

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ОПЕРАЦИЙ
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВТУЛОК
НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ МОДЕЛИ 16Б16Т1**

по дисциплине «Технология машиностроения (отраслевая)»
для студентов специальности 1-36 01 01
«Технология машиностроения»

УДК 621.91.002

Методические указания предназначены для оказания помощи студентам при выполнении лабораторной работы, а также могут использоваться при выполнении курсовых проектов по дисциплинам: «Технология машиностроения (отраслевая)»; «Технология станкостроения».

Составитель: О.А. Медведев, доцент, к.т.н.

Рецензент: Д.Н. Босацкий, начальник технологического отдела УП «Гефест-техника»

1. Цель работы.

Целью работы является приобретение практических навыков проектирования концентрированных операций на токарных станках с ЧПУ в условиях среднесерийного производства.

2. Оборудование и принадлежности.

Работа выполняется с использованием следующего оборудования и оснастки: токарный станок с ЧПУ модели 16Б16Т1; треххвостчатый самоцентрирующий патрон; режущие инструменты (резцы токарные проходные, подрезные, контурные, резцы расточные, сверла, зенкеры, развертки) вспомогательные инструменты для установки расточных резцов и стержневых инструментов.

3. Теоретические сведения.

3.1. Общее устройство станка модели 16Б16Т1.

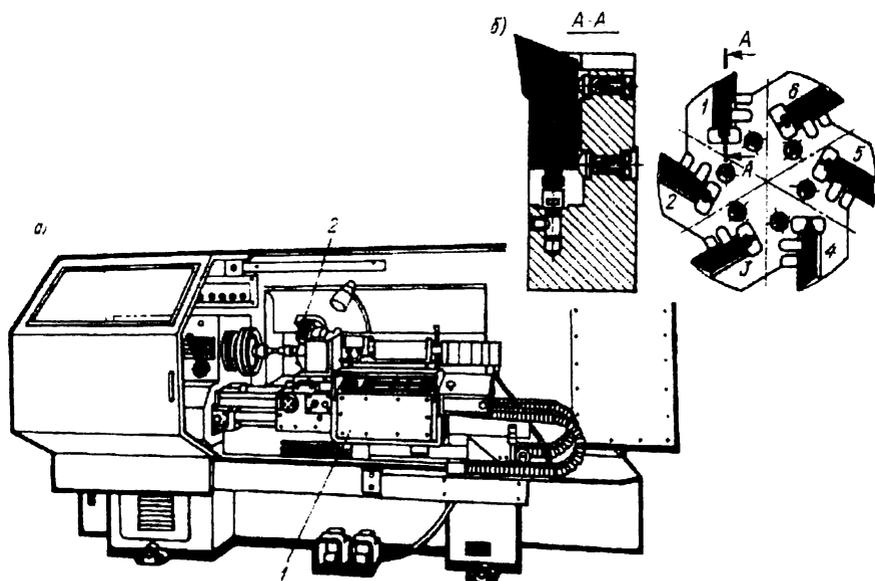
Токарный патронно-центральной станок модели 16Б16Т1с автоматической сменой инструментов и оперативной (класса HNC) системой ЧПУ модели «Электроника НЦ-31», предназначен для обработки резанием наружных и внутренних поверхностей вращения, соосных с его шпинделем, на деталях разного назначения. На данном станке можно реализовать следующие методы обработки: точение, растачивание, сверление, зенкование, развертывание, нарезание резьбы. Общий вид станка представлен на рисунке 1. Конструкция станка содержит составные части, характерные для традиционных компоновок токарно-револьверных станков. В левой части горизонтальной станины установлена передняя бабка с горизонтальным шпинделем. По горизонтальным направляющим станины могут перемещаться продольные салазки суппорта, несущие поперечные салазки и револьверную инструментальную головку, ось поворота которой (при смене инструмента) параллельна оси шпинделя. Справа на направляющих станины находится задняя бабка, в пиноль которой устанавливается задний центр для поддержания длинных деталей, или стержневой инструмент для обработки отверстий, соосных со шпинделем.

Перемещение револьверной головки с инструментами осуществляется независимыми приводами продольной и поперечной подачи, каждый из которых содержит двигатель постоянного тока, редуктор и передачу «винт-гайка качения». Информация об изменении положений револьверной головки (перемещениях) вдоль и поперек оси шпинделя и о скоростях продольной и поперечной подачи, а также о скорости вращения шпинделя, режущем инструменте, условиях обработки задается в управляющей программе и обрабатывается станком автоматически при обработке детали.

Основные технические характеристики станка:

– наибольший диаметр изделия, обрабатываемого над станиной – 320 мм (над суппортом – 160 мм);

- наибольшая длина обрабатываемого изделия – 710 мм;
- частоты вращения шпинделя – 12,5...2000 об/мин;
- скорость рабочей продольной подачи суппорта – 1...1200 мм/мин;
- скорость рабочей поперечной подачи суппорта – 1...600 мм/мин;
- скорость ускоренной продольной подачи суппорта – 4800 мм/мин;
- скорость ускоренной поперечной подачи суппорта – 2400 мм/мин;
- дискретность отсчета продольных перемещений – 0,01 мм;
- дискретность отсчета поперечных перемещений – 0,005 мм;
- мощность двигателя главного движения – 6,2 кВт;
- количество инструментов в revolverной головке – не более 6;
- габариты станка – 3285x3140x1860 мм;
- масса станка 2250 кг.



а – общий вид станка (1 – пульт ЧПУ, 2 – revolverная головка); б – вид revolverной головки со стороны шпинделя и ее сечение вдоль паза для установки инструмента

Рис. 1 – Токарный станок с ЧПУ модели 16Б16Т1

Координаты положений revolverной головки задаются в системе координат станка $X_c O_c Z_c$, показанной на рисунке 2 (вид сверху на рабочую зону станка). Начало системы координат станка O_c (нуль станка) находится на пересечении оси шпинделя и торца шпинделя, по которому базируется приспособление для установки заготовки (трехкулачковый, поводковый, цанговый патрон, оправки и т.п.). Ось Z_c совпадает с осью шпинделя. Ось X_c расположена в горизонтальной плоскости перпендикулярно оси Z_c .

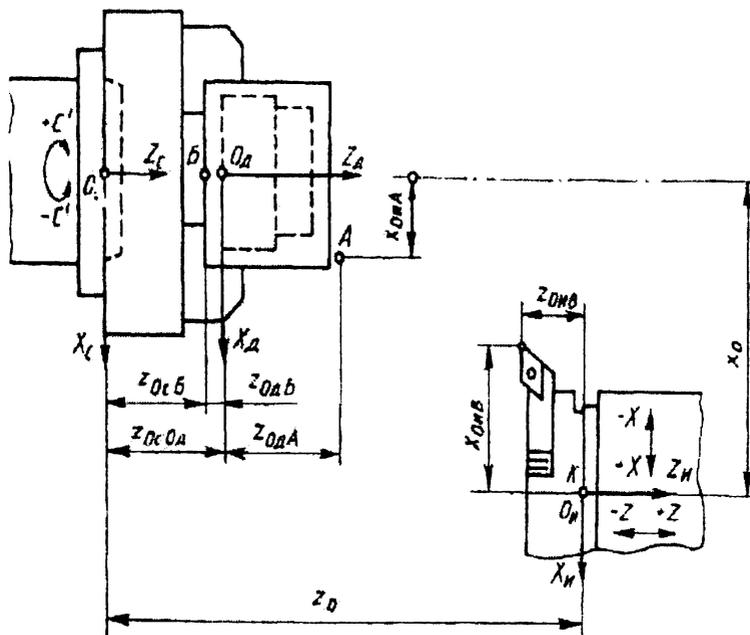


Рисунок 2 – Системы координат станка, детали и инструмента

Положительное направление осей координат станка соответствует удалению инструмента от шпинделя с заготовкой. При такой координатной системе координаты всех возможных рабочих положений револьверной головки будут положительными. Относительно нуля станка O_c системой ЧПУ задаются изменяющиеся в процессе работы станка по программе координаты X_0 и Z_0 базовой точки револьверной головки K (точка пересечения оси поворота и базового торца револьверной головки). Точка K (рисунок 2) принимается за начало системы координат инструмента O_n с осями X_n и Z_n , направленными также как оси X_c и Z_c . В системе координат инструмента задаются положения X_{0nB} и Z_{0nB} центра инструмента (вершина резца, сверла и т.п.) при его установке в револьверную головку или при размерной настройке инструмента вне станка.

В рабочей зоне станка принято определенное фиксированное положение револьверной головки относительно нуля станка. В него головка выводится по специальной команде и фиксируется датчиками положения при необходимости точно определить исходное положение головки перед обработкой по программе первой детали.

Пульт системы ЧПУ модели «Электроника НЦ-31» встраивается в суппорт станка или располагается на отдельной стойке, закрепленной в правой части станины. Система обеспечивает: ввод и редактирование управляющих программ с помощью клавиатуры на пульте; работу станка в ручном и автоматическом режимах; передачу программ в кассету внешней памяти для хранения вне станка.

Основные технические характеристики системы ЧПУ:

тип – контурная с программно-структурной организацией;

число управляемых координат – 2;

интерполяция – линейная и круговая;

дискретность задания координат по оси X (в диаметральном выражении) и по оси Z – 0,01мм;

емкость памяти для управляющей программы – 8 Кбайт;

максимальное число кадров в управляющей программе – 250.

Лицевая панель пульта представлена на рисунке 3. Пульт состоит из трех цифровых индикаторов, трех наборов клавиш и 29 сигнальных лампочек. Четырехразрядный индикатор I показывает значения заданной подачи. Трехразрядный индикатор II показывает номер обрабатываемого кадра управляющей программы или номер параметра станка (в режиме ввода или контроля параметров). Семиразрядный индикатор III показывает знак («+» или «-») и численные значения команд программы. Над индикатором III расположено 8 сигнальных лампочек с буквенными адресами команд программ. Горящая лампочка соответствует буквенному адресу команды, численное значение которой показывает индикатор III.

Набор IV из 28 клавиш служит для набора буквенных адресов, числовой части команд и специальных символов при вводе кадров управляющей программы. При нажатии клавиш с буквами загораются соответствующие лампочки над индикатором III. В этом наборе расположены следующие клавиши, соответствующие специальным символам (рисунок 3):

1 – символ относительной системы отсчета координат опорных точек траектории инструмента. После нажатия загорается сигнальная лампочка справа от индикатора II, рядом с символом относительной системы отсчета. Действует до повторного нажатия этой клавиши. В ручном режиме эта клавиша служит для вызова подрежима выхода револьверной головки в фиксированную точку;

2 – символ быстрого хода. После нажатия загорается сигнальная лампочка справа от индикатора II, рядом с символом быстрого хода. Действует в одном кадре программы;

3 – деблокировка памяти в режиме ввода. При нажатии загорается сигнальная лампочка сверху рядом с клавишей;

4 – разрешение на ввод и индикацию параметров системы. При нажатии загорается сигнальная лампочка сверху рядом с клавишей;

5 – символ обработки фаски под углом +45°. После нажатия загорается сигнальная лампочка слева от индикатора III, рядом с этим символом;

6 – символ обработки фаски под углом -45°. После нажатия загорается сигнальная лампочка слева от индикатора III, рядом с этим символом;

7 – символ вхождения кадра в группу для совместной отработки ;

8 – знак «-» перед числовой частью команды;

9 – сброс набранных команд до ввода их в память.

Набор V из 12 клавиш служит для выбора режимов работы системы ЧПУ и управления ее работой. В его средней части (по высоте) расположены шесть клавиш, задающих основные режимы работы системы ЧПУ. При нажатии одной из них предыдущий режим отключается, включается режим, соответствующий данной клавише, и сверху клавиши загорается сигнальная лампочка. Клавиши соответствуют следующим режимам:

10 – режим работы от маховичка - перемещение револьверной головки путем вращения маховичка на пульте ЧПУ (на рисунке 3 маховичок не показан);

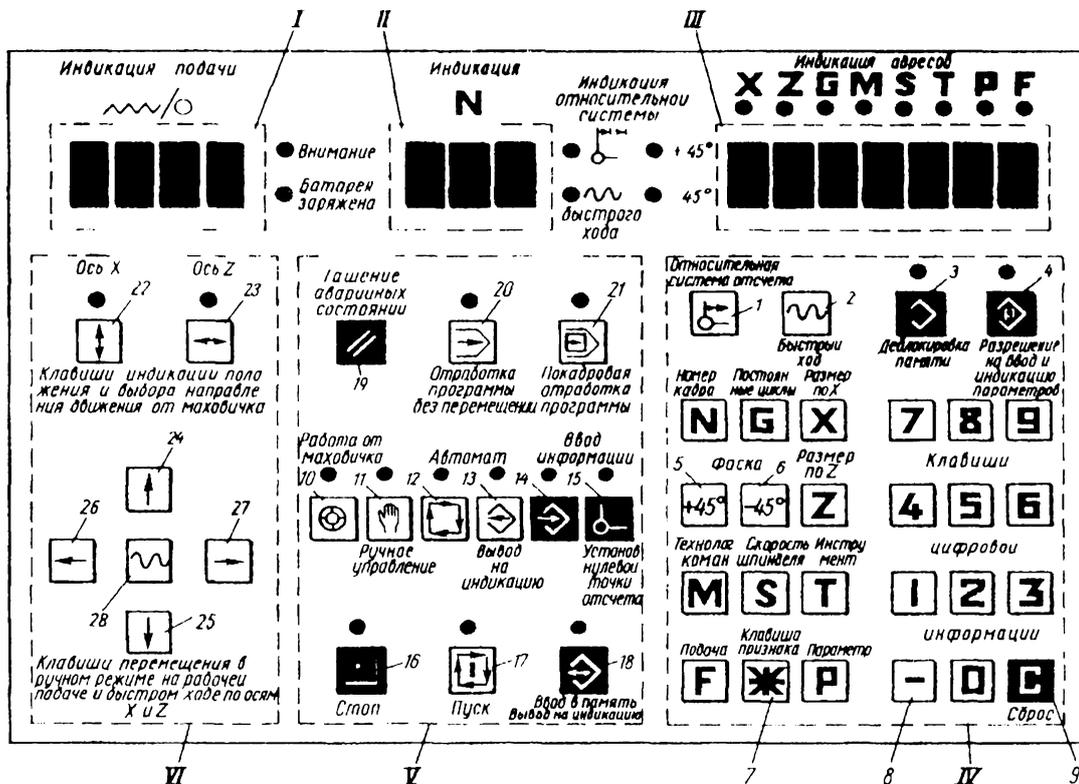


Рисунок 3 – Пульт управления устройства ЧПУ модели «Электроника НЦ-31»

11 – режим ручного толчкового и ускоренного перемещения револьверной головки путем нажатия клавиш из набора VI;

12 – автоматический режим (работа по программе);

13 – режим вывода кадров программы из памяти на индикатор III;

14 – режим ввода кадров программы в память;

15 – режим размерной привязки инструмента (задание нуля детали).

Три нижних клавиши набора V (с сигнальными лампочками) служат для управления работой системы ЧПУ:

16 – останов работы по программе;

17 – пуск программы в автоматическом режиме или выполнение технологических команд в ручных режимах;

18 – ввод в память или вывод на индикацию кадров программы в соответствующих режимах.

Три верхних клавиши набора V служат для задания подрежимов работы:

19 – гашение аварийных состояний, при которых горит лампочка «Внимание» справа от индикатора I;

20 – подрежим отработки программы без перемещений револьверной головки, но с выводом кадров программы на индикатор III;

21 – подрежим покадровой отработки программы.

