

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

**ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ**

Методические указания по выполнению лабораторных работ
для студентов специальности 1-53 01 01-01 «Автоматизация технологических
процессов и производств (машиностроение и приборостроение)»

**Витебск
2019**

УДК 620.17

Составитель:

В. В. Савицкий

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ» протокол № 2 от 27.02.2019 г.

Технология автоматизированного изготовления деталей и узлов :
методические указания по выполнению лабораторных работ / сост. В. В. Савицкий. – Витебск : УО «ВГТУ», 2019. – 59 с.

Методические указания содержат общую информацию и последовательность выполнения лабораторных работ по дисциплине «ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ» применительно к оборудованию с ЧПУ токарной и фрезерной групп. Для автоматизации составления управляющих программ для станков токарной группы использовано приложение САМ «Модуль ЧПУ. Токарная обработка» к САПР КОМПАС-3D.

УДК 620.17
© УО «ВГТУ», 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа 1. Конструктивные особенности станочного оборудования с ЧПУ. Управление оборудованием с ЧПУ с помощью G-кодов и M-функций. Разработка управляющей программы обработки детали на токарном станке по опорным точкам.....	4
1 Цель работы.....	4
2 Общие сведения о станках с ЧПУ.....	4
3 G-коды и M-функции.....	12
4 Разработка операционной технологии обработки заготовки.....	14
5 Порядок выполнения работы.....	17
Лабораторная работа 2. Разработка операционной технологии обработки деталей на токарном оборудовании с ЧПУ с использованием САМ КОМПАС-3D «Модуль ЧПУ. Токарная обработка».....	18
1 Цель работы.....	18
2 Общие сведения. Порядок использования САМ.....	18
3 Порядок выполнения работы.....	39
Лабораторная работа 3. Разработка технологического процесса обработки детали формообразующей оснастки на фрезерном оборудовании с ЧПУ с использованием G-кодов.....	41
1 Цель работы.....	41
2 Порядок выполнения работы.....	41
3 Общие сведения.....	41
4 Программирование фрезерной обработки.....	51
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	56
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	58

Лабораторная работа 1

Конструктивные особенности оборудования с ЧПУ. Управление оборудованием с ЧПУ с помощью G-кодов и M-функций. Разработка управляющей программы обработки заготовки на токарном станке по опорным точкам

1 Цель работы

1.1 Изучение особенностей конструктивного исполнения оборудования с ЧПУ.

1.2 Изучение способов управления оборудованием, оснащенным ЧПУ.

1.3 Изучение G-кодов и M-функций кода ISO.

1.4 Разработка управляющей программы обработки заготовки по опорным точкам.

2 Общие сведения о станках с ЧПУ

Универсальное оборудование управляется станочником, осуществляющим с помощью кнопок и рукояток перемещение исполнительных частей станка для обеспечения процесса формообразования. Точность перемещений отсчитывается по лимбам и шкалам, которыми оснащены приводы перемещений по соответствующим направлениям. Более точными являются станки, в которых отсчет перемещений контролируется с помощью датчиков линейных перемещений и отображается устройствами цифровой индикации.

Система числового программного управления (СЧПУ) – это совокупность специализированных устройств, методов и средств, необходимых для осуществления управления станками.

Устройство ЧПУ (УЧПУ) станками – часть СЧПУ, осуществляющая выдачу управляющих воздействий по заданной программе.

В международной практике приняты следующие обозначения: NC – числовое программное управление; HNC – разновидность устройства ЧПУ с заданием программы оператором с пульта с помощью клавиш, переключателей и т. д.; SNC – устройство ЧПУ, имеющее память для хранения всей управляющей программы; CNC – управление автономным станком с ЧПУ, содержащее мини-ЭВМ или процессор; DNC – управление группой станков от общей ЭВМ.

Системы ЧПУ практически вытесняют другие типы систем управления.

По технологическому назначению и функциональным возможностям системы ЧПУ подразделяют на четыре группы:

– позиционные, в которых задают только координаты конечных точек положения исполнительных органов после выполнения ими определенных элементов рабочего цикла;

– контурные, или непрерывные, управляющие движением исполнительного органа по заданной криволинейной траектории;

– универсальные (комбинированные), в которых осуществляется программирование как перемещений при позиционировании, так и движения исполнительных органов по траектории, а также смены инструментов и загрузки-выгрузки заготовок;

– многоконтурные системы, обеспечивающие одновременное или последовательное управление функционированием ряда узлов и механизмов станка.

