Проверил	Главный технолог
----------	----------	------------------

размеры близко расположены к верхнему пределу, тогда производится расчет корректуры и делается подналадка станка. На графике наносится поле допуска наиболее точного размера и прорчерчиваются линии настроечных размеров по среднему полю допуска и с учетом погрешностей.

В заключение пишется оценка качества детали и заключение по рассчитанной программе.

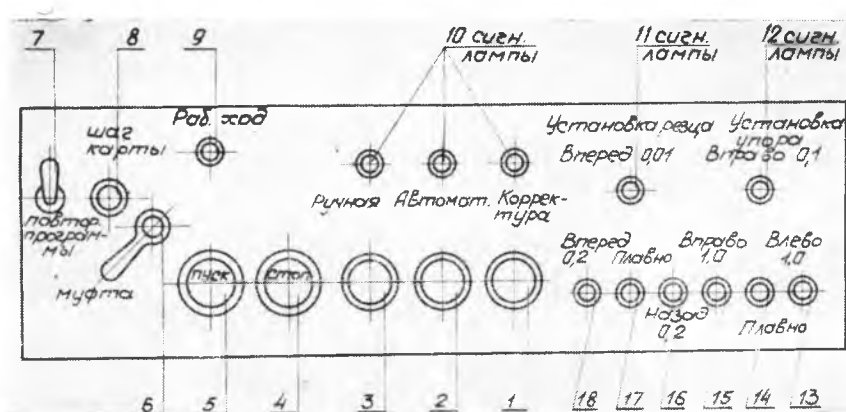


Рис. 18. Панель управления токарно-винторезного станка IK62PR.

НАЛАДКА СТАНКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ

Наладка станка производится в следующей последовательности:

1. При закреплении детали в центрах необходимо обеспечить постоянство правого торца вдоль оси станка с точностью $0,1$ мм. Для этого используется передний плавающий центр и упор.

2. Вершина переднего резца устанавливается в одной плоскости с торцом заготовки.

3. Нажав на панели управления (фиг. 18) одновременно кнопки 14 и 15 тем самым включается механизм перемещения упора вправо. Дойдя до конечного выключателя на суппорте упор устанавливается в нулевом положении.

4. Коснувшись поверхности детали резцом отмечают деление на лимбе винта поперечной подачи и пользуясь лимбом вручную устанавливается резец в исходное (базовое) положение. То же делается с резцом, закрепленным в резцедержателе на задней площадке. После этого включается муфта, связывающая винт с механизмом поперечной подачи.

5. Упор приводится в исходное положение с помощью кнопки 13 согласно карты наладки.

6. Выключив механизм подачи, вручную отводится суппорт

вправо в исходное положение, после чего рукоятка включается и фиксируется во включенном положении.

7. Закладывается рабочая перфокарта в считывающее устройство.

8. Нажатием кнопки «Пуск» включается станок.

9. Нажатием кнопки 2 «Автомат» включается автоматический цикл.

10. После проточки ступени производится ее замер, затем нажатием кнопки «1-я корректора» и одной из кнопок 13, 15, или 18 вносятся необходимые поправки в размер.

11. Включением кнопки 2 — «Автомат» — продолжается автоматический цикл.

КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА

КАФЕДРА «ПРОИЗВОДСТВО ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ»

Лабораторная работа № 25

ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ
1К62Пр
С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ
УПРАВЛЕНИЕМ

Студент _____ группа № _____

Преподаватель _____

_____ 196 ____ года

_____ 196 /6 учебный год

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Каждый студент получает индивидуальное задание на расчет управляющей программы обработки детали на станке 1К62 с числовым программным управлением (приложение 1).

2. Изучается инструкция к лабораторной работе и производится ознакомление со станком.

3. На специальной технологически-расчетной карте № 1 вычерчивается эскиз детали, на котором тонкими линиями наносится путь движения резца и указывается начальное положение упора и резцов от базовых поверхностей.

4. Производится расчет погрешностей за счет износа резца, жесткости станка и детали.

5. С учетом найденных погрешностей определяются настроечные размеры, которые записываются на эскизе детали.

6. Производится заполнение технологических-расчетных карт № 1 и № 2

7. Рассчитанная программа при помощи перфоратора набивается на стандартную перфокарту.

8. По рассчитанной программе производится обработка детали на станке 1К62Пр.

9. Обработанная поверхность измеряется микрометром с точностью 0,01 мм, действительные размеры сравниваются с расчетными. Строится график и определяется использование поля допуска.

Задание № _____

Студенту _____ группы № _____ на расчет программы обработки детали № _____ на станке 1К62Пр с цифровым программным управлением.