Набор VI из семи клавиш служит для управления перемещениями револьверной головки в ручных режимах:

22 – задание перемещения по оси X в режиме работы от маховичка или вывод на индикатор III координаты револьверной головки по оси X в автоматическом режиме. При нажатии этой клавиши загорается лампочка рядом сверху и горит до повторного нажатия;

23 – задание перемещения по оси Z в режиме работы от маховичка или вывод на индикатор III координаты револьверной головки по оси Z в автоматическом режиме. При нажатии этой клавиши загорается лампочка рядом сверху и горит до повторного нажатия;

24 – толчковое перемещение револьверной головки в ручном режиме по оси X к оси шпинделя с рабочей подачей;

25 – толчковое перемещение револьверной головки в ручном режиме по оси X от оси шпинделя с рабочей подачей;

26 – толчковое перемещение револьверной головки в ручном режиме по оси Z к шпинделю с рабочей подачей;

27 – толчковое перемещение револьверной головки в ручном режиме по оси Z от шпинделя с рабочей подачей;

28 – ускоренное перемещение револьверной головки в ручном режиме, при условии одновременного нажатия одной из четырех предыдущих клавиш.

Справа от индикатора I расположены две сигнальные лампочки: лампочка «Внимание», сигнализирующая об ошибках и аварийных ситуациях; лампочка «Батарея заряжена», сигнализирующая о разрядке аккумулятора питания оперативной памяти.

3.2. Разработка технологических операций механической обработки деталей на токарных станках с ЧПУ

3.2.1. Выбор заготовки и метода ее получения

Выбор вида заготовки и метода ее получения определяется следующими факторами: возможная степень приближения заготовки по форме и размерам к готовой детали, материал детали, стоимость заготовки, тип производства.

В первую очередь выбирается несколько технически приемлемых методов получения заготовки, с учетом возможности обеспечения требуемых физико-механических свойств материала детали и его технологических свойств.

Например, заготовки чугуновых деталей из-за низкой пластичности чугунов не получают обработкой давлением. В таком случае приемлемыми являются лишь методы литья. К тому же чугуны обладают хорошими литейными свойствами (малая усадка, хорошая жидкотекучесть, малая вероятность пригара и др.), что позволяет получать отливки высокого качества и степени приближения к детали. Большинство сталей обладает невысокими литейными свойствами, что затрудняет получение точных и приближенных к детали отливок, с равномерной по объему плотностью и химическим составом. Пластичность большинства сталей хорошая. Однако хорошая пластичность в горячем состоянии позволяет получать поковки без внутренних дефектов с равномерными по объему свойствами.

Рациональная степень приближения заготовки к детали зависит от технологических свойств материала, технологических ограничений метода на сложность формы заготовки, уровня затрат на приближение заготовки.

Одним из важнейших технологических ограничений по приближению заготовки к детали является минимально возможный диаметр (ширина) внутренней полости в поковках и отливках. Для стальных деталей типа втулок, фланцев, стаканов с отверстиями диаметром до 30 мм и небольшим перепадом диаметров наружных поверхностей в условиях среднесерийного производства рекомендуется использовать штучные заготовки, полученные резкой круглого горячекатаного или калиброванного проката на фрезерно-отрезных, ленточнопильных, абразивно-отрезных станках. Это объясняется тем, что получение отверстий диаметром до 30 мм в поковках технически невозможно, а увеличение стоимости поковки по сравнению с прокатом не окупается небольшой экономией металла при малых перепадах диаметров наружных поверхностей. Возможность и экономическая целесообразность большего приближения заготовки к готовой детали появляется при диаметрах отверстий указанных деталей, превышающих 30 мм, и при существенных (более 5...10 мм) перепадах наружных диаметров. Это приближение обеспечивается получением поволоков на кривошипных горячештамповочных прессах или горизонтально-ковочных машинах.

Получение отливок практически без ограничений по их материалу, сложности формы, габаритам, массе, возможно литьем в песчано-глинистые формы. Но из-за низкой трудоемкости этот метод часто оказывается экономически неэффективным в серийном и массовом производстве по сравнению со специальными методами литья.

В серийном и массовом производстве для деталей несложной формы из чугунов и цветных сплавов, обладающих хорошими литейными свойствами, приближение заготовки к детали обеспечивается литьем в многоазовые формы (литье в кокиль, гипсовую форму, графитовую форму, центробежное литье, литье под давлением и др.).

Ограничения на диаметры отверстий в отливках, полученных в песчано-глинистых формах:

в отливках из чугуна: $d_{отв} \geq 10$ мм при толщине стенки до 10 мм; $d_{отв} \geq 10$ мм при толщине стенки 10...30 мм;

в отливках из стали: $d_{отв} \geq 25$ мм при толщине стенки до 40 мм; $d_{отв} \geq 30$ мм при толщине стенки более 40 мм.

Другие технологические ограничения, характерные для методов получения заготовок, в [1, 2, 11]. Области рационального использования методов приведены в [11].

Из нескольких технически приемлемых видов заготовки и методов их получения наилучшим будет тот, при котором себестоимость детали, равная сумме стоимости заготовки и затрат на последующую обработку, окажется минимальной. Обычно в серийном и массовом производстве экономически целесообразно максимально приблизить заготовку к готовой детали, так как трудоемкость и себестоимость основных методов литья и обработки давлением ниже, по сравнению с механической обработкой. В таких условиях низкая стоимость простой по форме (не приближенной к детали) заготовки не окупает увеличение затрат на механическую обработку.

С учетом указанных сведений и сведений из стандартов [1, 2] следует выбрать наиболее приемлемый для заданной детали и типа ее производства вид заготовки и метод ее получения. Затем следует разработать ее форму (приближенную к детали), определить положение разъемов штампа или литейной формы относительно элементов заготовки, назначить класс точности, группу сложности, припуски, допуски, технологические уклоны, сформировать эскиз заготовки.

3.2.2. Выбор методов обработки и состава технологических переходов обработки поверхностей деталей

Метод обработки резанием характеризуется двумя основными факторами: видом применяемого инструмента; определенным набором относительных формообразующих движений инструмента и заготовки. Методы обработки, которые можно реализовать на станке данной модели, приведены в пункте 3.1.

Методы обработки и состав переходов выбирают для каждой поверхности детали отдельно в зависимости от её формы, требуемой точности и шероховатости, механических свойств материала детали, требуемого уровня производительности для принятого типа производства, точности и качества поверхности заготовки, а также с учетом достижения рационального уровня унификации методов.

В первую очередь выбирают методы обработки, пригодные для получения требуемой формы и расположения обрабатываемой поверхности.

Дальнейший отбор методов обработки производят с учетом обеспечиваемой точности и качества поверхности по таблицам средней экономической точности обработки [11]. В этих таблицах указаны квалитеты точности и технологические допуски диаметров поверхностей вращения (или размеров между чистовыми технологическими базами и обрабатываемыми поверхностями), технологические допуски формы и расположения поверхностей, шероховатость поверхностей, получаемые методами механической обработки в нормальных производственных условиях.

Руководствуясь такими таблицами, сначала выбирают несколько возможных методов окончательной обработки, способных обеспечить точность размеров, формы, расположения, шероховатость, физико-механические свойства, указанные на чертеже детали для данной поверхности или на один квалитет (степень точности) лучше.

Точные методы обработки, как правило, требуют наличия предварительных (подготовляющих) методов, состав которых определяется с учетом точности и качества исходной заготовки на основе принципа последовательного уточнения, а также с учетом величины припусков и напусков.

Все методы, принятые для мехобработки определенной поверхности заготовки, должны уменьшить рассеяние ее размера, отклонений формы, отклонений расположения до уровня соответствующих параметров детали. Точность геометрических параметров улучшается после однократного чернового прохода любым методом в среднем на 2-3 квалитета или степени точности при обработке сталей и на 3-4 квалитета при обработке

чугунов и цветных сплавов. После отдельного последующего прохода любым методом точность обычно повышается на 1-2 квалитета при обработке сталей и на 2-3 квалитета при обработке чугунов и цветных сплавов.

С учетом сказанного выбор промежуточных методов обработки производят следующим образом. Прибавив к квалитету размера детали 1 или 2 квалитета (2 или 3 квалитета при обработке чугуна или цветных сплавов), на которые возможно уточнение при окончательном методе обработки, получают квалитет, который необходимо получить предшествующим методом (на предшествующем переходе) и по таблицам точности определяют этот метод. Далее аналогично определяют еще более ранние методы обработки и соответствующие им квалитеты, до тех пор, пока не получится квалитет, равный или превышающий квалитет, соответствующий допуску размера заготовки.

Аналогично можно выбрать состав методов обработки для обеспечения степеней точности формы и расположения поверхности детали. Если для достижения точности размера, точности формы, точности расположения данной поверхности требуются разные составы методов обработки, то для дальнейшего рассмотрения принимается наибольший по числу методов (технологических переходов) состав.

Если какой-либо квалитет или степень точности можно обеспечить разными методами, то из них выбирают метод, наиболее соответствующий по уровню производительности и себестоимости принятому типу производства. Для среднесерийного и мелкосерийного типов производства, при которых рекомендуется использовать станки с ЧПУ, рекомендуется принимать недорогие методы обработки, выполняемые немерными универсальными инструментами, при среднем уровне производительности. Если необходимо выбрать один из методов, имеющих одинаковые уровни точности, производительности, стоимости, то следует предпочесть метод, аналогичный выбранным ранее для данной или другой поверхности, то есть стремиться к унификации методов. Это позволит сократить разнообразие необходимых инструментов, приспособлений, станков и будет способствовать концентрации операций.

При необходимости удаления больших напусков число черновых проходов определяют делением напуска на максимально допустимую по паспорту предполагаемого станка глубину резания.

3.2.3. Выбор технологических баз

Целесообразно базы для окончательных методов обработки выбирать в первую очередь, затем - базы для промежуточной обработки, и в последнюю очередь - базы для черновой обработки.

Выбор чистовых технологических баз для обработки деталей на настроенных станках в серийном производстве проводят с учетом следующих правил.

1. С целью повышения точности взаимного расположения поверхностей детали необходимо соблюдать принцип совмещения (единства) баз, то есть в качестве технологической базы для выполнения чистового перехода следует принимать одну из двух границ (измерительных баз) выдерживаемого на этом переходе чертежного размера, определяющего положение обрабатываемой поверхности (или границу допуска ее расположения). Выбирая базы с учетом этого принципа по всем шести координатным направлениям, получают комплект технологических баз.

2. Необходимо соблюдать принцип постоянства технологических баз, то есть стремиться к тому, чтобы использовать один и тот же комплект технологических баз при обработке большинства поверхностей детали. Это способствует повышению точности взаимного расположения поверхностей детали, сокращению разнообразия станочных приспособлений и количества установов в техпроцессе.

В ряде случаев можно отступить от принципов совмещения и постоянства баз, ради того, чтобы упростить конструкцию станочного приспособления, снизить трудоемкость установки заготовки в приспособлении, повысить уровень концентрации технологических переходов в операции, обеспечить доступ инструментов к границам выдерживаемого размера и т.п. Однако при этом точность чертёжных размеров должна быть обеспечена.

3. Желательно базировать заготовку по наиболее точным поверхностям, для уменьшения погрешности базирования.

4. Желательно базировать заготовку по поверхностям, расположенным ближе к местам приложения сил резания, чтобы уменьшить ее деформации.

5. Следует выбирать базы с учетом обеспечения доступа инструмента ко всем поверхностям, намеченным для обработки при данном базировании, создавая условия для максимальной концентрации переходов в операции. Кроме повышения точности взаимного расположения поверхностей, применение этого правила позволит сократить затраты на переустановки и межоперационное транспортирование заготовки, сократить необходимое количество оборудования и оснастки.

6. Следует выбирать базы с учетом обеспечения быстрой и удобной установки заготовки в приспособление, по возможности используя неполное базирование, если в некоторых направлениях размеры при обработке не выдерживаются.

Когда эти правила невозможно выполнить одновременно, их приоритет выбирают исходя из конкретных обстоятельств, при условии достижения требуемой точности.

Такие же правила используют при выборе промежуточных технологических баз.

При выборе черновых баз (поверхностей заготовки, используемых для базирования при подготовке промежуточных или чистовых баз) следует учитывать правила выбора чистовых баз и еще ряд дополнительных правил:

1) черновую базу можно использовать только один раз для базирования заготовки в определённом координатном направлении. В противном случае, большая погрешность базирования по грубой базе приведет к большой погрешности взаимного расположения поверхностей, обработанных при разных установках от этой базы;

2) в качестве черновых баз следует выбирать поверхности, относительно которых удобно обработать чистовые или промежуточные базы принятым методом;

3) в качестве черновых баз необходимо применять наиболее точные поверхности заготовки без следов прибулей, питателей, облоя и т.п.;

4) в качестве черновой базы следует выбирать ту поверхность заготовки, после обработки которой формируется наиболее точная и ответственная поверхность детали. Это обеспечит равномерность припуска при последующей обработке данной поверхности от чистовых баз и будет способствовать получению высокой точности этой поверхности;

5) в качестве черновой базы желательно принимать поверхность заготовки с минимальным припуском, чтобы при последующей обработке обеспечить равномерность этого припуска и избежать необработанных участков на данной поверхности заготовки;

6) в качестве черновых баз желательно принимать поверхности детали, которые не обрабатываются резанием. Это позволит обеспечить правильное положение системы обрабатываемых поверхностей относительно необрабатываемых.

Приоритет этих правил устанавливается с учетом конкретных условий обработки.

Творчески применяя данные правила, следует выбрать и обосновать минимально достаточное количество комплектов технологических баз при выполнении всех переходов принятыми методами обработки.

Результаты выбора баз для всех методов обработки поверхностей детали оформляются в виде схем базирования и закрепления. Число идеальных опорных точек, приложенных к каждой базе, должно соответствовать числу координат, по которым база ориентирует деталь (числу лишаемых степеней свободы) в соответствии с ГОСТ 21495-76. Места приложения и направления сил зажима выбирают с учетом обеспечения плотного контакта баз с установочными элементами приспособления (силового замыкания), исключения произвольной смены баз, исключения больших деформаций заготовки, обеспечения доступа инструмента к обрабатываемым поверхностям. После этого намечают состав установочных и зажимных элементов, необходимый для реализации каждой схемы базирования и закрепления.

Выбор баз при обработке втулок на токарных станках с ЧПУ выполняется с учетом обеспечения соосности наружных и внутренних поверхностей вращения друг с другом и с осью шпинделя, а также обеспечения точности осевых размеров между торцами цилиндров и конусов. Поэтому в качестве чистовых баз обычно принимается ось крайнего, предварительно обработанного наружного или внутреннего цилиндра, от которого задано радиальное биение других ответственных поверхностей вращения, и примыкающий к нему торец. При этом должен обеспечиваться доступ инструмента ко всем поверхностям, намеченным для обработки при данном базировании. Если указанный цилиндр имеет небольшую длину при большом диаметре, то он способен обеспечить ориентацию заготовки только по двум координатным направлениям, перпендикулярным оси шпинделя Z_c , и является двойной упорной базой. При этом примыкающий торец большого диаметра способен обеспечить угловую ориентацию по поворотам вокруг указанных двух осей и вдоль оси Z_c и является установочной базой. Ориентация по углу поворота вокруг оси шпинделя не требуется, так как в этом направлении не выдерживается при обработке на токарном станке ни один размер. В таком случае на схеме базирования к оси базового цилиндра прикладываются две идеальные опорные точки, а к торцу – три идеальные опорные точки. Шестая опорная точка условно изображается за контуром заготовки. При длинном базовом цилиндре и малом диаметре примыкающего торца ось цилиндра является двойной направляющей базой, а торец – упорной базой. На схеме базирования к оси цилиндра прикладываются четыре идеальные опорные точки, а к торцу – одна. Такое базирование реализуется при установке заготовки в трехкулачковый самоцентрирующий патрон, или цанговый патрон, обеспечивающий более высокую точность центрирования. Аналогично заготовки втулок базируют по необработанным поверхностям при подготовке чистовых баз.