По способу подготовки и ввода управляющей программы различают так называемые оперативные системы ЧПУ (в этом случае управляющую программу готовят и редактируют непосредственно на станке, в процессе обработки первой детали из партии или имитации ее обработки) и системы, для которых управляющая программа готовится независимо от места обработки детали. Причем независимая подготовка управляющей программы может выполняться либо с помощью средств вычислительной техники, входящих в состав систем ЧПУ данного станка, либо вне ее (вручную или с помощью системы автоматизированной подготовки управляющих программ – САМ (англ.).

Начало программному управлению станочным оборудованием положило использование программируемых контроллеров. Программируемые контроллеры – это устройства управления электроавтоматикой станка. Большинство программируемых контроллеров имеют модульную конструкцию, в состав которой входят источник питания, процессорный блок и программируемая память, а также различные модули входов/выходов. Для создания и отладки программ работы станка применяют программирующие аппараты.

Принцип работы контроллера: опрашиваются необходимые входы/выходы и полученные данные анализируются в процессорном блоке. При этом решаются логические задачи, и результат вычисления передается на соответствующий логический или физический выход для подачи в соответствующий механизм станка.

В программируемых контроллерах используют различные типы памяти, в которой хранится программа электроавтоматики станка: электрическую перепрограммируемую энергонезависимую память; оперативную память со свободным доступом; стираемую ультрафиолетовым излучением и электрически перепрограммируемую.

Программируемый контроллер имеет систему диагностики: входов/выходов, ошибок в работе процессора, памяти, батареи, связи и других элементов. Для упрощения поиска неисправностей современные интеллектуальные модули имеют самодиагностику. Программоноситель может содержать как геометрическую, так технологическую информацию. Технологическая информация обеспечивает определенный цикл работы станка, а геометрическая – характеризует форму, размеры элементов обрабатываемой заготовки, инструмента и их взаимное положение в пространстве.

Конструктивные особенности станков с ЧПУ

Станки с ЧПУ имеют расширенные технологические возможности при обеспечении высокой надежности работы. Конструкция станков с ЧПУ обеспечивает, как правило, совмещение различных видов обработки (точение-фрезерование, фрезерование-расточивание), удобство загрузки заготовок, выгрузки деталей, что особенно важно при использовании промышленных роботов и манипуляторов, автоматическое или дистанционное управление сменой инструмента и т. д.

Повышение точности обработки достигается высокой точностью изготовления элементов и жесткостью станка, превышающей жесткость обычного станка того же назначения, применяют прямые приводы, по возможности сокращают число механических передач. Приводы станков с ЧПУ должны также обеспечивать высокое быстродействие и точность перемещений.

Повышению точности способствует также устранение зазоров в передаточных механизмах приводов подач, снижение потерь на трение в направляющих и других механизмах, повышение виброустойчивости, снижение тепловых деформаций, применение в станках датчиков обратной связи, применение линейных приводов в механизмах подач.

Базовые детали (станины, колонны, салазки, ползуны).

Базовые детали конструируют коробчатой формы, обеспечивающей прочность и жесткость конструкции. Столы, например, конструируют с продольными и поперечными ребрами. Базовые детали изготавливают литыми или сварными. В станках выполняют базовые детали из полимерного бетона, синтетического гранита, керамики, что в еще большей степени повышает жесткость, виброустойчивость и температурную стабильность элементов станка.

Направляющие станков имеют высокую износостойкость и малую силу трения, что позволяет снизить мощность привода, увеличить точность перемещений, уменьшить рассогласование в следящей системе.

Таким условиям соответствуют направляющие качения, которые обладают высокой долговечностью, характеризуются малыми потерями на трение, причем коэффициент трения практически не зависит от скорости движения. В качестве тел качения обычно используют шарики и ролики. Предварительный натяг повышает жесткость направляющих, для создания натяга используют регулирующие устройства, чаще всего управляемые программно.

Приводы и преобразователи для станков с ЧПУ

Для приводов главного движения и подачи применяют электродвигатели постоянного или переменного тока. Конструктивно преобразователи частоты, сервоприводы и устройства управления выполняются в виде отдельных электронных блоков управления.

Приводы подачи для станков с ЧПУ

В качестве приводов подачи используют двигатели, представляющие собой управляемые от цифровых преобразователей синхронные или асинхронные машины. Синхронные двигатели для станков с ЧПУ изготавливают с постоянными магнитами на основе редкоземельных элементов и оснащают датчиками обратной связи и тормозными устройствами. В последнее время широко начали применять асинхронные двигатели.