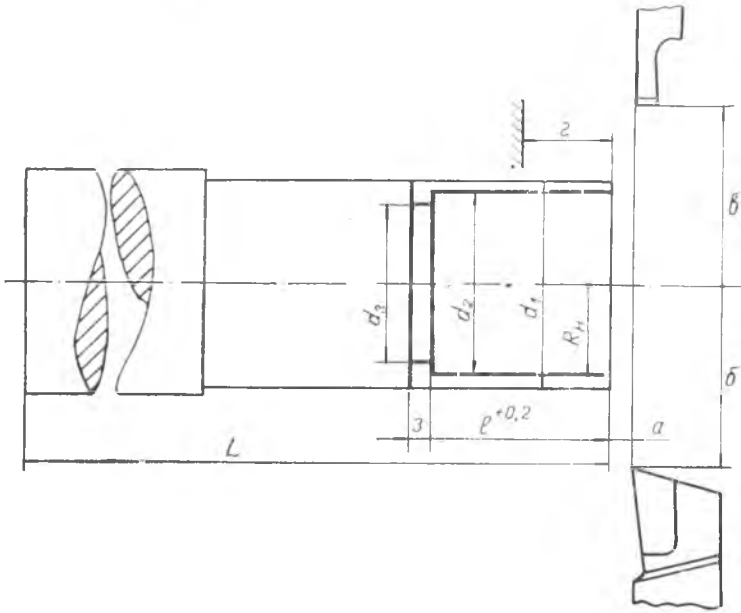


Рис. 19. Схема расположения резцов.

d_1	d_2	d_3	l	L	$\pm a$	β	v	z	δ

Количество обрабатываемых деталей $Q =$
 Материал изделия
 Материал резца
 Жесткость: передней бабки /п. б. =
 задней бабки /з. б. =
 суппорта /суп. =

Проверка размеров обработанной поверхности

Расчетный d_2 , мм	d_1					d_3	
	фактический, мм					Расчетный, d_3 мм	Фактический d_3 мм
	в точках						
	1	2	3	4	5		

$$\text{Корректурa } K = \pm \frac{d_{p6} - d_{pac}}{2}$$

Использование поля допуска

		Точки замера				
		1	2	3	4	5
d_{min}						
d_{max}						

З а к л ю ч е н и е

Работу выполнил:
 Работу принял:
 196 года.

Паспортные данные токарно-винторезного станка 1К62

П о д а ч и		П о д а ч и		Число обо- ротов об/мин	На шпинде- ле по слабо- му звену, квт	Крутящий момент на шпинделе, кг/м
продоль- ная	попереч- ная	продоль- ная	попереч- ная			
0,07	0,035	0,7	0,34	12,5	1,67	130
0,074	0,037	0,78	0,39	16	2,14	130
0,084	0,042	0,87	0,43	20	2,67	130
0,097	0,048	0,95	0,47	25	3,34	130
0,11	0,055	1,04	0,52	31,5	4,2	130
0,12	0,06	1,14	0,57	40	5,35	130
0,13	0,065	1,21	0,6	50	6,7	130
0,14	0,07	1,4	0,7	63	8	124
0,15	0,074	1,56	0,78	80	8	97,5
0,17	0,084	1,74	0,87	100	8	78
0,195	0,097	1,9	0,95	125	8	62
0,21	0,11	2,08	1,04	160	8	49
0,23	0,12	2,28	1,14	200	8	39
0,26	0,14	2,42	1,21	250	8	31
0,28	0,15	2,8	1,4	315	8,5	2,6
0,3	0,17	3,12	1,56	400	8,3	20,2
0,34	0,195	3,48	1,74	500	7,9	15
0,39	0,21	3,8	1,9	630,0	7,7	11,9
0,43	0,23	4,16	2,08	630	8,1	12,5
0,47	0,26			800	7,6	9,3
0,52	0,28			1 000	7,2	7
0,61	0,3			1 250	7,0	5,45
				1 600	6,9	4,2
				2 000	6,2	3