3.2.4. Выбор порядка технологических переходов в операции и структуры операции

Для операций, относящихся к черновой и получистовой стадиям обработки, желательно добиться максимально возможной концентрации переходов, учитывая возможности предполагаемого оборудования (емкость инструментального магазина, число шпинделей, число и расположение суппортов, мощность приводов и т. п.). Токарные станки с ЧПУ, оснащенные многоинструментными револьверными головками, позволяют выполнить обработку большинства основных и второстепенных поверхностей втулок за 1 или 2 установка с максимальной последовательной концентрацией переходов. Если емкость револьверной головки принятого станка меньше числа инструментов, требуемых для выполнения переходов выделенных в операцию, то приходится разделять эти переходы по нескольким операциям.

Для операций, выполняемых на станках с ЧПУ, характерно понятие инструментального перехода, под которым понимают совокупность рабочих и вспомогательных ходов одного инструмента при обработке нескольких однотипных поверхностей одной детали.

Последовательность выполнения технологических переходов в техпроцессе в целом и в отдельной операции определяется с учетом принципа деления техпроцесса на стадии обработки, принципа максимально возможной концентрации переходов в одной операции (или установе), принципа технологической предпочтительности, принципа однократного использования черновых баз, принципа решающего перехода.

Руководствуясь указанными принципами, последовательность переходов в отдельной операции обычно выбирается с учетом следующих правил:

-- в первую очередь (на первом установе) следует подготовить комплект технологических баз для обработки на последующих установках;

– сразу после подготовки баз следует обрабатывать поверхности, с которых снимаются наибольшие припуски и напуски. Это позволит обеспечить более полное перераспределение внутренних напряжений перед чистовой или отделочной обработкой, а также раньше выявить внутренние дефекты материала заготовки;

– далее обработку поверхностей детали следует вести в последовательности, обратной их точности (чем точнее, тем позже), учитывая хронологию появления принятых технологических баз;

– предыдущие переходы должны создавать благоприятные условия для последующих переходов;

– последующие переходы должны улучшать качество обрабатываемых поверхностей и не должны ухудшать качество ранее полученных поверхностей;

– обработка мелких, легкоповреждаемых элементов детали (резьбы, отверстия, шпоночные пазы, расточки и т. п.) производится по возможности ближе к концу операции;

– контроль, как правило, следует выполнять после каждой стадии обработки, после переходов, на которых вероятен брак, а также перед сложными и дорогостоящими переходами.

Для операций, выполняемых на токарных станках с ЧПУ, типовым считается следующий порядок инструментальных переходов:

- 1) черновое точение наружных поверхностей вращения и их торцов;
- 2) черновая обработка внутренних поверхностей вращения;
- 3) черновое точение кольцевых канавок;
- 4) черновое точение торцовых и угловых канавок;
- 5) черновое точение резьб;
- 6) чистовое точение торцовых и кольцевых канавок;
- 7) чистовое точение резьб;
- 8) чистовое точение наружных поверхностей вращения и их торцов;
- 9) чистовая обработка внутренних поверхностей вращения.

Для сокращения общих затрат времени на холостые ходы суппорта и повороты револьверной головки инструментом, вызванным в рабочее положение, по возможности сразу обрабатывают все предназначенные и доступные для него поверхности.

После определения хронологического порядка переходов следует распределить их по отдельным установкам и позициям (определить структуру операции), с учетом конструкции детали, схем базирования, технологических возможностей станка. При этом в

один установ можно включать переходы, обладающие общим набором следующих признаков: принадлежность к одной стадии обработки; одинаковость метода обработки или набора формообразующих движений, позволяющая применять одинаковое оборудование, вспомогательные и режущие инструменты; общность схемы базирования и закрепления, позволяющая использовать одно приспособление.

В одну позицию объединяют переходы, которые можно выполнить при неизменном положении заготовки и рабочего органа станка, несущего заготовку, в рабочей зоне станка.

Предварительно принятая модель станка может быть скорректирована, если она не позволяет реализовать принятую рациональную структуру операции.

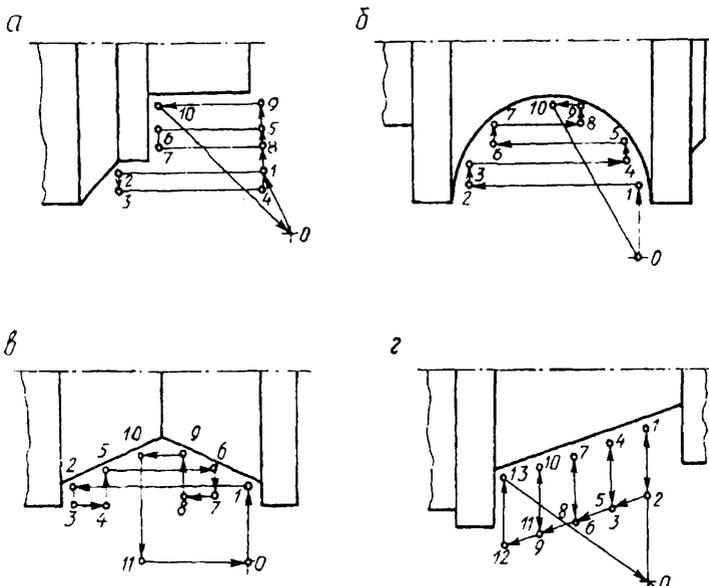
Состав рабочих и вспомогательных ходов и схема движений инструмента для удаления напусков и припусков в пределах каждого инструментального перехода составляется с учетом различия контуров детали и заготовки, форм рабочих частей предполагаемых инструментов, требуемой точности и качества поверхностей детали. Для этого область между контурами детали и заготовки разбивается на зоны, из которых материал целесообразно удалять разными инструментами. Эти зоны могут быть открытыми, полуоткрытыми, закрытыми и контурными. Открытые зоны ограничены остающимся материалом с одной стороны, полуоткрытые – с двух сторон, закрытые – с трех сторон. Контурные зоны ограничены деталью и эквидистантой к ее поверхности, отстоящей на величину припуска на полустистовую или чистовую обработку.

Материал из открытых, полуоткрытых, закрытых зон срезается по одной из следующих типовых схем движений инструмента при многопроходной обработке (рис.4).

Схема «петля» характеризуется многократным чередованием рабочего продольного хода, отвода от оси заготовки, холостого продольного обратного хода и подвода к оси с учетом глубины резания нового рабочего хода. По этой схеме работают проходными правыми или левыми резцами, режущими лишь в одном направлении (справа налево или наоборот). Схема «зигзаг» характеризуется чередованием рабочего продольного хода, подвода к оси на новую глубину резания, рабочего хода в обратном продольном направлении и т.д. По этой схеме обычно удаляют материал из глубоких закрытых зон чашечными резцами, способными резать в обоих направлениях. Схема «виток» характеризуется тем, что после продольного рабочего хода в одном направлении выполняется отвод, короткий холостой обратный ход, подвод на новую глубину резания, рабочий обратный ход и т.д. По этой схеме обычно удаляют материал из неглубоких закрытых зон с пологими боковыми границами чашечными резцами. Схема «спуск» используется для удаления материала из глубоких закрытых зон (кольцевых канавок глубиной более 5 мм, шириной до 30 мм) с помощью канавочных резцов и характеризуется чередованием рабочего поперечного хода, обратного поперечного холостого хода, продольного холостого хода и т.д. При ширине канавки более 30 мм сначала канавочным резцом прорезают канавку около 10 мм, а остальной материал снимают проходным резцом за несколько проходов.

Черновую обработку канавок между наружными цилиндрами детали глубиной до 5 мм и шириной до 30 мм выполняют канавочным резцом с продольной подачей за два прохода, а при большей длине – проходным резцом за два прохода.

Торцовые канавки начерно обрабатывают канавочными резцами по аналогичным схемам. Угловые канавки точат специальными канавочными резцами, движущимися под углом к оси детали. Окончательную обработку канавок во всех случаях проводят канавочными резцами по контуру.



а – «петля»; б – «зигзаг»; в – «виток»; г – «спуск»

Рисунок 4 – Типовые схемы движения инструментов при многопроходной обработке

После удаления основной части припусков и напусков для получения более высокой точности основных поверхностей вращения их последовательно обрабатывают одним чистовым контурным резцом.

3.2.5. Выбор станочного приспособления

Конструкция выбираемого станочного приспособления должна обеспечить реализацию принятой для выполнения операции схемы базирования и закрепления. Эта схема позволяет определить вид и количество установочных и зажимных элементов (упоров, пальцев, призм, кулачков, прижимов, прихватов и т.п.), требующихся в конструкции приспособления, а также их взаимное расположение и направления движения при закреплении заготовки. На основе этих данных в первую очередь следует оценить возможность использования одной из конструкций приспособлений, относящихся к системе универсальных безналадочных приспособлений (УБП), к которой относятся трехкулачковые и четырехкулачковые патроны, планшайбы, центры, поводковые патроны, машинные тиски, магнитные плиты и патроны и т.д. Конструкции таких приспособлений стандартизованы, изготавливаются централизованно и поэтому дешевы. Характеристики таких приспособлений приведены в справочниках [12, 13].

Если применение УБП нерационально (большая трудоемкости закрепления, неудобство использования, большая металлоемкость и т.п.) или технически невозможно (несоответствие схеме базирования и закрепления, большие габариты, малая точность установки заготовки и т.п.), то систему станочных приспособлений выбирают по графику зон их рентабельности в соответствии с ГОСТ 14.305-73 [13].

В случае выбора системы универсально-сборных приспособлений УСП или сборно-разборных приспособлений (СРП), состоящих из комплекта нормализованных деталей и сборочных единиц, то с учетом модели станка, схемы базирования и закрепления заготовки выбирают состав и компоновку приспособления, используя альбомы типовых компоновок [13].

В случае выбора одной из оставшихся систем (универсально-наладочных приспособлений (УНП), специализированно-наладочных приспособлений (СНП), неразборных специальных приспособлений (НСП)) конструкция приспособления проектируется особо.

Для обработки втулок, дисков, стаканов, фланцев на станках с ЧПУ в мелкосерийном производстве обычно используют стандартные трехкулачковые патроны с ручным зажимом и переналаживаемые трехкулачковые патроны (рычажные и клиновые) со сменными кулачками и с пневмоприводом зажима заготовок. Их выбирают по диапазону диаметров устанавливаемых заготовок, по диаметру посадочного конуса или цилиндра, шпинделя станка, по развиваемой силе зажима.

3.2.6. Выбор режущего инструмента

Выбор начинают с обоснования вида, формы и размеров его рабочей части, с учетом формы и размеров обрабатываемой поверхности, принятого метода обработки, доступа инструмента к обрабатываемой поверхности, структуры операции, желательного направления силы резания и направления схода стружки. Предпочтение следует отдавать стандартным и нормализованным инструментам с неперетачиваемыми пластинами инструментального материала [6, 7, 12]. Специальный режущий инструмент, как правило, на станках с ЧПУ не применяется. Затем выбирается марка инструментального материала с учетом материала детали, метода обработки и условий резания по рекомендациям [8, 12]. Далее по стандартам и справочникам [6, 7, 12] определяют форму и размеры державки или хвостовика с учетом размеров гнезд шпинделей, резцедержателей, оправок и т.п.

Типы резцов, рекомендуемые для обработки поверхностей вращения разных форм на станках с ЧПУ, приведены на рисунке 5:

1 – резец проходной, правый, отогнутый с $\varphi = 45^\circ$ (для точения наружных цилиндров, конусов, торцов, фасок);

2 – резец контурный с параллелограммной пластиной с $\varphi = 93...95^\circ$ (для точения наружных цилиндров, конусов, обратных конусов с углом спада до 30° , сферы, галтели, торцы при движении от центра к периферии);

3 – резец контурный с параллелограммной пластиной с $\varphi = 63^\circ$ (для точения полушфер и конусов с углом спада до 57°);

4 – резец резьбовой с ромбической пластиной (для точения резьб с шагом 2...6 мм);

5 – резец резьбовой (для точения внутренних резьб диаметром более 35 мм с шагом до 2 мм);

6 – резец расточной с ромбической пластиной, с $\varphi = 95^\circ$ (для растачивания сквозных отверстий и выточек);

7 – резец расточной с трех- и четырехгранной пластиной (для растачивания отверстий диаметром от 22 мм);

8 – резец проходной, левый, отогнутый с $\varphi = 45^\circ$ (для точения наружных цилиндров, конусов, торцов, фасок);

9 – резец канавочный (для проточки прямых наружных канавок шириной 1..6 мм);

10 – резец контурный с трехгранной равносторонней пластиной с $\varphi = 93^\circ$ (для точения наружных цилиндров, конусов, фасонных поверхностей)

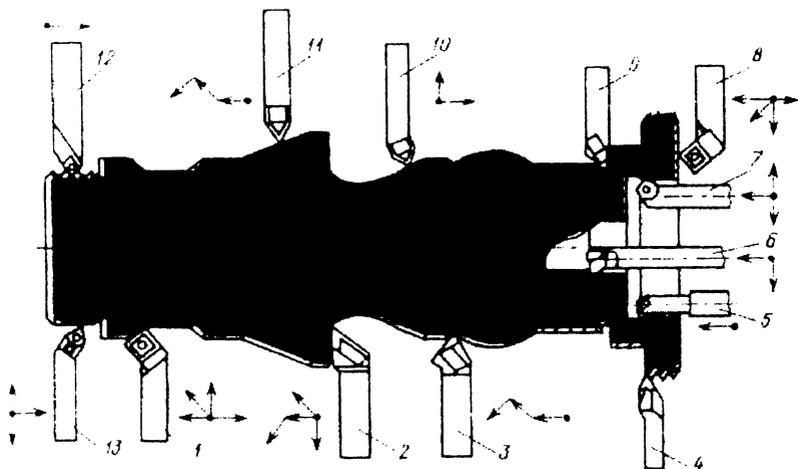


Рисунок 5 – Типы резцов, применяемых для точения типовых поверхностей вращения

11 – резец контурный с трехгранной равносторонней пластиной с $\phi = 63^\circ$ (для точения наружных цилиндров, конусов, фасонных поверхностей);

12 – резец резьбовой с прямоугольной пластиной (для точения резьб с шагом до 2 мм);

13 – проходной левый (или правый) с треугольной пластиной неправильной формы (для точения цилиндров, конусов, фасонных поверхностей, торцов, при движении от периферии к центру).

3.2.7. Выбор вспомогательных инструментов

Конструкции многих вспомогательных инструментов (инструментальные оправки, инструментальные патроны, переходные втулки и др.) стандартизованы и выбираются по соответствующим стандартам или справочнику [6, 7]. При этом вспомогательные конструкторские базы выбираемого вспомогательного инструмента должны по форме и размерам соответствовать установочным элементам режущего инструмента, а его основные конструкторские базы должны соответствовать гнездам рабочих органов станка, несущих инструмент. При необходимости использования специального вспомогательного инструмента следует обосновать и кратко описать особенности его конструкции и его преимущества.

Обычно резцы для наружного точения с державками прямоугольного сечения 20x20 мм, 25x20 мм устанавливаются в пазы револьверной головки станка модели 16Б16Т1 непосредственно, без вспомогательного инструмента.

Расточные резцы, сверла, зенкеры, развертки устанавливаются в револьверную головку с помощью инструментального блока марки АД.382.000 по ТУ2035-297-72 (рис. 6) с размерами: В=105 мм; Н=130; L=100 мм; d=48 мм. Призматический выступ инструментального блока устанавливается в один из шести пазов револьверной головки. Одновременно в револьверную головку может быть установлено не более трех инструментальных блоков. Расточные резцы устанавливаются в цилиндрическое отверстие блока диаметром d и закрепляются винтами, находящимися в резьбовых отверстиях блока. Стержневой режущий инструмент устанавливается в отверстие диаметром d через переходные втулки.