Привод подачи характеризуется минимально возможными зазорами, малым временем разгона и торможения (соответственно большим ускорением), небольшими силами трения, уменьшенным нагревом элементов привода, большим диапазоном регулирования. Обеспечение этих характеристик возможно благодаря применению шариковых и гидростатических винтовых передач, направляющих качения и гидростатических направляющих, беззазорных редукторов с короткими кинематическими цепями, блоков линейных направляющих и т. д. Привод подачи должен обеспечивать плавность перемещений при больших и малых скоростях, большую скорость вспомогательных (ускоренных) перемещений рабочих органов (до 12 м/мин и более) при значительных ускорениях ($6G$ и более).

В специальных станках (например, электроэрозионных) начали широко использоваться так называемые линейные приводы, разработанные на основе обычных двигателей постоянного тока, развернутых на плоскость. Такие приводы обладают достаточной тяговой способностью и высокой точностью перемещений, оцениваемой при использовании высокоточных датчиков перемещений в долях мкм.

Приводы главного движения для станков с ЧПУ

В качестве привода главного движения обычно используют двигатели переменного тока – для больших мощностей и постоянного тока – для малых мощностей. В качестве приводов служат трехфазные четырехполюсные асинхронные двигатели, допускающие большие перегрузки и работающие при наличии в воздухе металлической пыли, стружки, масла и т. д. Поэтому в их конструкции предусмотрен внешний вентилятор. В двигатель встраивают различные датчики, например датчик положения шпинделя, что необходимо, например, для ориентации при автоматической смене инструмента.

Шпиндели станков с ЧПУ

Выполняют точными, жесткими, с повышенной износостойкостью посадочных шеек и базовых поверхностей. Конструкция шпинделя значительно усложняется из-за встроенных в него устройств автоматического разжима-зажима инструмента, датчиков, используемых при адаптивном управлении и автоматической диагностике.

Опоры шпинделя обеспечивают точность шпинделя в течение длительного времени в переменных условиях работы, повышенную жесткость, небольшие температурные деформации. Точность вращения шпинделя обеспечивается, прежде всего, высокой точностью изготовления подшипников.

Наиболее часто в опорах шпинделей применяют подшипники качения. Для уменьшения влияния зазоров и повышения жесткости опор обычно устанавливают подшипники с предварительным натягом или увеличивают число тел качения. В прецизионных станках применяют аэростатические подшипники, в которых между шейкой вала и поверхностью подшипника находится сжатый воздух, благодаря этому снижается износ и нагрев подшипника, повышается точность вращения.

Пример компоновки основных элементов фрезерного станка, оснащенного ЧПУ, приведен на рисунке 1.1.

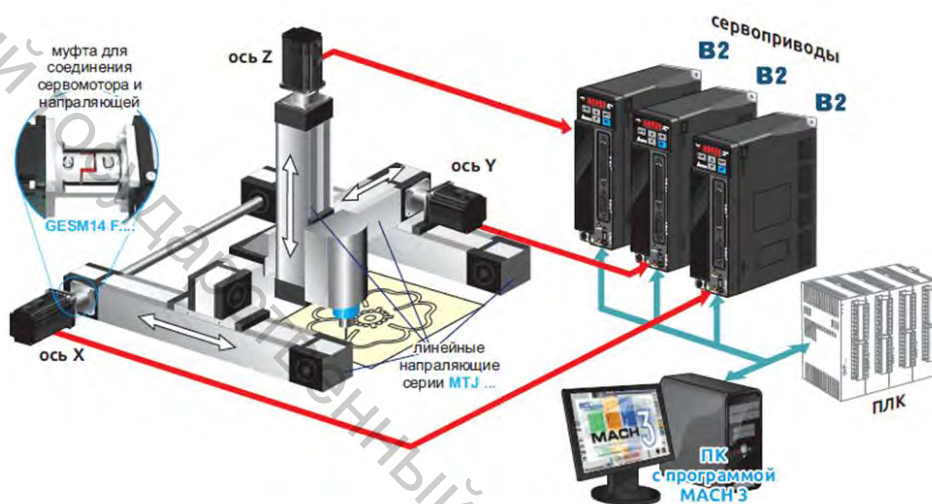


Рисунок 1.1 – Основные элементы станка с ЧПУ фрезерной группы

На рисунке 1.2 показан общий вид токарного станка с ЧПУ с револьверной головкой и противошпинделем (вторым шпинделем).