Время рабочей подачи в секундах

Длина пути рабочей подачи, м.м	Поддача, м.м/мин																			
	20	22,4	25	28	31,5	35,5	40	45	50	56	63	71	80	90	100	112	125	140	160	180
10	30	27	24	21	19	17	15	13,5	12	10,5	9,5	8,5	7,5	6,7	6	5,4	4,8	4,3	3,8	3,4
11,2	34	30	27	24	21	19	17	15	13,5	12	10,5	9,5	8,5	7,5	6,7	6	5,4	4,8	4,3	3,8
12,5	37,5	34	30	27	24	21	19	17	15	13,5	12	10,5	9,5	8,5	7,5	6,7	6	5,4	4,8	4,3
14	42,5	37,5	34	30	27	24	21	19	17	15	13,5	12	10,5	9,5	8,5	7,5	6,7	6	5,4	4,8
16	48	42,5	37,5	34	30	27	24	21	19	17	15	13,5	12	10,5	9,5	8,5	7,5	6,7	6	5,4
18	54	48	42,5	37,5	34	30	27	24	21	19	17	15	13,5	12	10,5	9,5	8,5	7,5	6,7	6
20	60	54	48	42,5	37,5	34	30	27	24	21	19	17	15	13,5	12	10,5	9,5	8,5	7,5	6,7
22,4	67	60	54	48	42,5	37,5	34	30	27	24	21	19	17	15	13,5	12,0	10,5	8,5	8,5	7,5
25	75	67	60	54	48	42,5	37,5	34	30	27	24	21	19	17	15	13,5	12	10,5	9,5	8,5

Длина пути рабочей шири, м.м.	Подачи в м.м./мин.																			
	20	22,4	25	28	31,5	35,5	40	45	50	56	63	71	80	90	100	112	125	140	160	180
28	85	75	67	60	54	48	42,5	37,5	34	30	27	24	21	19	17	15	13,5	12	10,5	9,5
31,5	95	85	75	67	60	54	48	42,5	37	34	30	27	24	21	19	17	15	13,5	12	10,5
35,5	107	45	85	75	67	60	54	48	42,5	37	-34	30	27	24	21	19	17	15	13,5	12
40	120	107	95	85	75	67	60	54	48	42,5	37	34	30	27	24	21	19	17	15	13,5
45	135	120	107	95	85	75	67	60	54	48	42,5	37	34	30	27	24	21	19	17	15
50	150	135	120	107	95	85	75	67	60	54	48	42,5	37	34	30	27	24	21	19	17
56	167	150	135	120	107	95	85	75	67	60	54	48	42,5	37	34	30	27	24	21	19
63	187	167	150	135	120	107	95	85	75	67	60	54	48	42,5	37	34	30	27	24	21
71	212	187	167	150	135	120	107	95	85	75	67	60	54	48	42,5	37	34	30	27	24
80	240	212	187	167	150	135	120	107	95	85	75	67	60	54	48	42,5	37	34	30	27
90	270	240	212	187	167	150	135	120	107	95	85	75	67	60	54	48	42,5	37	34	30

Примечания: 1) Рабочее время длин путей или минутных подач больших, чем приведенные в таблице, рассчитывается соответственно умножением или делением на 10.

2) Для определения времени поперечных рабочих перемещений, выполняемых в режиме черновой подрезки, длины путей, меньше 3,5 м.м., удваиваются, а длины путей, больше 3,5 м.м. принимаются на 3,5 м.м. больше фактической величины.

Время перемещения рабочих органов станка в секундах

Длина пути перемещения	Время перемещения			Длина пути перемещения, мм	Время перемещения			Количество точных шагов	Время выполнения			Количество точных шагов	Время выполнения	
	упора	продольное	поперечное		упора	продольное	поперечное		для упора	для реза	для упора		для реза	
1	0,1	0,1	0,3	40	3,5	0,8	6,2	1	0,2	0,1	30			3,0
1,1	0,1	0,1	0,4	45	4	0,9	7	2	0,3	0,2	31			3,1
1,8	0,1	0,1	0,5	50	4,5	1,0	7,7	3	0,5	0,3	32			3,2
2	0,2	0,1	0,6	56	5	1,1	8,5	4	0,6	0,4	33			3,3
2,5	0,2	0,1	0,7	63	5,6	1,2	9,5	5	0,8	0,5				
2,8	0,3	0,1	0,8	71	6,3	1,4	10,5	6	0,9	0,6	34			3,4
3,2	0,3	0,1	0,9	80	7	1,6	12	7	1,1	0,7	35			3,5
3,6	0,3	0,1	1,0	90	8	1,8	13,3	8	1,2	0,8				
4,0	0,4	0,1	1,1	90	8	1,8	13,3	9	1,4	0,9	36			3,6
4,5	0,4	0,1	1,2	100	9	2,0	15	10	1,6	1,0				
5,0	0,4	0,1	1,25	112	10	2,1	16,5	11	1,7	1,1	37			3,7
5,6	0,5	0,1	1,3	125	11	2,5	18,5	12	1,9	1,2				
6,3	0,6	0,1	1,4	140	12,5	3,0		13	2,0	1,3	38			3,8
7,1	0,6	0,1	1,5	160	14,2	3,5		14	2,2	1,4				
8	0,7	0,2	1,7	180	16	3,8		15	2,4	1,5	39			3,9
9	0,8	0,2	1,9	200	17,8	4,0		16	2,5	1,6				
10	0,9	0,2	2,0	224	20	4,5		17	2,7	1,7	40			4,0
				250	22	5,0		18	2,8	1,8				
11,2	1,0	0,2	2,2	280	25	5,5		19	3	1,9	41			4,1
12,5	1,1	0,3	2,4	315	28	6		20		2	42			4,2
14	1,2	0,3	2,6	355	31,5	7		21		2,1	43			4,3
16	1,4	0,4	2,9	400	35,6	8		22		2,2	44			4,4
18	1,6	0,4	3,2	450	40	9,0		23		2,3	45			4,5
20	1,8	0,4	3,5	500	44,5	10		24		2,4	46			4,6
22,4	2,0	0,4	3,8	560		11,0		25		2,5	47			4,7
25	2,2	0,5	4,2	630		12,5		26		2,6	48			4,8
28	2,5	0,5	4,6	710		14		27		2,7	49			4,9
31,5	2,8	0,6	5	800		16		28		2,8				4,9
35,5	3,1	0,7	5,5					29		2,9				