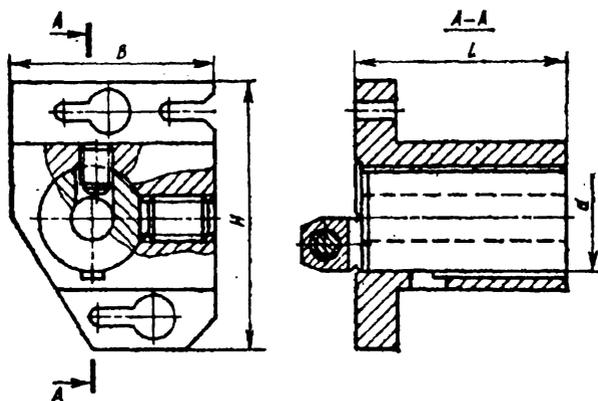


Рисунок 6 – Инструментальный блок для установки расточных резцов и стержневых инструментов в револьверную головку

3.2.8. Выбор средств контроля

В мелкосерийном производстве при выборочном и сплошном контроле обычно используют универсальные измерительные средства (при возможности реализации требуемой схемы измерения). В среднесерийном производстве универсальные измерительные средства можно применять при выборочном контроле, а специальные контрольные средства (калибры, шаблоны, контрольные приспособления) - при сплошном контроле. Конкретная конструкция (модель) контрольного средства выбирается с учетом требуемой схемы измерения параметра детали и его точности. Типовые схемы измерения геометрических параметров деталей и средства для их реализации приведены в [10]. Результат измерения признается достоверным, если погрешность измерения Δ_n не превышает допустимого значения $[\Delta_n]$, принимаемого в зависимости от допуска контролируемого параметра [10, 12]. Погрешности измерения универсальными измерительными средствами (Δ_n) приведены в [10].

3.2.9. Выбор смазочно-охлаждающих средств

Выбор средств охлаждения ведут по рекомендациям [9].

3.2.10. Определение режимов резания

Глубина резания t для отдельного рабочего хода по обрабатываемой поверхности определяется как доля от величины общего припуска или напуска с учетом количества проходов (чернового, получистового, чистового). Обычно общий припуск (напуск) Z распределяется между проходами в следующих долях: при двух проходах – $t_1=0,7Z$ и $t_2=0,3Z$; при трех проходах – $t_1=0,5Z$; $t_2=0,3Z$; $t_3=0,2Z$; при четырех проходах – $t_1=0,4Z$; $t_2=0,3Z$; $t_3=0,2Z$; $t_4=0,1Z$. При этом глубина резания для любого прохода не должна превышать максимально возможную на данном станке (5 мм). Скорость подачи (в мм на оборот) и нормативная стойкость определяются по таблицам нормативов [8]. Расчет поправочных коэффициентов, расчет скорости резания, сил (моментов) резания выполняется по эмпирическим

формулам [12], или их значения принимаются по таблицам нормативов [8]. Частоты вращения инструмента или заготовки, скорости подач корректируются по паспорту станка. Определяется мощность резания [8, 12] и проверяется возможность реализации обработки с рассчитанными режимами на принятом станке. Если расчетная мощность превышает мощность привода станка, уменьшают подачу или скорость резания.

3.3. Разработка управляющих программ для системы ЧПУ модели «Электроника НЦ-31»

3.3.1. Этапы подготовки программ

Исходными документами для подготовки управляющей программы являются чертеж детали и операционные технологические карты с информацией о заготовке, станке с ЧПУ, приспособлении, методах и режимах обработки, применяемых режущих и вспомогательных инструментах, последовательности технологических и вспомогательных переходов.

Разработка программы включает несколько этапов:

1. Выбор систем координат детали и инструментов.
2. Выбор центров инструментов, разработка траекторий движений инструментов и расчет координат их опорных точек.
3. Кодирование информации о перемещениях инструментов и условиях обработки, формирование кадров программы.
4. Ввод программы в устройство ЧПУ или запись на программноноситель.
5. Наладка станка с ЧПУ на обработку по составленной программе, привязка систем координат детали и инструмента к системе координат станка.
6. Отработка программы в тестовом режиме и ее корректировка.
7. Обработка пробной детали и корректировка программы.

3.3.2. Выбор системы координат детали

Чтобы технолог мог при составлении программы обработки задавать координаты точек траектории инструмента, используя лишь чертеж детали (без учета размеров станка и оснастки), используется система координат детали $X_d O_d Z_d$ (рисунок 2). Для упрощения взаимосвязи систем координат станка и детали принимают одинаковые направления осей координат этих систем.

В качестве начала системы координат детали O_d (нуля детали или заготовки) следует выбирать ее точку, отвечающую следующим требованиям:

- 1) нуль детали во время ее установки в рабочую зону станка должен совпадать с такой точкой этой зоны, от которой при размерной привязке инструмента можно с помощью шаблона или измерительного средства легко и точно задать определенное положение инструмента. Информация о положении нуля детали вводится в систему ЧПУ во время наладки станка в режиме размерной привязки инструментов. Возможность смещать нуль детали в любую точку рабочей зоны станка обеспечивается функцией плавающего нуля системы ЧПУ;
- 2) нуль детали должен занимать наиболее стабильное положение в рабочей зоне станка для всех экземпляров деталей в партии, обрабатываемых по одной программе. Известно, что такой стабильной точкой является точка пересечения технологических баз, положение которых определяется неизменным, в пределах партии, станочным

приспособлением. Положение других элементов детали для разных ее экземпляров в партии менее стабильно из-за погрешностей их размеров. Поэтому нуль детали рекомендуется принимать в точке пересечения технологических баз или на строго фиксированном расстоянии от нее;

3) нуль детали должен обеспечить удобство и легкость определения координат точек траектории инструмента. Для этого нуль детали следует переносить из точки пересечения технологических баз в номинальное положение той точки детали, которая является границей большинства чертежных размеров детали, получаемых при программируемой обработке. В таком случае эти чертежные размеры часто сами являются координатами точек траектории инструмента, или такие координаты легче рассчитать, исходя из чертежных размеров. При этом следует учесть, что нуль детали из-за рассеяния ее действительных размеров не у всех деталей партии совпадет с реальными поверхностями и положение траектории инструмента не будет стабильным относительно этих поверхностей. На чертежах симметричных деталей положение большинства поверхностей задается в диаметральном или радиальном выражении от осей симметрии, которые часто являются технологическими базами при обработке таких деталей. Поэтому нуль таких деталей целесообразно принимать на оси симметрии или в точке пересечения осей симметрии. Также нуль детали удобно выбирать так, чтобы большинство точек траектории инструмента имели положительные координаты.

С учетом указанных требований при обработке валов, втулок, дисков на токарных станках с ЧПУ нуль детали обычно принимается на пересечении торца и оси поверхности, используемых для базирования (ось центровых отверстий, ось наружного или внутреннего цилиндра), например в точке Б на рисунке 2. Если большинство размеров, параллельных оси центрирующей базы и выдерживаемых при программируемой обработке, задано на чертеже детали от другого торца, не являющегося технологической базой, то нуль детали целесообразно перенести в номинальное положение точки пересечения этого торца с центрирующей базой.

3.3.3. Выбор центров инструментов и разработка траектории движения инструмента

В большинстве случаев контур обрабатываемой детали состоит из элементов, занимающих разные положения относительно осей координат станка. Поэтому эти элементы формируются разными точками режущих кромок инструмента, имеющими разные траектории в процессе единого движения револьверной головки. Единая траектория движения инструмента разрабатывается для одной его точки, называемой центром инструмента. Выбор центра инструмента следует выполнять с учетом:

- формы и расположения элементов получаемого контура детали;
- возможности совмещения траектории формообразующих движений центра инструмента с контуром детали;
- геометрии режущей части инструмента;
- удобства задания положения центра инструмента в системе координат инструмента при его установке на станок или при размерной настройке вне станка.

Прямые отрезки контуров деталей, обрабатываемых на токарных станках, параллельные осям X_d и Z_d , обычно получают проходными, подрезными, прорезными, расточными,

контурными резцами. Такие элементы контура формируется одной из двух точек дуги при вершине резца, касающихся двух прямых, параллельных осям X_d и Z_d . Если контур детали состоит только из таких прямых отрезков, сопряженных дугами с радиусом, равным радиусу вершины резца, то в качестве центра резца удобно принять точку P пересечения двух касательных к дуге при вершине резца, параллельных осям X_d и Z_d . (рис.7).

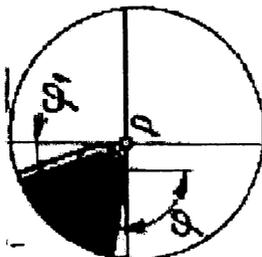


Рисунок 7 – Пример выбора центра резца в точке P пересечения касательных к дуге при вершине резца

Тогда траектория формообразующих движений такого центра резца будет совпадать с контуром детали (за исключением дуговых сопряжений прямых отрезков, копирующихся с резца), и ее не требуется специально разрабатывать. Положение такого центра резца легко контролировать и регулировать с помощью универсальных измерительных средств во время установки на станок.

Если требуется получить контур детали с участками, наклонными к осям координат станка (прямыми или криволинейными), то выбор центра контурного резца и его траектории ранее указанным способом приведет к искажению формы и размеров этих участков, так как они сформируются точками дуги вершины резца, а не центром инструмента. Чтобы использовать одинаковый способ разработки траектории инструмента для формирования всех отрезков такого контура с минимальными искажениями, в качестве центра контурного резца используется центр дуги его вершины. Траектория формообразующих движений такого центра будет эквидистантой, все точки которой удалены от контура детали на радиус вершины резца (если пренебречь износом инструмента).

Для стержневых инструментов (сверл, зенкеров, разверток), формирующих только прямые участки контура детали, параллельные оси Z станка, центром считается точка пересечения оси и крайнего торца рабочей части (для сверл - оси и поперечной режущей кромки). При этом траектория центра совпадает с осью получаемого отверстия, а положение центра легко контролировать и задавать с помощью универсальных измерительных средств во время установки на станок.

Эквидистантная формообразующая траектория центра инструмента обычно формируется из отрезков прямых, дуг окружностей, участков других криволинейных линий, подобных элементам контура детали, пересекающихся или касающихся друг друга. В ряде случаев в эквидистантную траекторию приходится включать переходные дуги окружностей или отрезки прямых, отсутствующие на контуре детали, но необходимые для сопряжения формообразующих элементов эквидистанты (рис. 8).

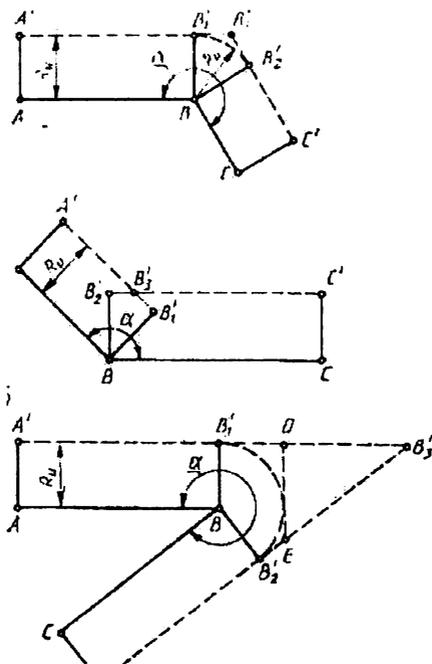


Рисунок 8 – Примеры сопряжения участков эквидистанты (пунктирная линия A'/B'C') к элементам контура детали ABC

Кроме эквидистанты к контуру детали, траектория центра инструмента должна содержать участки вспомогательных перемещений (подход к детали, отход от нее, переход к другой части детали и т. п.), часто выполняемых по прямой линии с ускоренной подачей. Точка траектории, из которой инструмент начинает движение по программе после смены инструмента, называется исходной точкой. Чтобы производить смену инструментов, в одном месте рабочей зоны совмещают исходную и конечную точку траектории. Положение исходной точки выбирают так, чтобы минимизировать протяженность вспомогательных перемещений, но исключить удары инструментов о деталь, приспособление или часть станка при повороте револьверной головки.

Точки траектории центра инструмента, в которых пересекаются или соприкасаются ее элементарные участки, в которых требуется изменение режима движения или остановка движения инструмента, называются опорными точками. Положение элементов траектории инструмента в рабочей зоне станка задается координатами ее опорных точек в системе координат детали. Рекомендации по расчету координат опорных точек приведены в [3, 4].

3.3.4. Структура управляющей программы, формат кадра и виды команд

Управляющая программа обработки записывается кадрами (отдельными строками), каждый из которых содержит кодированную информацию об отдельном элементарном действии рабочего органа станка (о применяемом инструменте, об условиях и режимах обработки, координатах перемещений и др.). Порядок кадров соответствует

последовательности автоматических действий станка. В программах, реализуемых системой ЧПУ «Электроника НЦ-31», отдельный кадр состоит из номера кадра (символ № и число, идентифицирующее кадр), а также из одной адресной команды (информационного слова, задающего информацию об отдельном действии станка и об условиях его выполнения). Одна команда обычно состоит из нескольких частей:

- адрес в виде латинской буквы, определяющий вид задаваемой информации;
- математический знак «+» или «-»;
- число, соответствующее виду движения, координате перемещения, скорости перемещения, условию обработки;
- специальный символ, соответствующий способу задания координат или виду движения.

При адресном способе записи команд буквенный адрес предшествует числовой информации. Управляющую программу рекомендуется составлять так, чтобы в последующих кадрах указывались только новые характеристики обработки, отличающиеся от характеристик, указанных в предыдущих кадрах. Для кодирования информации используются коды ИСО.

Для записи команд в данной системе ЧПУ используются следующие буквенные адреса:

N – адрес номера кадра;

F – адрес скорости подачи револьверной головки с инструментом или шага нарезаемой резьбы;

G – адрес подготовительной команды. Подготовительные команды, задают виды движений или типовых циклов движений рабочих органов станка, способы задания режимов обработки, подрежимы работы устройства ЧПУ и др. Подготовительные команды задаются адресом G и двузначным десятичным кодом. Обозначения и смысловые значения подготовительных команд, реализуемых данной системой ЧПУ, приведены в таблице 1;

M – адрес вспомогательной команды. Вспомогательные команды задают действия станка, обслуживающие процесс обработки. Обозначения и смысловые значения вспомогательных команд, реализуемых данной системой ЧПУ, приведены в таблице 2;

P – адрес параметра подготовительной команды или типового цикла (G) или команды перехода к выполнению определенного кадра программы;

S – адрес частоты вращения шпинделя или скорости резания;

T – адрес команды вызова инструмента в рабочее положение и задание номера корректора для записи коррекции положений инструмента;

X – адрес координаты опорной точки траектории инструмента по оси X;

Z – адрес координаты опорной точки траектории инструмента по оси Z.

Используются следующие форматы команд с буквенными адресами:

N03;G02;X+06; { $\begin{matrix} P04 \\ P03 \end{matrix}$ };M02; { $\begin{matrix} S04 \\ S02 \end{matrix}$ }; { $\begin{matrix} F04 \\ F02 \end{matrix}$ };

Цифра после адреса показывает максимально возможное число значащих цифр в числовой части команды.

Кроме указанных адресов, при записи команд в данной системе ЧПУ используются следующие специальные символы, соответствующие клавишам на пульте ЧПУ:

 – включение относительной системы отсчета координат (задание приращения координаты следующей опорной точки относительно предыдущей);

 – включение вспомогательного перемещения с ускоренной подачей;

«+45°» и «-45°» – символы обработки фаски под углом 45°;

«*» - символ отработки кадра совместно со следующим кадром программы.

Указанные специальные символы действуют в течение отработки одного кадра.

3.3.5. Программирование направления и скорости главного движения

Направление главного движения (вращения шпинделя) задается вспомогательными командами: M3 (по часовой стрелке); M4 (против часовой стрелки).

Скорость вращения шпинделя станка регулируется ступенчато. В программе частота вращения шпинделя задается двумя командами:

– командой с адресом M с последующей цифрой, определяющей код диапазона частот шпинделя;

– командой S с адресом S с последующей цифрой, задающей код требуемой частоты шпинделя в соответствии с таблицей 3.