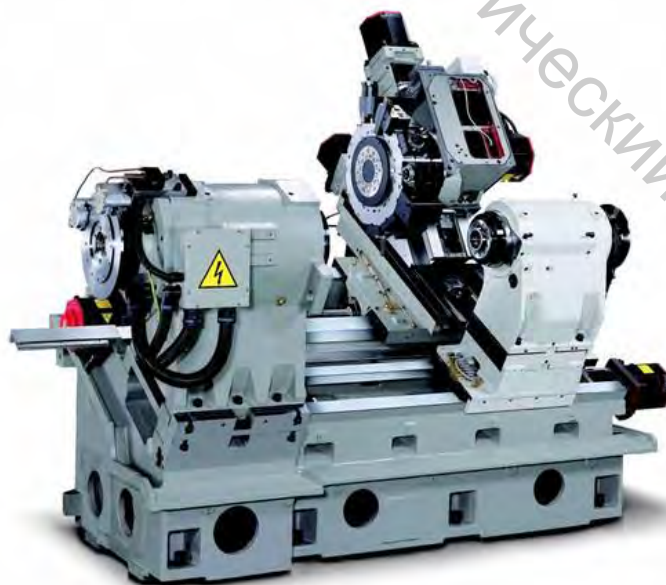


Рисунок 1.2 – Компоновка токарного станка с ЧПУ

Вспомогательные механизмы станков с ЧПУ

Включают в себя устройства смены инструментов, систему смазывания, зажимные приспособления, загрузочные устройства, устройства удаления стружки и т. д.

Устройства автоматической смены инструмента (магазины, автооператоры, револьверные головки) должны обеспечивать минимальные затраты времени на смену инструмента, высокую надежность в работе, стабильность положения инструмента, имеют необходимую вместимость магазина или револьверные головки.

Системы координат в станках с ЧПУ

Обработка заготовок на станках с ЧПУ выполняется по командам управляющей программы, в которой заданы выполняемые действия и величины перемещений исполнительных органов. Поэтому функционирование станка с ЧПУ возможно при использовании определенной системы координат, с помощью которой могут определяться пространственные координаты любой точки в пределах рабочей зоны станка.

При работе на станке с ЧПУ приходится работать не с одной, а одновременно с несколькими системами координат, важнейшими из которых являются следующие: координатная система станка; координатная система детали; координатная система инструмента; координатная система приспособления (установочных элементов станка); координатная система управляющей программы.

Система координат станка является главной расчетной системой, в которой определяются предельные перемещения исполнительных органов станка, а также их исходные и текущие положения. У различных станков с ЧПУ в зависимости от их типа и модели координатные системы располагаются по-разному. Начало отсчета этой системы координат находится в определенной производителем станка точке и не подлежит изменению пользователем. Точка, представляющая собой начало отсчета координатной системы станка, называется нулем станка или нулевой точкой станка.

Система координат детали является главной системой для программирования обработки и назначается чертежом или эскизом технологической документации. Она имеет свои оси координат и свое начало отсчета, относительно которого определены все размеры детали и задаются координаты всех опорных точек контуров детали. Опорными точками в этом случае считаются точки начала, конца и пересечения или касания геометрических элементов детали, которые образуют ее контур и влияют на траекторию инструмента на технологических переходах. Точка начала отсчета координатной системы детали называется нулем детали или нулевой точкой детали.

Система координат инструмента предназначена для задания положения его режущей части относительно державки в момент обработки. Началом отсчета координатной системы инструмента является точка, от которой начинается запрограммированное перемещение рабочего инструмента. Эта

точка называется нулем инструмента или нулем обработки. Как правило, координаты нуля обработки задаются в координатной системе детали, но при этом координаты нуля обработки могут не совпадать с нулем детали.

Координатная система приспособления (установочных элементов станка) должна обеспечить геометрическую связь с системой координат станка (точкой «ноль» станочной системы координат). Другая точка «ноль» рабочей системы координат – определяет положение заготовки на приспособлении и, как правило, соответствует точке пересечения технологических баз.

При разработке технологического процесса обработки детали на станке с ЧПУ необходимо определить исходную точку перемещений, с которой начинается выполнение команд управляющей программы. Желательно такое расположение исходной точки перемещений, при котором она совпадает с нулевой точкой инструмента, а координатные оси детали и станка параллельны друг другу. В этом случае процесс программирования траекторий перемещения исполнительных органов станка значительно упрощается и, следовательно, снижается вероятность появления ошибок в управляющей программе.

Оси координат располагают параллельно направляющим станка, что позволяет программировать направления и величины перемещений рабочих органов. В соответствии с ГОСТ 23597 [1] принята правая система координат, при которой положительное направление движения рабочего органа станка предпочтительно соответствует направлению отвода инструмента от заготовки.