Значение начального v_n и относительного v_0 износа режущих инструментов

Метод обработки	Обрабатываемый материал	Материал режущего инструмента	Режим резания			Начальный износ v_n , мк	Относительный износ, v_0 , мк/мм
			t глубина, мм	s подача, мм/об	v скорость резания, м/мин		
Чистовое точение	Сталь легированная, термически обработанная $\sigma_b 110 =$ $= \text{кг/мм}^2$	T15к6	≤ 2	0,3	100	13	10
		T30к4	≤ 2	0,3	15)	7	6
	Сталь легиров. $\sigma_b =$ $= 92 \text{ кг/мм}^2$ 0,35% С 0,48% Mn 0,22% Si 2,3% Cr 2,31% Ni	T60K6	0,5	0,21	135	2	2
		T30K4				2	3,5
		T15K6				4	8,5
		BK3				5	9,5
		T15K10				6	12
		BK4				6	30
	BK9	10	65				
	BK11	10	140				
Сталь 45	T60K6 T30K4A T30K4 T15K6T	0,3	0,1	485-465	3	2,5	
					4	3	
					4	2,8	
					5	20	
Сталь 40	Э4260	0,5	0,18	89	10	65	
Сталь 45	Минералокерамич. пластинки ЦМ—332	0,5	0,21	60 100 200 300 400	2	0,5	
					1	0,7	
					3	0,75	
					3	0,76	
					3	1,0	
Сталь 35	Минералокерамич. пластинки ЦМ—332	1	0,48	200	—	0,5	
Хромоникель-молибденовая сталь	Минералокерамич. пластинки ЦМ—332	1	0,8	200	—	12	

Подача s для различных видов обработки

Диаметр обрабатываемой детали d , мм	Продольное и поперечное обтачивание и подрезание нормальными резцами		Растачивание нормальными резцами		Растачивание пластинами	
	грубое	получистовое	грубое	получистовое	получистовое	
	Класс чистоты обработки					
	Г2—Г3	Г4—Г5	Г2—Г3	Г4—Г5	Г4—Г5	
	Глубина резания t мм					
св. 2	до 2	св. 2	до 2	0,3—1		
П о д а ч а s , мм/сб						
до 30	0,15—0,25	0,08—0,13	0,10—0,15	0,04—0,08	0,15—0,25	
30—50	0,25—0,35	0,10—0,15	0,15—0,25	0,06—0,10	0,20—0,40	
50—80	0,30—0,45	0,13—0,20	0,25—0,35	0,08—0,13	0,30—0,50	
80—120	0,4—0,6	0,18—0,25	0,30—0,45	0,10—0,15	0,40—0,60	

Значение коэффициентов $C_{ст}$ и показателей степени x_v

y_v в формуле скорости резания
$$v = \frac{C_{ст} \text{ КНВ}}{t x_v s y_v \left(\frac{\text{НВ}}{200}\right)^{y_v}}$$