Например, для программирования вращения шпинделя по часовой стрелке с частотой 560 об/мин. необходимо ввести следующий фрагмент программы:

№ 0 M3

№ 1 M42

№ 2 S08

Запрограммированная частота вращения шпинделя действует до появления в программе новых команд, задающих направление и скорость вращения шпинделя.

Таблица 1 – Подготовительные команды, используемые в УЧПУ модели «Электроника НЦ-31»

Подготовительная команда	Наименование	Продолжительность действия
1	2	3
G2	Движение инструмента по дуге окружности до 90° по часовой стрелке	в одном кадре
G3	Движение инструмента по дуге окружности до 90° против часовой стрелки	в одном кадре
G12	Движение инструмента по дуге окружности 90° по часовой стрелке	в одном кадре
G13	Движение инструмента по дуге окружности 90° против часовой стрелки	в одном кадре
G4	Вдержка времени	в одном кадре
G21	Параметрический вызов подпрограммы	в одном кадре
G23	Вызов подпрограммы	в одном кадре
G25	Повтор части программы	в одном кадре
G31	Многопроходный цикл резьбонарезания	в одном кадре
G32	Резьбовое движение	в одном кадре
G33	Нарезание резьбы плашкой или метчиком	в одном кадре
G15	Движение вокруг оси шпинделя	в одном кадре
G55	Программируемый останов	в одном кадре
G70	Однопроходный продольный цикл	в одном кадре
G71	Однопроходный поперечный цикл	в одном кадре
G72	Цикл глубокого сверления	в одном кадре
G73	Цикл глубокого сверления	в одном кадре
G74	Цикл обработки торцевой проточки	в одном кадре
G75	Цикл обработки прямых наружных канавок	в одном кадре
G77	Многопроходный продольный черновой цикл	в одном кадре
G78	Многопроходный поперечный черновой цикл	в одном кадре
G92	Установка положения нулевой точки, смещение нулевой точки	в одном кадре
G94	Подача в мм/мин	до задания команды G95
G95	Подача в мм/об.	до задания команды G94

Таблица 2 – Вспомогательные команды, используемые в УЧПУ модели «Электроника НЦ-31»

Вспомогательная команда	Наименование	Продолжительность действия	
		до отмены (или замены) соответствующей вспомогательной командой	только в том кадре, в котором она записана
1	2	3	4
M00	Программируемый останов		+
M01	Останов с подтверждением		+
M3	Вращение шпинделя по часовой стрелке	+	
M4	Вращение шпинделя против часовой стрелки	+	
M5	Останов шпинделя	+	
M8	Включение охлаждения	+	
M9	Выключение охлаждения	+	
M17	Возврат из подпрограммы		+
M19	Фиксированный останов шпинделя		+
M30	Конец управляющей программы		+
M41	Включение I диапазона частот шпинделя	+	
M42	Включение II диапазона частот шпинделя	+	
M43	Включение III диапазона частот шпинделя	+	

Таблица 3 – Диапазоны и коды частот вращения шпинделя станка 16Б16Т1

Диапазон частот шпинделя	Коды для частот вращения шпинделя								
	01	02	03	04	05	06	07	08	09
	Частоты вращения шпинделя, об/мин								
M41	12,5	18	25	35,5	50	71	100	140	200
M42	50	71	100	140	200	280	400	560	800
M43	125	180	250	355	500	710	1000	1400	2000

3.3.6. Программирование рабочей подачи инструмента

В данном устройстве ЧПУ задается контурная минутная или оборотная рабочая подача. Контурная подача – это скорость перемещения инструмента, направленная по касательной к запрограммированному участку его траектории. Скорость рабочей подачи по координате Z может приобретать любые значения от 0 до 1200 мм/мин., а по координате X – от 0 до 600 мм/мин.

Скорость подачи программируется командой под адресом F с последующей цифрой, равной скорости подачи в мм/мин., если предварительно задана подготовительная команда G94 (работа с минутной подачей). Если предварительно задана подготовительная команда G95 (работа с оборотной подачей, задаваемой в мм/об.), то число после адреса F равно числу сотых долей миллиметра (дискрет), проходящих инструментом за один оборот шпинделя. Заданная скорость действует до появления новой команды с адресом F. При движении инструмента по прямому участку траектории, наклонному к осям координат, или по дуге окружности скорости подач по осям X и Z пересчитываются автоматически исходя из контурной подачи и наклона траектории.

Например, для программирования контурной подачи 10 мм/мин необходимо ввести следующий фрагмент программы:

№11 G94

№12 F10

Для программирования подачи 0,2 мм/об. необходимо ввести следующий фрагмент программы:

№13 G95

№14 F20

Скорость быстрых перемещений по каждой координате не регулируется и составляет 4800 мм/мин.

3.3.7. Программирование смены инструмента

Инструмент, необходимый для работы, попадает в рабочее положение путем поворота револьверной головки по команде с адресом T, после которого следует число (от 1 до 6), равное номеру позиции револьверной головки, в которую данный инструмент установлен. После вызова инструмента в рабочее положение происходит автоматический пересчет координат центра инструмента в соответствии с вылетом данного инструмента, учтенным при размерной привязке инструмента.

3.3.8. Программирование видов участков траектории инструмента, видов движения по ним и координат их опорных точек

Программирование траектории движения инструмента заключается в последовательной записи команд (для каждого участка траектории между двумя последовательно расположенными опорными точками), задающих вид перемещения, вид участка траектории, способ задания координат опорных точек, координаты этих точек, условия перемещения.

Вид перемещения и вид участка траектории между двумя опорными точками задается одной из следующих подготовительных команд G2, G3, G12, G13, G31-G33, G70-G78 (таблица 1), а также символом быстрого вспомогательного хода  и символом совместной отработки кадров «*». Отсутствие таких подготовительных команд и символов означает задание линейного перемещения с рабочей подачей по одному из координатных направлений.

В связи с тем, что конечная опорная точка каждого участка замкнутой траектории инструмента является начальной опорной точкой следующего участка (при программировании величины перемещения по отдельному участку), достаточно указать лишь координаты конечной точки этого участка. Перемещение рабочего органа станка происходит, если из программы считывается координата новой точки, отличающаяся от ранее отработанной станком координаты.

Система ЧПУ «Электроника НЦ-31» выдает управляющий сигнал на приводы подач суппорта в виде импульсов. Одному импульсу соответствует наименьшее программируемое перемещение (дискрета) равное: по оси Z – 0,01 мм; по оси X – 0,005 мм. При составлении программ для данной системы ЧПУ координаты любой опорной точки траектории инструмента задаются после адресов X, Z (соответственно по оси X_d , Z_d) цифрами, показывающими число дискрет в значениях координат. При этом для токарных станков с ЧПУ принято координаты по оси X_d задавать в диаметральном выражении (удвоенные расстояния от нуля детали до опорной точки).

Перед численным значением отрицательной координаты обязательно указывается знак «-». Знак «+» перед значением положительной координаты можно опускать. Знаки координат зависят от того, в каком квадранте системы координат детали находится опорная точка.

Положение опорной точки траектории инструмента может программироваться не только в абсолютных координатах, отсчитываемых от нуля детали, но и в относительных координатах (в приращениях координат следующей опорной точки относительно координат предыдущей опорной точки).

Относительные координаты опорных точек программируются командами с адресами X, Z, но цифровая часть команды с адресом X равна числу дискрет, определяющих удвоенное приращение координаты программируемой опорной точки относительно положения предыдущей опорной точки по оси X_d , а цифровая часть команды с адресом Z равна числу дискрет, определяющих реальное приращение координаты программируемой точки относительно положения предыдущей опорной точки по оси Z_d . Кроме того, при задании относительных координат после цифровой части команд следует добавлять символ $\overline{\quad}$. Знак «-» перед цифровой частью такой команды соответствует уменьшению координаты, а знак «+» или отсутствие знака соответствует увеличению координаты.

Пример программирования абсолютных координат опорной точки:

№30 X-3500

№31 Z5000

В результате отработки кадра №30 центр инструмента переместится с рабочей подачи по оси X_d в положение, отстоящее от нуля детали на расстояние 17,5 мм в отрицательной части этой оси (за осью детали), а затем, после отработки кадра №31, центр инструмента переместится по оси Z_d в положение, отстоящее от нуля детали на расстоянии 50 мм в положительной части этой оси.

Пример программирования относительных координат опорной точки:

№15 X100 $\overline{\quad}$

№16 Z -200 $\overline{\quad}$

В результате отработки кадра №15 центр инструмента переместится с рабочей подачи по оси X_d от предыдущей опорной точки на расстояние 0,5 мм в сторону увеличения расстояния от нуля детали, а затем, после отработки кадра №16, по оси Z_d на 2 мм в сторону уменьшения расстояния от нуля детали.

Если необходимо задать координаты опорной точки, в которую перемещение должно осуществляться с рабочей подачей одновременно по двум координатным осям по прямому участку траектории (например, при точении конуса), то в конце первого из двух кадров с командами, задающими координаты такой точки, следует указать символ совместной отработки кадров «*». Тогда оба этих кадра программы будут отработаны одновременно, и произойдет перемещение инструмента по прямой линии в точку с заданными в них координатами при рабочей контурной подаче.

Например, для задания опорной точки с координатой $Z_d=10$ мм, отстоящей от нуля детали по оси X_d на 5 мм дальше, чем предыдущая точка, и в которую следует переместить инструмент по прямой линии на рабочей подаче, нужно ввести в программу следующие кадры:

№21 X1000 $\overline{\quad}$ *

№22 Z1000

Часто встречающимся частным случаем обработки с одновременным перемещением по двум осям является обработка фасок на краях цилиндров или конусов под углом 45° к осям координат. В данной системе ЧПУ программирование обработки фаски можно выполнить с использованием одной команды, содержащей адрес X или Z, цифру, задающую одну из координат конечной точки контура фаски, и символ обработки фаски « $+45^\circ$ » или « -45° ». Символ обработки фаски должен соответствовать направлению движения по координате, адрес которой отсутствует в команде. Все возможные случаи использования символов обработки фаски приведены в таблице 4.

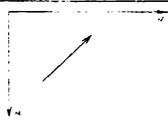
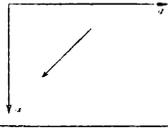
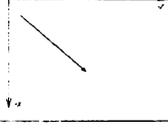
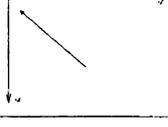
Например, для программирования обработки фаски $2 \times 45^\circ$ наружного цилиндра диаметром 55 мм около левого торца, расположенного на расстоянии 100 мм от нуля детали, при движении в сторону увеличения координаты X_d и уменьшения координаты Z_d следует ввести кадр с командой №17 X5500 -45° или кадр с командой №17 Z9800 $+45^\circ$. Перед точением фаски инструмент должен быть в ее начальной точке.

Для задания координат опорной точки, в которую перемещение должно осуществляться с ускоренной подачей перед командой с адресом X или Z следует указать символ быстрого хода . Например, для задания опорной точки с координатами $X_d = 15$ мм и $Z_d = 10$ мм, в которую перемещение должно осуществляться на быстром ходу одновременно по двум координатным направлениям, нужно ввести в программу следующие кадры:

№28  X3000*

№29 Z1000

Таблица 4 – Применение символов обработки фасок

Направление движения инструмента при точении фаски	Требуемый символ обработки фаски при задании конца фаски командой с координатой:	
	X	Z
	$+45^\circ$	-45°
	-45°	$+45^\circ$
	$+45^\circ$	$+45^\circ$
	-45°	-45°

Следует учесть, что при одинаковых значениях ускоренных подач по обеим координатам траектория ускоренного перемещения инструмента будет являться ломаной линией, состоящей из двух прямых участков. На первом участке инструмент движется под углом 45° к осям X_d и Z_d до тех пор, пока не достигнет одной из двух заданных координат,

которая меньше отличается от соответствующей координаты предыдущей опорной точки. Затем движение продолжится вдоль той оси детали, по которой требуемая координата еще не достигнута.

Если перемещение в программируемую опорную точку должно осуществляться по дуге окружности, то перед кадрами с координатами этой точки должен вводиться кадр с подготовительной командой G2 (движение по дуге длиной до $\frac{1}{4}$ окружности в направлении часовой стрелки) или G3 (движение по дуге длиной до $\frac{1}{4}$ окружности против часовой стрелки). После подготовительной команды G2 или G3 в этом кадре указывается символ совместной отработки кадров «*». Затем должны следовать два кадра с адресами X и Z, задающими координаты конечной точки дуги (в абсолютном значении или в приращении), и два кадра с адресом R, задающими длины проекций радиуса начальной точки дуги, в дискретах на оси X_d и Z_d соответственно. Символ «*» должен присутствовать в первых трех указанных кадрах.

Программируемая дуга может располагаться не в одном, а в нескольких соседних квадрантах. Квадрант – это четверть окружности, которой принадлежит дуга, находящаяся между двумя осями ее симметрии, параллельными осям X_d и Z_d . В таком случае точки пересечения дуги с осями симметрии окружности принимаются в качестве дополнительных опорных точек, и части дуги, расположенные в разных квадрантах, программируются отдельно.

Программирование движения по дуге длиной $\frac{1}{4}$ окружности, соответствующей одному квадранту (например, при точении галтелей между контурами цилиндра и торца), можно выполнить упрощенно (без задания проекций радиуса начальной точки дуги) с использованием подготовительных команд G12 (движение по дуге по часовой стрелке) и G13 (движение по дуге против часовой стрелки). Для этого, после кадра с командой G12 или G13 с символом совместной отработки кадров «*» вводится два кадра с адресами X и Z, задающими координаты конечной точки дуги (в абсолютном значении или в приращении), в первом из которых должен быть символ «*».

При необходимости задать технологическую паузу (выдержку времени) после выполнения части программы перед первым кадром следующей части вводится кадр с подготовительной командой G4 и символом «*» и кадр с адресом P и числом дискрет, соответствующих длительности паузы. Одна дискрета соответствует паузе 0,01 сек. Максимальная величина цифровой части после адреса P – 32767 дискрет. Например, для задания паузы в 3 секунды необходимо ввести следующие кадры:

№37 G04*

№38 P300

Для упрощения программирования типовых повторяющихся движений инструмента в данной системе ЧПУ предусмотрен ряд подготовительных команд, соответствующих распространенным технологическим циклам обработки (см. табл. 1).

Цикл многопроходного продольного чернового точения цилиндров, применяемый для удаления больших слоев металла из открытых и полуоткрытых зон проходными резами, может быть запрограммирован с помощью подготовительной функции G77. Этот цикл содержит несколько типовых наборов движений, каждый из которых включает: продольный ход на рабочей подаче; ускоренный радиальный отвод; обратный ускоренный

продольный ход; радиальный подвод в сторону оси детали для задания глубины резания нового рабочего хода. Число рабочих ходов в многопроходном цикле определяется автоматически системой ЧПУ по задаваемым параметрам. Длины рабочих ходов могут быть одинаковыми или равномерно уменьшаться от первого хода к последнему. В общем случае цикл многопроходного продольного чернового точения задается вводом в программу шести кадров:

1) кадр с командой G77 и символами , , «*». Символ  задает возврат инструмента в начальную точку последнего рабочего хода после окончания многопроходного цикла (на уровень полученного цилиндра). Отсутствие в этом кадре символа  означает, что инструмент после окончания цикла вернется в точку, из которой начался цикл. Наличие в данном кадре символа  означает, что радиальный подвод на новую глубину резания будет происходить с ускоренной подачей. Отсутствие этого символа означает, что радиальный подвод на новую глубину резания будет происходить с рабочей подачей. Символ «*» означает, что данный кадр будет обрабатываться совместно со следующим кадром;

2) кадр с адресом X, задающий координату конечной точки последнего рабочего хода цикла (от нуля детали) или, при наличии символа , отрицательное приращение координаты этой точки относительно точки, с которой начался цикл. После цифровой части команды вводится символ «*»;

3) кадр с адресом Z, задающий координату конечной точки первого рабочего хода цикла (от нуля детали) или, при наличии символа , отрицательное приращение координаты этой точки относительно точки, с которой начался цикл. После цифровой части команды вводится символ «*»;

4) кадр с адресом F, задающий контурную рабочую подачу в пределах цикла. После цифровой части команды вводится символ «*». При отсутствии такого кадра рабочие ходы будут осуществляться с подачей, заданной в программе до команды G77;

5) кадр с адресом P и цифрой, задающей в дискретах удвоенную глубину резания при рабочем ходе. После цифровой части команды вводится символ «*», если этим кадром не заканчивается задание цикла;

6) кадр с адресом P и цифрой, задающей в дискретах разность между длиной первого и последнего рабочего хода. Если такого кадра нет, то длины всех рабочих ходов цикла будут одинаковы.