Для основных осей приняты стандартные обозначения координатных осей **X**, **Y**, **Z** на примере вертикально-фрезерного станка (рис. 1.3). Кроме основных осей в станках с ЧПУ задают перемещения другим исполнительным органам. Для их задания используют следующие обозначения. Круговые перемещения инструмента, например, поворот шпинделя фрезерного станка вокруг оси **X** обозначают буквой **A**, вокруг оси **Y** – буквой **B**, вокруг оси **Z** – буквой **C**. Для обозначения направления перемещения двух рабочих органов вдоль одной координатной оси дополнительно используют так называемые вторичные оси: **U** (параллельно **X**), **V** (параллельно **Y**), **W** (параллельно **Z**). При трех перемещениях в одном направлении применяют третичные оси **P**, **Q**, **R** (рис. 1.4).

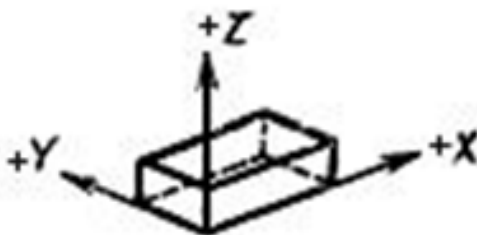


Рисунок 1.3 – Основные оси прямоугольной системы координат

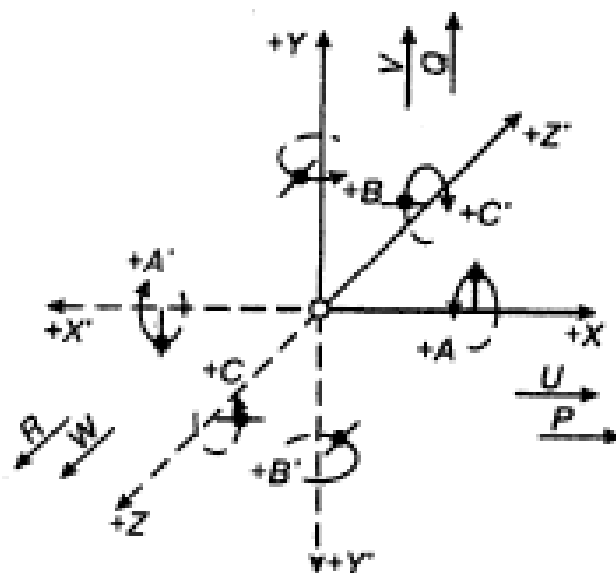


Рисунок 1.4 – Основные и дополнительные оси прямоугольной системы координат

В системе координат станка, выбранной в соответствии с ГОСТ 23597, положительные направления осей координат можно определить по правилу правой руки. Большой палец указывает положительное направление оси X , указательный – оси Y , средний – оси Z . Положительное вращение вокруг этих осей определяют по другому правилу правой руки. Если направить большой палец по положительному направлению оси, то остальные согнутые пальцы укажут положительное направление вращения.

Для составления программы обработки необходимо указать действия, которые будут выполнять элементы устройства ЧПУ.

Структура управляющей программы

Программа, написанная с использованием G-кода [2], имеет жесткую структуру. Все команды управления объединяются в кадры – группы, состоящие из одной или более команд. Кадр завершается символом перевода строки и имеет номер, за исключением первого кадра программы и комментариев. Первый, а в некоторых случаях ещё и последний кадр содержит только один символ «%». Завершается программа командой M02 или M30. Комментарии к программе размещаются в круглых скобках, как после программных кодов, так и в отдельном кадре.

Порядок команд в кадре строго не оговаривается, но традиционно предполагается, что первыми указываются подготовительные команды (например, выбор рабочей плоскости), затем команды перемещения, затем выбора режимов обработки и технологические команды.

Подпрограммы могут быть описаны после команды M02, но до M30. Начинается подпрограмма с кадра вида Lxx, где xx – номер подпрограммы, заканчивается командой M17.