Материал резца	Обрабатываемый материал	Характер работы	Условия работы					
			с охлаждением			без охлаждения		
			$C_{ст}$	x_v	y_v	$C_{ст}$	x_v	y_v
Быстрорежущая сталь марки РФ1	Сталь, стальное литье и магниевые сплавы	$s \leq 0,25$ мм/об	57,2	0,25	0,33	34,8	0,25	0,5
		$s \geq 0,25$ мм/об	36,2	0,25	0,66	27,8	0,25	0,66
Твердый сплав марки Т15-6	Сталь, стальное литье, алюминиевые и магниевые сплавы	$s \leq 0,3$ мм/об	146,3	0,18	0,2	138	0,18	0,2
		$s = 0,3—0,75$ мм/об	167,2	0,18	0,35	152	0,18	0,35
		$s \geq 0,75$ мм/об	162,5	0,18	0,45	147,7	0,18	0,45
Твердый сплав марки ВК8		$s \leq 0,3$ мм/об	67,8	0,22	0,4	64	0,22	0,4
		$s \geq 0,3$ мм/об	62,7	0,22	0,5	57	0,22	0,5

Значение показателей степени n_{σ} и коэффициентов $k_{H\sigma}$

Обрабатываемый металл	Показатель степени	Твердость H_B									
		90—110	111—130	131—150	151—170	171—190	191—210	211—230	231—250	251—270	271—290
		Поправочный коэффициент $k_{H\sigma} = \frac{1}{\left(\frac{H_B}{200}\right)^{n_{\sigma}}}$									
Углеродистая сталь	—1 при $H_B < 130$	1,62	1,96	1,82	1,45	1,2	1,0	0,85	0,73	0,63	0,55
	1,75 при $H_B > 130$										
Легированная сталь	1,5	—	—	1,7	1,38	1,18	1,0	0,88	0,77	0,67	0,66

Приложение 9

Значение коэффициентов в формулах:

$$P_z = C_{Pz} \cdot t^{x_{Pz}} \cdot S^{y_{Pz}} \cdot HB^{n_{Pz}} \text{ кгс.}; \quad P_y = C_{Py} \cdot t^{x_{Py}} \cdot S^{y_{Py}} \cdot HB^{n_{Py}} \text{ кгс.}$$

Типы резцов	Материал резцов	Обрабатываемый металл			
		Сталь, стальное литье, алюминиевые и магниевые сплавы		Чугун и медные сплавы	
		C_{Pz}	C_{Py}	C_{Pz}	C_{Py}
Проходные	Быстрорежущая сталь	27,9 при $H_B < 170$	0,627	6,35	0,13
	Твердые сплавы	3,57 при $H_B > 170$		5,14	0,045
Прорезные и отрезные	Быстрорежущая сталь и твердые сплавы	34,42 при $H_B < 170$	0,031	8,82	0,12
		4,42 при $H_B > 170$			

Значение показателей степени при t и s

Типы резцов	Обрабатываемый металл							
	Сталь, стальное литье, алюминиевые и магниевые сплавы				Чугун и медные сплавы			
	x_{pz}	u_{pz}	x_{py}	u_{py}	x_{pz}	u_{pz}	x_{py}	u_{py}
Проходные	1	0,75	0,9	0,75	1	0,75	0,9	0,75
Прорезные и отрезные	1	1	—	—	1	1	—	—

Значения показателей степени при HB

Обрабатываемый металл	P_{pz}	P_{py}	P_{px}
Сталь и стальное литье	0,37—0,75*	2	1,5
Чугун	0,55	1,3	1,1

* Первое значение при $HB < 170$, второе — $HB > 170$.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Э. Барский. Разработка технологических процессов и подготовка программ для токарных станков с цифровым программным управлением. ЛДНТП, Ленинград, 1961.
2. Энциклопедический справочник «Машиностроение», том 7, Машгиз, 1949.
3. А. А. Спиридонов. Металлорежущие станки с программным управлением. Машгиз, 1964.
4. П. А. Покидов. Программное управление токарными и револьверными станками. Машгиз, 1949.
5. В. С. Корсаков. Точность механической обработки. Машгиз, 1961.
6. К. В. Вотинов. Жесткость станков. ЛОНИТОМАШ, 1940.
7. А. П. Соколовский. Расчеты точности обработки на металлорежущих станках. Машгиз, 1952.
8. С. П. Тимошенко. Устойчивость упругих систем. ОГИЗ, Гостехиздат, 1946.
9. В. И. Ишуткин. Настройка металлорежущих станков. Машгиз, 1960.
10. К. С. Колев. Вопросы точности при резании металлов. Машгиз, 1961.
11. А. П. Дальская. Исследование точности обработки на многошпиндельных горизонтальных прутковых токарных автоматах. Диссертация, МВТУ.