Программирование других типовых циклов обработки описано в инструкции по программированию для УЧПУ «Электроника НЦ-31».

3.3.9. Программирование вспомогательных действий

Вспомогательные действия станка или устройства ЧПУ, подготавливающие или обслуживающие процесс обработки, задаются в программе вспомогательными командами под адресом M с последующим двухзначным десятичным кодовым числом. По команде M00 осуществляется останов вращения шпинделя, подачи, выключение подачи СОЖ до появления команд на их включение. По команде M1 (останов с подтверждением) выполняются те же действия, что и по команде M00, но после нажатия кнопки «общий стоп» на пульте управления.

Команды M3 и M4 задают направление вращения шпинделя по часовой стрелке и против часовой стрелки соответственно. По команде M05 происходит только останов вращения шпинделя.

Командами M8 и M9 соответственно включается и выключается подача СОЖ.

Команда M17 задает конец подпрограммы, то есть совокупности кадров, программирующих законченную последовательность действий станка, которые повторяются по ходу обработки детали.

Применение команд M 41, M42, M43 пояснено в пункте 3.2.5.

Каждая программа должна заканчиваться кадром с командой M30.

3.3.10. Пример составления управляющей программы

Рассмотрим пример составления управляющей программы обработки втулки из стали 45, эскиз которой представлен на рис. 9.

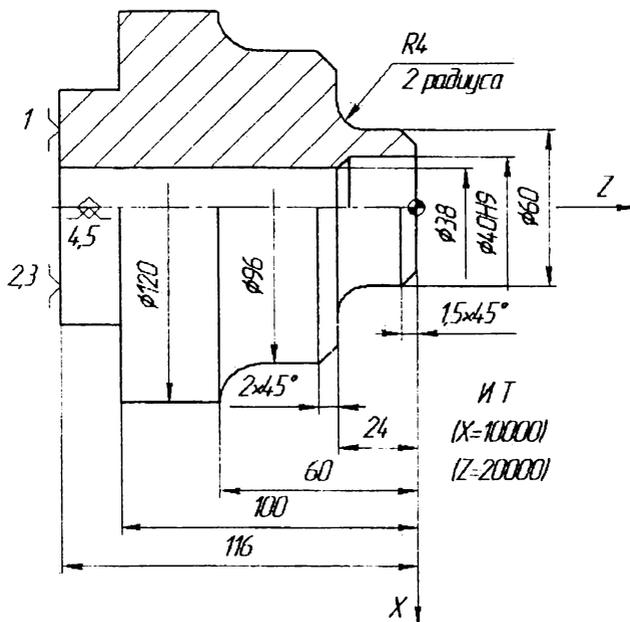


Рисунок 9 – Эскиз детали втулка

Точность размеров наружного контура втулки соответствует 14 качеству. Для диаметров наружных цилиндров, конусов и галтелей задан допуск h14, для осевых размеров заданы предельные отклонения $\pm IT14/2$. Шероховатость наружных поверхностей и отверстия $\phi 38$ – Ra10, отверстия $\phi 40H9$ – Ra5. Заготовкой втулки является поковка без центрального отверстия, 2-й степени сложности, 4-го класса точности (исходный индекс 11), полученная горячей объемной штамповкой в открытом штампе. Наружный контур заготовки отличается от контура детали на величину припуска $a = 1,6$ мм. Точность размеров поковки соответствует 17 качеству.

С учетом требуемых показателей точности отверстия и данных таблиц точности в качестве метода окончательной обработки отверстия Ø38H14 принимаем сверление стандартным спиральным сверлом, что по производительности и затратам соответствует среднесерийному производству. При этом точность диаметра полученного отверстия будет соответствовать 11-му качеству, что не противоречит требуемой точности. Ступень отверстия Ø40H9 с требуемой точностью можно получить последующим растачиванием или развертыванием с уточнением на 2 качества. Для среднесерийного производства растачивание отверстия достаточно большого диаметра, выполняемое более универсальным и дешевым инструментом, оснащенным твердым сплавом, потребует меньших затрат, при достаточно высокой производительности. С учетом predeterminedного типа оборудования в качестве метода обработки наружных поверхностей вращения принимаем точение. Для получения точности диаметров наружных поверхностей по 14-му качеству при точности заготовки, соответствующей 17-му качеству, достаточно однократного точения с уточнением на 3 качества, что соответствует возможно-му уточнению при черновой обработке.

Для обработки наружного контура и отверстий втулки предварительно следует подготовить чистовые технологические базы: крайний левый торец и примыкающий к нему цилиндр. Использование этих баз позволит обеспечить доступ инструментов ко всем остальным поверхностям втулки (наружным и внутренним). Чтобы обеспечить соосность поверхностей, обрабатываемых на данной операции с базовым цилиндром, в качестве базы следует принять ось этого цилиндра. Так как этот цилиндр короткий, то его ось может служить лишь двойной опорной базой, обеспечивающей ориентацию детали вдоль осей X и Y. Крайний торец достаточно большого диаметра может служить установочной базой, определяющей положение втулки вдоль оси Z, и по углам поворота вокруг осей X и Y. Так как при планируемой обработке не требуется обеспечить определенность положения втулки по повороту вокруг оси Z (в этом направлении не нужно обеспечить взаимное расположение поверхностей), то и база для ориентации в этом направлении не нужна. Схема базирования, составленная с учетом лишаемых каждой базой числа степеней свободы, приведена на эскизе втулки (рис. 9). Реализовать такую схему базирования можно при установке втулки с достаточной точностью в текулачковый самоцентрирующий патрон.

Принимаем последовательную структуру проектируемой операции, так как на станке 16Б16Т1 инструменты, установленные в разные позиции револьверной головки, могут работать только по очереди. При указанном базировании обеспечивается доступ инструментов ко всем обрабатываемым поверхностям втулки (кроме ранее обработанных баз), поэтому все назначенные ранее методы обработки (переходы) можно объединить в один установ. С учетом принципа решающего перехода (операции) в первую очередь следует сверлить отверстие Ø38 мм, так как при этом удаляется наибольший слой металла и можно раньше выявить внутренние дефекты заготовки. К тому же, это позволит уменьшить рабочий ход резца при точении торца. Чистовое растачивание отверстия Ø40H9 целесообразно выполнить в конце операции, чтобы дать больше времени на перераспределение внутренних напряжений в материале, оставшемся после сверления. Таким образом, после сверления целесообразно выполнить точение наружных поверхностей с невысокой точностью по 14-му качеству.

Для обработки отверстия в сплошном материале принимаем спиральное сверло нормальной длины, Ø38 мм с хвостовиком с конусом Морзе 2 из быстрорежущей стали Р6М5 по ГОСТ 10903-77 (длина рабочей части 200 мм).

Для установки сверла в револьверную головку принимаем переходную втулку с буртиком с наружным посадочным цилиндром Ø45 мм и внутренним конусом Морзе 2, а также инструментальный блок АД.382.000 по ТУ2035-297-72.

Для однократного точения наружного контура выбираем проходной резец по ГОСТ 21151-75 с механическим креплением треугольной пластины из твердого сплава Т14К8, с прямоугольным сечением державки 25x20 мм с главным углом в плане $\varphi = 93^\circ$. Этот резец можно установить в паз револьверной головки без вспомогательного инструмента.

Для чистового растачивания отверстия $\varnothing 40H9$ выбираем расточной резец по ГОСТ 20874-75 с механическим креплением треугольной пластины из твердого сплава Т15К6, с прямоугольным сечением державки 25x20 мм с главным углом в плане $\varphi = 93^\circ$. Для установки этого резца в револьверную головку принимаем инструментальный блок АД.382.000 по ТУ2035-297-72.

Глубина резания при сверлении равна половине диаметра сверла. Глубина резания при однократном точении наружных цилиндров равна припуску 1,6 мм. Глубина резания при растачивании отверстия $\varnothing 40H9$ равна разности радиусов отверстий $20-19=1$ мм.

Скорость резания и обратная подача инструментов назначены по нормативам [8]. По этим же нормативам найдены мощности резания для всех переходов. Их сравнение с мощностью привода главного движения станка 16Б16Т1 показало, что обработка с выбранными режимами возможна. Исходя из скорости резания и диаметра обрабатываемой поверхности, определена частота вращения шпинделя. Назначенные частоты вращения и подачи для всех переходов указаны в комментариях к соответствующим кадрам программы.

Положение нуля детали принимаем на оси цилиндра, используемого для базирования, но переносим ноль детали из точки пересечения этой оси и базового торца на расстоянии 116 мм вправо. Это позволит использовать осевые чертежные размеры в качестве координат опорных точек траектории инструмента по оси X_d . Принятые оси координат и ноль детали, в виде окружности с двумя зачерненными секторами, показаны на рис. 9.

В качестве центра сверла принята точка пересечения его оси с поперечной режущей кромкой. При таком выборе траектория центра сверла в процессе формообразующих движений будет состоять из прямых участков, расположенных на оси Z_d , что упрощает определение координат ее опорных точек по оси X_d (будут равны 0). Координаты исходной точки (ИТ) траектории сверла ($X_{ит} = 50$ мм и $Z_{ит} = 200$ мм) от нуля детали принимаем для исключения возможности касания сверла и резцов с заготовкой во время смены инструментов. При этом не будет затрачено много времени на ускоренные подводы инструмента к заготовке. Сформированная таким образом траектория сверла, с последовательно пронумерованными опорными точками, показана на рис.10. Для сокращения времени на ускоренный подвод сверла возможно точку 4 траектории принять на расстоянии 2...3 мм от торца заготовки и перемещать в нее сверло одновременно по двум координатам. Также целесообразно после сверления на глубину, примерно равную диаметру отверстия, выводить сверло из отверстия для удаления стружки и избегания ее пакетирования и заклинивания между отверстием и сверлом. В данном примере для упрощения это не предусмотрено.

В качестве центра для резцов принята точка пересечения двух касательных к дуге при вершине резца, параллельных осям X_d и Z_d . Такой выбор центров резцов позволяет использовать контур детали в качестве программируемой траектории инструмента в процессе формообразующих движений. При этом возможны погрешности радиусов и формы контура галтелей и погрешности диаметра конусов фасок, так как эти элементы детали формируются реальными точками дуги при вершине резца, а не выбранным центром. Но при достаточно больших допусках размеров и формы этих не ответственных элементов детали такой выбор центров резцов допустим.

Если в программе задавать координаты опорных точек номинального наружного контура детали, то при наличии погрешностей упругих деформаций, погрешности износа резца, погрешности позиционирования суппорта станка, погрешности размерной привязки резца велика вероятность выхода диаметров контура детали за пределы заданного одностороннего допуска h_{14} . Для снижения этой вероятности целесообразно в качестве участков траектории контурного резца, параллельных оси Z_d , принять прямые линии, координаты которых по оси X_d соответствует середине поля допуска h_{14} . Участки траектории параллельные оси X_d при симметричных допусках осевых размеров по той же причине следует совместить с соответствующими участками номинального контура детали.

Исходную точку замкнутых траекторий резцов совместим с исходной точкой для сверла для уменьшения разнообразия программируемых координат. Участки траекторий для ускоренных подходов и отводов резцов располагаем вне контура детали и принимаем прямолинейными, для упрощения программирования. Сформированные таким образом замкнутые траектории центров контурного и расточного резца с последовательно пронумерованными опорными точками представлены на рис.11,12.

Расчет координат опорных точек траекторий инструментов производится исходя из чертежных размеров и допусков детали путем простых арифметических действий и поэтому не приводится. Результаты этого расчета указаны в составленной программе и в комментариях к ней.

Управляющая программа обработки втулки на станке 16Б16Т1, составленная с учетом разработанной технологии, содержит следующие кадры:

N0 T1 (вызов сверла, установленного в первую позицию revolverной головки в рабочее положение);

N1 M3 (вращения шпинделя по часовой стрелке);

N2 M43 (III диапазон частот вращения шпинделя);

N3 S03 (код частоты шпинделя $n=250 \text{ мин}^{-1}$);

N4 G95 (размерность подачи – мм/об.);

N5 F30 (величина рабочей контурной подачи 0,3 мм/об.);

N6 \curvearrowright X0 (координата $X=0$, в которую сверло ускоренно переместится вдоль оси X);

N7 \curvearrowright Z200 (координата $Z=2 \text{ мм}$, в которую сверло ускоренно переместится вдоль оси Z);

N8 Z-12500 (координата $Z=-125 \text{ мм}$, в которую сверло переместится с рабочей подачей в процессе сверления, с учетом перебега);

N9 \curvearrowright Z200 (координата $Z=2 \text{ мм}$, в которую сверло ускоренно вернется вдоль оси Z);

N10 \curvearrowright X10000*;

N11 Z20000 (кадры 10 и 11 обрабатываются одновременно, при этом сверло ускоренно переместится в исходную точку с координатами $X=50 \text{ мм}$, $Z=200 \text{ мм}$ по ломаной линии);

N12 T2 (вызов проходного резца, установленного во вторую позицию revolverной головки в рабочее положение);

N13 M42 (II диапазон частот вращения шпинделя);

N14 S08 (код частоты шпинделя $n=560 \text{ мин}^{-1}$);

N15 F25 (величина рабочей контурной подачи 0,25мм/об);

N16 \curvearrowright X 6400 (координата $X=32 \text{ мм}$ опорной точки 1 траектории резца, в которую он ускоренно переместится вдоль оси X);

N17 \curvearrowright Z0 (координата $Z=0$ опорной точки 2, в которую резец переместится ускоренно);

N18 X3700 (удвоенная координата $X=37 \text{ мм}$ опорной точки 3, в которую резец переместится при точении торца с перебегом 0,5мм за стенку отверстия);

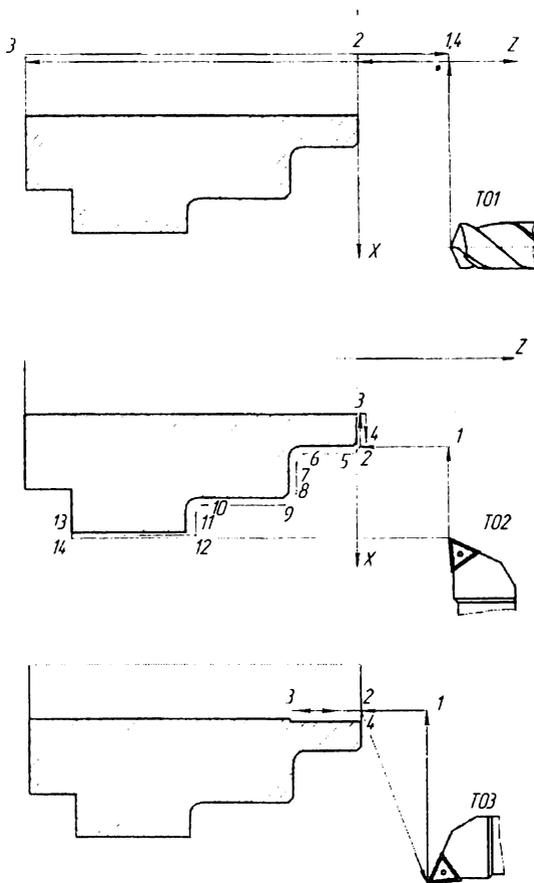


Рисунок 10 – Траектории движений режущих инструментов при обработке втулки

N19 X5700 (удвоенная координата $X=57$ мм опорной точки 4, в которую резец переместится при чистовом точении торца в обратном направлении);