3 G-коды и M-функции

Таблица 1.1 – Основные G-коды

Код	Описание	Пример
G00	Ускоренное перемещение инструмента (холостой ход)	G0 X0 Y0 Z100;
G01	Линейная интерполяция (перемещение в точку с заданными координатами) с заданной величиной подачи	G01 X0 Y0 Z100 F200;
G02	Круговая интерполяция по часовой стрелке	G02 X15 Y15 R5 F200;
G03	Круговая интерполяция против часовой стрелки	G03 X15 Y15 R5 F200;
G04	Задержка в выполнении программы на время P (миллисекунд)	G04 P500;
G10	Задать новые координаты начала системы координат	G10 X10 Y10 Z10;
G11	Отмена G10	G11;
G15	Отмена G16	G15 G90;
G16	Переключение в полярную систему координат	G16 G91 X100 Y90;
G20	Режим работы в дюймовой системе отсчета размеров	G90 G20;
G21	Режим работы в метрической системе отсчета размеров	G90 G21;
G22	Активировать установленный предел перемещений	G22 G01 X15 Y25;
G23	Отмена G22	G23 G90 G54;
G28	Вернуться в референтную точку	G28 G91 Z0 Y0;
G30	Перемещение по оси Z в точку смены инструмента	G30 G91 Z0;
G40	Отмена компенсации размера инструмента	G1 G40 X0 Y0 F200;
G41	Компенсировать радиус инструмента слева	G41 X15 Y15 D1 F100;
G42	Компенсировать радиус инструмента справа	G42 X15 Y15 D1 F100;
G43	Компенсировать высоту инструмента положительно	G43X15Y15Z100H1 S1000 M3;
G44	Компенсировать высоту инструмента	G44 X15 Y15 Z4 H1 S1000 M3;
G53	Переключиться на систему координат станка	G53 G0 X0 Y0 Z0;
G54- G59	Переключиться на заданную оператором систему координат	G54 G0 X0 Y0 Z100;
G68	Поворот системы координат на заданный угол	G68 X0 Y0 R45;
G69	Отмена G68	G69;
G80	Отмена циклов сверления (G81-G84)	G80 Z100;
G81	Цикл сверления	G81 X0 Y0 Z-10 R3 F100;
G82	Цикл сверления с задержкой	G82 X0 Y0 Z-10 R3 P100 F100;
G83	Цикл сверления с отходом	G83 X0 Y0 Z-10 R3 Q8 F100;
G84	Цикл нарезания резьбы	G95 G84 X0 Y0 Z-10 R3 F1.411;
G90	Абсолютная система координат	G90 G21;
G91	Относительная система координат	G91 G1 X4 Y5 F100;
G94	F (подача) – в формате мм/мин	G94 G80 F100;
G95	F (подача) – в формате мм/об.	G95 G84 X0 Y0 Z-10 R3 F1.4;
G98	Отмена G99	G98 G15 G90;
G99	После каждого цикла не отходить на «точку подхода»	G99 G91 X10 K4;

Технологические команды языка начинаются с буквы М и включают такие действия, как:

- сменить инструмент;
- включить/выключить шпиндель;
- задать направление вращения шпинделя;
- включить/выключить охлаждение;
- вызвать/закончить подпрограмму;
- закончить программу.

Основные М-функции приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Технологические (М-машинные) команды

Код	Описание	Пример
M00	Приостановить работу станка до нажатия кнопки «старт» на пульте управления (так называемый «технологический останов»)	G0 X0 Y0 Z100 M0;
M01	Приостановить работу станка до нажатия кнопки «старт», если включен режим подтверждения останова	G0 X0 Y0 Z100 M1;
M02	Конец программы	M02;
M03	Вращение шпинделя по часовой стрелке (2000 об./мин)	M3 S2000;
M04	Вращение шпинделя против часовой стрелки	M4 S2000;
M05	Остановить вращение шпинделя	M5;
M06	Сменить инструмент	M6 T15;
M07	Включить дополнительное охлаждение	M3 S2000 M7;
M08	Включить основное охлаждение	M3 S2000 M8;
M09	Выключить охлаждение	G0 X0 Y0 Z100 M5 M9;
M30	Конец информации	M30;
M98	Вызов подпрограммы	M98 P101;
M99	Конец подпрограммы, возврат к основной программе	M99;

Параметры команд (G-кодов и М-функций) задаются буквами латинского алфавита.

Таблица 1.3 – Параметры G-кодов и М-функций

Код	Описание	Пример
X	Перемещение по оси X (до заданной координаты)	G0 X0 Y0 Z100
Y	Перемещение по оси Y	G0 X0 Y0 Z100
Z	Перемещение по оси Z	G0 X0 Y0 Z100
F	Скорость рабочей подачи (100 мм/мин)	G1 G91 X10 F100
S	Скорость вращения шпинделя (3000 об./мин)	S3000 M3
R	Параметр стандартного цикла	G81 R1 0 R2 -10 F50
D	Параметр коррекции выбранного инструмента	M06 T1 D1
P	Величина задержки или число вызовов подпрограммы	M04 P101 или G82 R3 Z-10 P1000 F50
I,J,K	Параметры дуги при круговой интерполяции	G03 X10 Y10 I0 J0 F10
L	Вызов подпрограммы с данной меткой	L12 P3

4 Разработка операционной технологии обработки заготовки

При разработке технологии изготовления детали на токарном станке с ЧПУ необходимо выбрать исходную заготовку (прокат или штампованную заготовку), способы базирования и закрепления заготовки на станке; разработать операционные переходы черновой и чистовой обработки для каждого элемента детали, выбрать режущие инструменты для обработки каждого элемента детали, рассчитать режимы резания для каждого технологического перехода (глубину резания, подачу и скорость резания), определить координаты опорных точек профиля, по которым будет производиться снятие припуска, и составить управляющие программы обработки для каждого режущего инструмента.

Установ – часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок или собираемой сборочной единицы [3].

Выбор вида заготовки зависит от типа производства. В качестве заготовок для деталей класса «Валы» применяют сортовой прокат или штампованные заготовки. За основу расчета промежуточных припусков для заготовок в виде проката принимают наружный диаметр детали. Устанавливают предварительный маршрутный технологический процесс обработки поверхности детали, учитывающий размерную точность и качество обработанных поверхностей. Для каждого перехода находят величину припуска на обработку [4]. Может быть использован порядок расчета, приведенный в подразделе 1.2.2 [5].

Суммируя припуски на обработку с максимальным номинальным размером детали по её рабочему чертежу, определяют предварительный размер заготовки из круглого проката. По сортаменту проката [6] принимают ближайшее большее значение заготовки круглого поперечного сечения.

Базирование заготовок при токарной обработке выполняют: для валов – в центрах (допускается левый участок вала устанавливать в патрон); для деталей типа фланцы – в трехлапчатом самоцентрирующем патроне; втулки – в патроне. При базировании следует учитывать правила обозначения баз [7].

Обрабатываемые поверхности разделяют на основные и дополнительные. Основные – участки, окончательная обработка которых может быть выполнена проходным или расточным резцом. Остальные поверхности называют дополнительными (торцовые и угловые канавки, резьбовые поверхности и др.).

Последовательность выполнения переходов при обработке включает: предварительную обработку основных участков (подрезка торцов, центрирование перед сверлением, сверление отверстий диаметром до 20 мм – одним сверлом, больше 20 мм – двумя), обтачивание наружных, растачивание внутренних поверхностей; обработка дополнительных участков (кроме канавок для выхода шлифовальных кругов, канавок для выхода резца при нарезании резьбы и т. п.). Если черновая и чистовая обработка внутренних поверхностей выполняется одним резцом, все дополнительные участки обрабатывают после чистовой обработки. Затем следует окончательная обработка основных

участков поверхностей, вначале – внутренних, затем – наружных. В последнюю очередь выполняют обработку дополнительных участков, которые обрабатывают окончательно (вначале в отверстиях или на торцах, потом – на наружной поверхности).

Режущие инструменты выбирают в зависимости от формы обрабатываемых поверхностей.

Эскиз ступенчатого вала для разработки управляющей программы его обработки показан на рисунке 1.5.