N20 X5963 -45° (удвоенная координата $X=59,63$ мм опорной точки 5, равная среднему диаметру цилиндра $\varnothing 60$ h14 (-0,74), в которую резец придет при точении фаски $1,5 \times 45^\circ$ с уменьшением координаты Z);

N21 Z- 2000 (координата $Z= -20$ мм опорной точки 6, в которую резец переместится при точении цилиндра $\varnothing 60$ h14 до начала галтели радиусом 4 мм);

N22 G13* (режим движения по $\frac{1}{4}$ окружности против часовой стрелки с символом отработки данного кадра совместно со следующим кадром);

N23 X6763 *(удвоенная координата конечной точки 7 галтели $X=67,63$ мм с учетом половины допуска h14 (-0,74), с символом отработки данного кадра совместно со следующим кадром);

N24 Z - 400  (отрицательное приращение на 4 мм координаты точки 7 относительно точки 6 по оси Z);

N25 X9200 (удвоенная координата опорной точки 8, в которую резец переместится при точении торца до начала фаски 2x45°;

N26 X9556 -45° (удвоенная координата X=95,56 мм конечной точки фаски 9, равная среднему диаметру цилиндра Ø96 h14 (-0,87), в которую резец придет при точении фаски 2x45° с уменьшением координаты Z);

N27 Z-5600 (координата начальной точки 10 галтели Z= -56 мм, в которую резец переместится при точении цилиндра Ø96 h14);

N28 G13* (режим движения по ¼ окружности против часовой стрелки с символом отработки данного кадра совместно со следующим кадром);

N29 X 10356* (удвоенная координата конечной точки 11 галтели X=103,56 мм с учетом половины допуска h14 (-0,87), с символом отработки данного кадра совместно со следующим кадром);

N30 Z - 400  (отрицательное приращение на 4 мм координаты точки 11 относительно точки 10 по оси Z);

N31 X 11956 (удвоенная координата X= 119,56 мм опорной точки 12, в которую резец переместится при точении торца после галтели);

N32 Z-10200 (координата Z= -102 мм опорной точки 13, в которую резец переместится при точении цилиндра Ø120 h14 с перебегом 2 мм);

N33 X12200 (удвоенная координата X=122 мм опорной точки 14, в которую резец отойдет от обработанного цилиндра по оси X на рабочей подаче);

N34  X10000*;

N35 Z20000 (кадры 34 и 35 обрабатываются одновременно, при этом резец ускоренно переместится в исходную точку с координатами X=50 мм, Z=200 мм по ломаной линии);

N36 T3 (вызов расточного резца, установленного в третью позицию revolverной головки в рабочее положение);

N37 M43 (III диапазон частот вращения шпинделя);

N38 S06 (код частоты шпинделя n=710 мин.⁻¹);

N39 F10 (величина рабочей контурной подачи 0,1 мм/об.);

N40  X4003 (удвоенная координата X=40,03 мм опорной точки 1 траектории резца равная среднему диаметру цилиндра Ø40H9 (+0,063), в которую резец ускоренно переместится вдоль оси X);

N41  Z200 (координата Z=2 мм опорной точки 2, в которую резец ускоренно переместится вдоль оси Z);

N42 Z-2300 (координата Z= -23 мм опорной точки 2, в которую резец переместится вдоль оси Z с рабочей подачей при растачивании отверстия Ø40H9);

N43 X3800 -45° (удвоенная координата X=38 мм точки, в которую резец придет при точении внутренней фаски 1x45° с уменьшением координаты Z);

N44  Z200 (координата Z=2 мм опорной точки 4, в которую резец ускоренно переместится вдоль оси Z);

N45  X10000*;

N46 Z20000 (кадры 45 и 46 обрабатываются одновременно, при этом резец ускоренно переместится в исходную точку с координатами X=50 мм, Z=200 мм по ломаной линии);

N 47 M30 (конец управляющей программы).

Комментарии, приведенные в скобках рядом с кадрами программы, при наборе программы не вводятся.

4. Ввод управляющей программы и наладка станка 16Б16Т1

4.1. Пуск станка и установка технологической оснастки

Станок и система ЧПУ включаются нажатием кнопки вводного автомата электропитания и рычажка подачи питания. При этом на пульте ЧПУ над клавишей 17 «Пуск» (рис. 3) загорается лампочка, что свидетельствует о начале тестирования работоспособности системы. При тестировании на индикаторе I последовательно загораются номера тестов (101, 201, 202, ...). После завершения успешного тестирования указанная лампочка начинает мигать. Нажатием клавиши 17 «Пуск» система переводится в состояние готовности к работе, лампочка над ней гаснет, а на индикаторах II и III загораются нули. После этого нажатием кнопки на станке подается напряжение на приводы станка. Если подача напряжения на привод задерживается, то начинает мигать лампочка «Внимание» и на индикаторе III появляется код неисправности 821. Следует нажать клавишу 9 «Сброс» и снова подать напряжение на приводы.

Если после тестирования мигает лампочка «Внимание» рядом с индикатором I, то следует погасить состояние «Внимание» и запустить повторное тестирование нажатием на клавишу 19. Мигание лампочек «Внимание», «Пуск», лампочек над индикатором III после повторного тестирования свидетельствует о неисправности системы ЧПУ или электрики станка. Нажатием клавиши 17 «Пуск» вызывается код неисправности, и принимаются меры по ее устранению.

После перехода системы в состояние готовности нажатием клавиши 10 система ЧПУ переводится в ручной режим работы от маховичка. Над клавишей загорается лампочка. В этом режиме можно задавать технологические команды с адресами M, S, T. Нажатием клавиши 22 и вращением маховичка револьверная головка перемещается по оси X в удобное для установки приспособления и инструментов положение. Нажатием клавиши 23 и вращением маховичка то же самое выполняется по оси Z. Маховичок имеет круговую шкалу из 100 делений с ценой деления 0.01мм. Величину перемещений в дискретах можно контролировать по индикатору III. При удобном положении револьверной головки на шпиндель станка устанавливается и закрепляется нужное приспособление, а в пазы револьверной головки – вспомогательные и режущие инструменты. Проверяется правильность их положения. Поворотом рукоятки переключения диапазонов частот вращения шпинделя, находящейся на шпиндельной бабке, устанавливаем диапазон, в который входит первая частота, заданная в управляющей программе.

4.2. Ввод кадров программы

Для ввода управляющей программы необходимо нажатием клавиши 14 на пульте ЧПУ (рис.3) включить режим ввода кадров в память и нажатием клавиши 3 деблокировать память. При этом загорается лампочка над клавишей 3, что показывает готовность системы к вводу кадров. Следует проверить, чтобы клавиша 4 не была нажата и не горела лампочка над ней. Затем клавишами из набора IV набирают нулевой кадр программы. Сброс неверно набранных команд до ввода их в память производится нажатием клавиши 9. Символ  сбрасывается нажатием клавиши 1 с этим символом. Повторное нажатие клавиши «-» отменяет ранее набранный минус. Символы  и 45° не могут находиться в одном кадре. Затем команды набираются заново. При вводе информации о многопроходных циклах обработки символ (*) вводится автоматически. Ввод кадра в память осуществляется нажатием клавиши 18, после чего индикатор III гаснет, а номер кадра на индикаторе II увеличивается на единицу. Если кадр надо отредактировать после ввода в память, то его следует вывести на индикатор III нажатием клавиши 13,

набором номера кадра и нажатием клавиши 18. Затем нажатием клавиш 14 и 3 перейти в режим ввода кадров, отредактировать кадр и снова ввести его в память, как описано ранее. Аналогично набираются, редактируются и вводятся следующие кадры. После ввода последнего кадра программы нажатием клавиши 10 система ЧПУ переводится в ручной режим работы от маховичка.

4.3. Выход в фиксированную точку и размерная привязка инструмента

Выход в фиксированную точку производится для привязки измерительной системы устройства ЧПУ к нулю станка. Его рекомендуется проводить после включения устройства ЧПУ и в случае сбоя его работы. Система переходит из ручного режима в подрежим выхода в фиксированную точку нажатием клавиши 1. Вращением маховичка или с помощью клавиш толчкового перемещения 24 - 28 револьверная головка перемещается в сторону фиксированной точки, положение которой грубо задается конечными выключателями. При наезде на них суппорта он переходит на ползучую подачу, и при медленном проходе суппортом нулевой метки измерительной линейки сбрасывается накопленная ошибка положения суппорта и отключается подрежим выхода в фиксированную точку. Затем также выполнить выход в фиксированную точку по второй координатной оси.

Для установления взаимосвязи между системами координат станка, инструмента и детали служит режим размерной привязки инструмента.

Первой обычно производится размерная привязка проходного или контурного резца в следующем порядке:

1) включить ручной режим нажатием клавиши 11, на пульте ЧПУ набрать буквенный адрес T и номер привязываемого инструмента. Револьверная головка повернется так, что инструмент займет рабочее положение;

2) включить шпиндель, набрав команду M3, задать частоту вращения шпинделя командой с адресом S и нажатием клавиш 24 - 28 подвести инструмент к заготовке для точения цилиндрической поверхности с глубиной резания, предполагаемой при обработке детали;

3) включить режим работы от маховичка нажатием клавиши 10, вращая маховичок, обточить цилиндрическую поверхность на длину 5-10 мм;

4) остановить шпиндель и микрометром измерить полученный диаметр. Если центром резца является центр дуги его вершины, рассчитать сумму измеренного диаметра и диаметра дуги вершины резца;

5) нажатием клавиши 15 перейти в режим размерной привязки, набрать буквенный адрес X и значение полученного диаметра или рассчитанной суммы в дискретах (сотых долях миллиметра), нажимая клавиши набора IV и контролируя ввод по индикатору III, ввести в память набранную координату нажатием клавиши 14, после чего индикатор III погаснет;

6) нажатием клавиши 11 перейти в ручной режим, нажатием клавиш 24-28 отвести резец от заготовки и подвести его к торцу заготовки для подрезки торца с глубиной резания, предполагаемой при обработке детали;

7) включить шпиндель;

8) включить режим работы от маховичка нажатием клавиши 10, вращая маховичок, обточить торец;

9) отвести резец по оси X от заготовки нажатием клавиши 25, отключить шпиндель;

10) измерить штангенциркулем расстояние от обработанного торца до торца, служащего технологической базой заготовки, рассчитать сумму измеренного расстояния и радиуса вершины резца;

10) нажатием клавиши 15 перейти в режим размерной привязки, набрать буквенный адрес Z и значение рассчитанной суммы в дискретах, нажимая клавиши набора IV и контролируя ввод по индикатору III, ввести в память набранную координату нажатием клавиши 14, после чего индикатор III погаснет.

Таким образом, в качестве нуля детали будет задана точка пересечения торца и оси цилиндра, используемых в качестве технологических баз заготовки.

Аналогично выполняется размерная привязка других инструментов, установленных в револьверной головке. Размерную привязку сверл, зенкеров, разверток по оси X выполняют после касания вспомогательной режущей кромки ленточки с цилиндрическим калибром известного диаметра, установленным в трехкулачковом патроне или в центрах. Размерную привязку сверл, зенкеров, разверток по оси Z выполняют после касания поперечной кромки или торца рабочей части с торцом калибра известной длины.

4.4. Проверка и корректировка программы

Для безопасной проверки введенной программы используются два подрежима автоматического режима работы устройства ЧПУ: отработка программы без перемещения револьверной головки и покадровая отработка программы.

Включение подрежима отработки программы без перемещения осуществляется нажатием клавиши 20. В этом подрежиме перемещения по осям X и Z, заданные в программе, не происходят. Выполняются только команды с адресами M, S, T. На индикаторе II высвечиваются номер обрабатываемого кадра (или номер первого из нескольких совместно обрабатываемых кадров), а на индикаторе III высвечивается содержание обрабатываемых кадров. Координаты фиктивно обрабатываемых опорных точек траектории инструмента тоже можно увидеть на индикаторе III, если нажать клавишу 22 или 23. Остановить отработку программы можно нажатием клавиши 16.

Включение покадрового режима осуществляется нажатием клавиши 21. Затем, после нажатия клавиши 17 «Пуск», станок обработает только один кадр программы, и лампочка над этой клавишей гаснет. Для отработки следующего кадра следует снова нажать клавишу 17 и так далее. Для оценки правильности работы станка перед пуском нового кадра можно контролировать полученные параметры качества и вносить необходимые корректировки в отработанные кадры. Для отключения покадрового режима следует нажать клавишу 16.

5. Порядок выполнения лабораторной работы

5.1. Получить задание у преподавателя в виде чертежа детали, обрабатываемой в условиях среднесерийного производства.

5.2. Выбрать метод получения заготовки и ее характеристики (класс точности, группу сложности и др.) Назначить технологические уклоны, радиусы скруглений, припуски, предельные отклонения размеров по ГОСТам или нормативам. Изобразить эскиз заготовки.

5.3. Выбрать и обосновать методы обработки поверхностей детали с учетом возможных уточнений и данных таблиц точности.

5.4. Выбрать технологические базы с учетом принципов совмещения баз, постоянства технологических баз, однократного использования черновых баз, обеспечения доступа инструментов к возможно большему количеству поверхностей детали.

5.5. Разработать маршрут мехобработки детали, объединив в операцию, выполняемую на токарном станке с ЧПУ модели 16Б16Т1, возможно большее количество переходов, характеризующих общностью схем базирования и закрепления, общностью формообразующих движений, общностью стадий обработки. При этом следует учесть технологические возможности станка (положение шпинделя, емкость инструментального магазина, набор программируемых координат, виды реализуемой интерполяции, точность позиционирования и др.).

5.6. Определить структуру операции, выполняемой на станке 16Б16Т1, то есть порядок выполнения переходов и их распределение по установам. При этом следует стремиться к минимуму установов, минимуму смен инструментов, минимуму длин холостых ходов для снижения трудоемкости операции.

5.7. Выбрать приспособление для реализации принятой схемы базирования и закрепления.

5.8. Выбрать режущие и вспомогательные инструменты для выполнения всех переходов операции.

5.9. Выбрать средства контроля размеров, формы и расположения поверхностей, обрабатываемых на операции.

5.10. Определить по нормативам режимы резания для переходов операции.

5.11. Изобразить эскизы для переходов операции с учетом следующих требований: число проекций детали должно быть достаточным для показа формы и размеров, полученных на переходе поверхностей, выделяемых жирной линией; указать получаемые размеры и допуски; мерные инструменты изобразить в начале рабочего хода, а немерные – в конце рабочего хода; стрелками указать формообразующие движения; изобразить теоретическую схему базирования.

5.12. Для инструментального перехода, указанного преподавателем, выбрать систему координат детали и центр инструмента, разработать траекторию движения инструмента, пронумеровать опорные точки траектории и определить их координаты.

5.13. Составить фрагмент управляющей программы для указанного перехода, начиная от смены инструмента.

5.14. Ввести фрагмент управляющей программы с клавиатуры пульта УЧПУ.

5.15. С помощью учебного мастера установить на станок выбранное приспособление, вспомогательный и режущий инструмент.

5.16. С помощью учебного мастера выполнить размерную привязку инструмента на станке.

5.17. С помощью учебного мастера провести отработку программы в автоматическом покадровом режиме. После каждого кадра контролировать получаемые размеры выбранными измерительными средствами. При необходимости скорректировать программу.

5.18. Составить отчет о лабораторной работе.

6. Содержание отчета

6.1. Цель работы.

6.2. Оборудование и принадлежности.

6.3. Описание этапов проектирования операции на токарном станке с ЧПУ в соответствии с пунктами 3.2.1...3.2.9.

6.4. Обоснование выбора нуля детали, центра инструмента, траектории инструмента, расчет координат опорных точек траектории.

6.5. Управляющая программа обработки детали.

6.6. Описание результатов обработки детали и выводы по работе.

7. Контрольные вопросы

1. Общее устройство станка 16Б16Т1.
2. Технологические возможности станка 16Б16Т1.
3. Система координат станка 16Б16Т1.
4. Устройство пульта ЧПУ станка 16Б16Т1.
5. Правила выбора методов обработки поверхностей деталей.
6. Правила выбора технологических баз мехобработки.
7. Правила определения порядка технологических переходов.
8. Понятие инструментального перехода.
9. Типовой порядок инструментальных переходов на токарных станках с ЧПУ.
10. Правила выбора структуры операций, выполняемых на станках с ЧПУ.
11. Виды зон между контурами детали и заготовки.
12. Типовые схемы удаления напусков из зон между контурами детали и заготовки на станках с ЧПУ.
13. Правила выбора станочных приспособлений.
14. Правила выбора режущих инструментов.
15. Правила выбора вспомогательных инструментов.
16. Правила выбора средств контроля деталей.
17. Правила деления общего припуска на глубины резания для отдельных переходов обработки поверхности.
18. Этапы разработки управляющих программ.
19. Назначение и правила выбора системы координат детали.
20. Выбор центра инструмента.
21. Правила разработки траектории инструмента.
22. Определение координат опорных точек траектории инструмента.
23. Понятие команды, кадра и управляющей программы.
24. Виды команд и специальных символов в системе ЧПУ станка 16Б16Т1.
25. Программирование направления и скорости главного движения.
26. Программирование размерности и величины контурной подачи.
27. Программирование смены инструмента.
28. Программирование видов движений инструмента.
29. Программирование координат опорных точек траектории инструмента в абсолютных значениях и в приращениях.
30. Программирование цикла многопроходного продольного точения.
31. Программирование обработки фасок.
32. Программирование видов вспомогательных действий станка.
33. Порядок пуска станка.
34. Правила ввода кадров программы.
35. Назначение и порядок выхода суппорта в фиксированную точку.
36. Порядок размерной привязки инструмента.
37. Назначение и реализация подрежима отработки программы без перемещений и подрежима покадровой отработки.

8. Варианты индивидуальных заданий

Эскиз 1

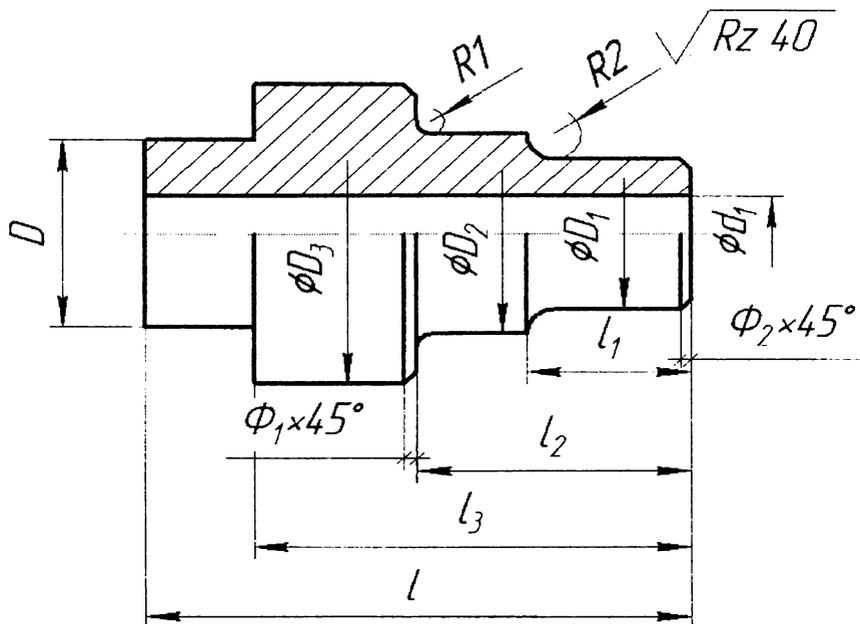


Таблица 5 – Значения буквенных обозначений и материал детали для эскиза 1

№ варианта	D_1	D_2	D_3	D_4	L_1	L_2	L_3	L_4	d_1	d_2	R_1	R_2	K_1	ϕ_1	ϕ_2	Материал
1	24	32	48	-	24	40	64	-	12Н8	-	2	4	-	2	1,5	Сталь 45
2	36	50	72	-	36	44	88	-	16Н8	-	4	4	-	4	2	Чугун СЧ20
3	48	60	96	-	40	76	100	-	24Н8	-	4	5	-	4	2	Бронза БрОФ 7-0,2
4	60	72	110	-	25	42	70	-	40Н9	-	3	4	-	1,5	3	Чугун КЧ45
5	72	84	120	-	38	50	80	-	48Н10	-	4	2	-	3	1	Сталь 20Л

Примечание. Неуказанные предельные отклонения: Н14; н14; ±IT14/2.

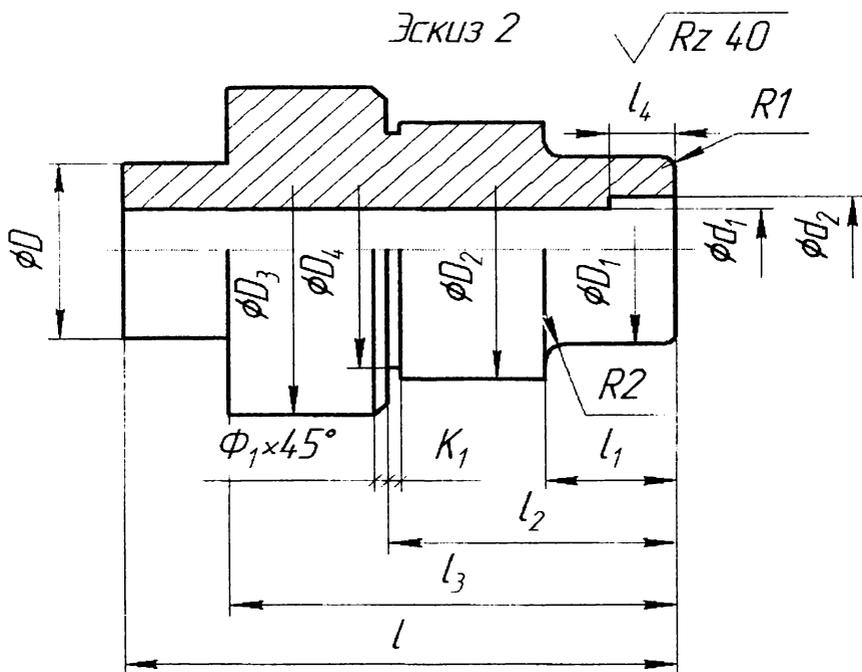


Таблица 6 – Значения буквенных обозначений и материал детали для эскиза 2

№ варианта	D_1	D_2	D_3	D_4	L_1	L_2	L_3	L_4	d_1	d_2	R_1	R_2	K_1	Φ_1	Φ_2	Материал
6	20	30	40	38	15	30	50	7	10Н9	12Н8	2	3	3	2	1	Сталь 20Х
7	32	44	56	40	20	44	66	10	14Н10	18	2	3	2	2	1,5	Бронза БрОФ 7-0,2
8	42	60	72	56	34	62	88	16	18Н10	24	4	2	2	2	2	Сталь 45
9	56	80	120	72	40	76	100	20	24Н10	32	6	4	4	4	2	Чугун СЧ20
10	64	85	130	82	50	90	120	30	40Н12	44Н10	2	5	2	3	2	Латунь ЛС59-1

Примечание. Неуказанные предельные отклонения: Н14; н14; $\pm IT14/2$.

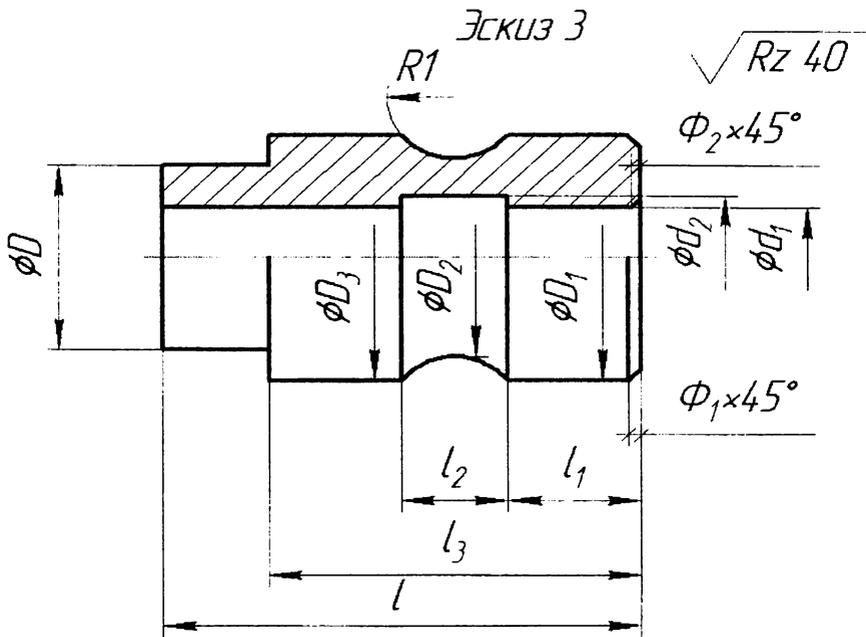


Таблица 7 – Значения буквенных обозначений и материал детали для эскиза 3

№ варианта	D_1	D_2	D_3	D_4	L_1	L_2	L_3	L_4	d_1	d_2	R_1	R_2	K_1	Φ_1	Φ_2	Материал
11	30	20	30	-	15	10	40	-	12Н7	15	16	-	-	2	1	Алюм. сплав Д16
12	40	32	40	-	20	16	56	-	16Н10	20	20	-	-	2	1,5	Латунь Л60
13	60	50	60	-	30	20	80	-	32Н10	36	30	-	-	4	2	Чугун СЧ20
14	80	60	80	-	40	30	110	-	42Н10	48	56	-	-	6	2	Сталь 45
15	90	80	90	-	40	20	80	-	60Н8	65	60	-	-	5	3	Бронза БрАЖ 10-4

Примечание. Неуказанные предельные отклонения: Н14; н14; ±IT14/2.

Эскиз 4

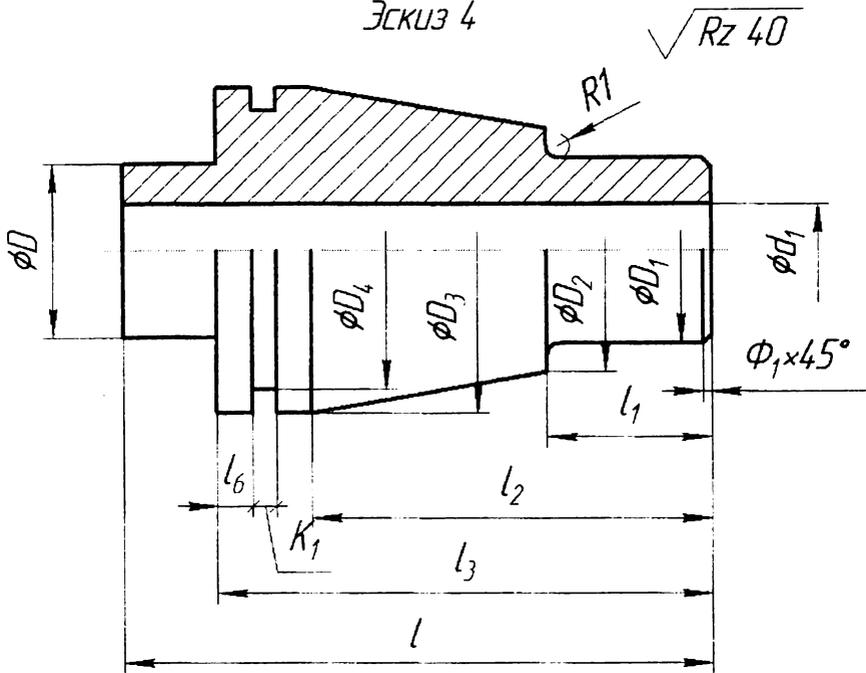


Таблица 8 – Значения буквенных обозначений и материал детали для эскиза 4

№ варианта	D_1	D_2	D_3	D_4	L_1	L_2	L_3	L_4	d_1	d_2	R_1	R_2	K_1	ϕ_1	ϕ_2	Материал
16	20	30	40	36	20	45	60	4	12Н7	–	2	–	2	2	–	Сталь 20
17	32	42	56	48	28	68	84	6	16Н8	–	2	–	4	1,5	–	Бронза БрОФ 7-0,2
18	35	45	120	110	30	60	90	5	20Н12	–	3	–	3	3	–	Сталь 40ХН
19	48	66	88	76	40	86	110	7	24Н8	–	4	–	6	2	–	Чугун КЧ45-7
20	64	84	120	104	60	106	130	8	36Н9	–	6	–	8	4	–	Сталь 45

Примечание. Неуказанные предельные отклонения: Н14; н14; $\pm IT14/2$.

Список цитируемых источников

1. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку: ГОСТ 26645-85. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 55 с.
2. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски ГОСТ 7505-89. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 52 с.
3. Гжиров, Р.И. Программирование обработки на станках с ЧПУ: Справочник / Р.И. Гжиров, П.П. Серебrenицкий. – Л.: Машиностроение, 1990, – 588 с.
4. Каштальян, И.А. Обработка на станках с числовым программным управлением: справ. пособие / И.А. Каштальян, В.И. Клевзович. – Мн.: Выш. Шк., 1989. – 271с.: ил.
5. Кондаков А.И. Выбор заготовок в машиностроении: Справочник / А.И. Кондаков, А.С. Васильев. – М.: Машиностроение, 2007. – 560 с.
6. Кузнецов, Ю.И. Оснастка для станков с ЧПУ: справочник / Ю.И. Кузнецов, А.Р. Маслов, А.Н. Байков.- М.: Машиностроение, 1983.- 359 с.
7. Обработка металлов резанием: справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм; под общ. ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.
8. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. – М.: Экономика, 1990. – Ч.2: Нормативы режимов резания.
9. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием. Справочник / Под ред. С.Г. Энтелиса и Э.М. Берлинера. – М.: Машиностроение, 1986. – 352 с.
10. Справочник контролера машиностроительного завода. Допуски, посадки, линейные измерения / Под ред. А.И. Якушева. – М.: Машиностроение, 1980. – 527 с.
11. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. / Под ред. А.М. Дальского. – М.: Машиностроение, 2003. – Т.1. – 911 с.
12. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. / Под ред. А.М. Дальского. – М.: Машиностроение, 2003. – Т.2. – 941с.
13. Станочные приспособления: справочник: в 2-х т. / Под ред. Б.Н. Вардашкина. – М.: Машиностроение, 1984. – Т.1. – 592 с.; Т.2. – 656 с.

Учебное издание

Составитель:
Медведев Олег Анатольевич

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ОПЕРАЦИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВТУЛОК НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ МОДЕЛИ 16Б16Т1

по дисциплине «Технология машиностроения (отраслевая)»
для студентов специальности 1-36 01 01
«Технология машиностроения»

Ответственный за выпуск: Медведев О.А.
Редактор: Боровикова Е.А.
Компьютерная вёрстка: Соколюк А.П.
Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано к печати 24.01.2014 г. Формат 60x84 1/16. Гарнитура Arial Narrow.
Бумага «Снегурочка». Усл. п. л. 2,8. Уч. изд. 3,0. Заказ № 1315. Тираж 50 экз.
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.