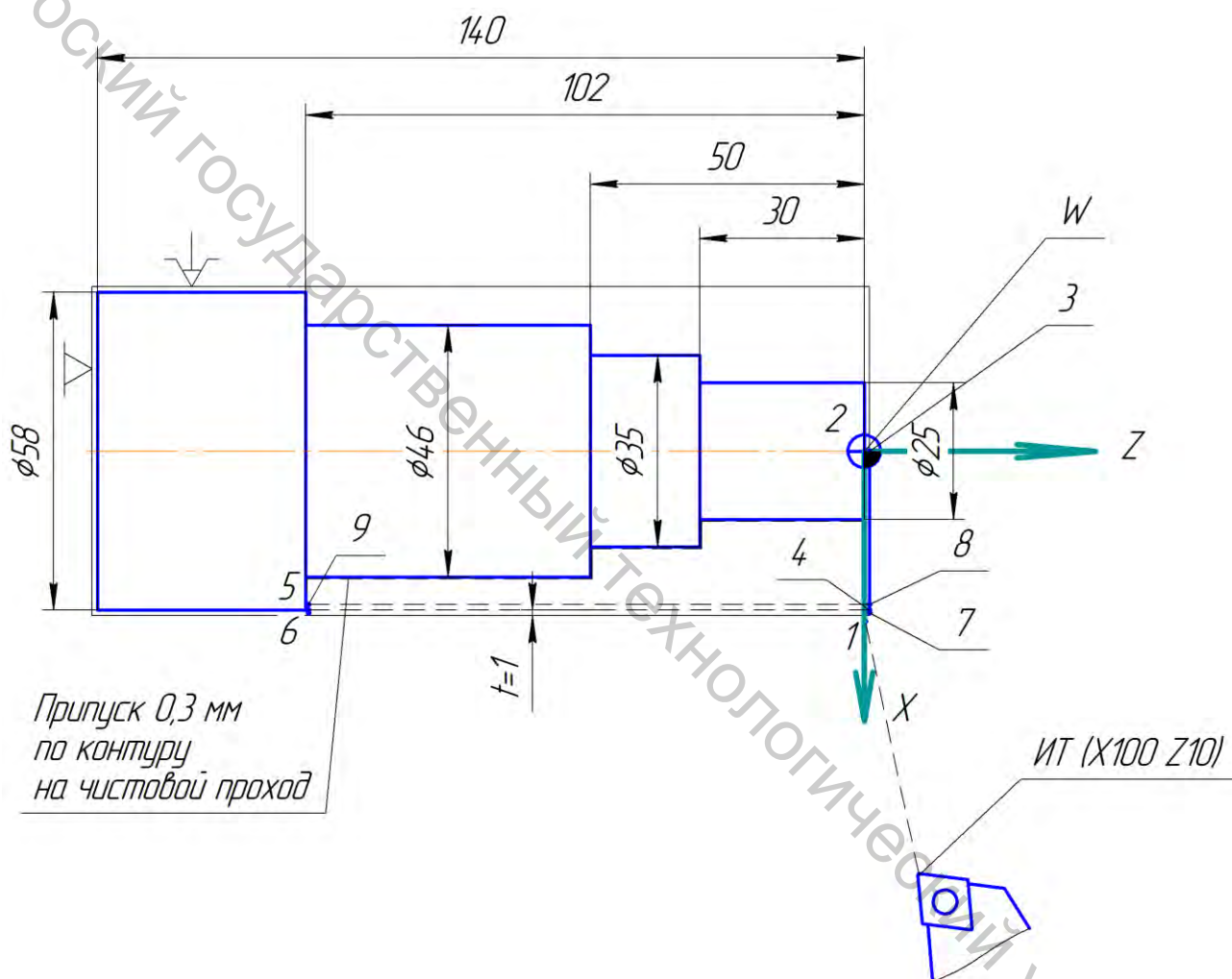


Рисунок 1.5 – Эскиз ступенчатого вала и часть опорных точек

Рабочий чертеж вала приведен в ПРИЛОЖЕНИИ А. Тонкой линией показан контур заготовки. Выбрав исходную точку (ИТ), из которой будет осуществляться подход инструмента к обрабатываемой заготовке, составляют управляющую программу по обработке поверхностей детали по опорным точкам. Положения опорных точек определяют по глубине резания, удаляемой с поверхности заготовки за каждый проход режущего инструмента, и по величине припуска, которая необходима для окончательной обработки данной поверхности. Припуск зависит от требований размерной точности и качества поверхности (ориентировочно может быть задан равным 0,1–0,5 мм).

Для черновой обработки используют резец типа SCLC2525M-09 (фирмы CYOCERA [9]), обеспечивающий получение заданных рабочим чертежом детали радиусов скруглений. Рекомендуются производителем инструмента элементы режима резания: глубина резания – до 1 мм; подача – 0,15 мм/об.; скорость резания – 100 м/мин. По заданной скорости резания определяют частоту вращения шпинделя и указывают её в управляющей программе.

Фрагмент программы обработки заготовки вала на токарном станке с ЧПУ NC201 приведен в таблице 1.4.

Кадры с 10 и далее будут повторяться для каждой ступени такое количество раз, сколько проходов необходимо выполнить для удаления припуска с каждого диаметра. Количество проходов рассчитывают с учетом глубины резания, допускаемой режущими свойствами инструментальных пластинок.

Затем составляют управляющую программу окончательной однопроходной обработки контура детали, снимая припуск (0,1–0,5 мм), оставленный после черновой обработки.

Таблица 1.4 – Часть управляющей программы обработки вала

N001 G90 G41 T1 S500 F0.3	Обработка первым инструментом в абсолютной системе координат с компенсацией радиуса инструмента слева, частота вращения шпинделя 500 об./мин, подача 0,3 мм/об.
N002 X62Z-1E	Быстрый подвод к точке 1 X+62 Z-1 для подрезки торца (1 мм – припуск на торце заготовки)
N003 X0	Подрезать торец на рабочей подаче 0,3 мм/об. (точка 2)
N004 Z1	Отвод резца по Z в координату +1 мм (точка 3)
N005 X58E	Отвод резца по оси X+58 ускоренно (точка 4)
N006 Z-101.7S0.3	Точить наружный диаметр 46 мм за первый проход на длине 101,7 мм на рабочей подаче (точка 5)
N007 X58.5	Отвод резца по оси X до \varnothing 58.5 мм на рабочей подаче (точка 6 – для предотвращения касания задней поверхности инструмента об обработанную поверхность)
N008 Z1E	Отвод резца ускоренно до Z+1 мм (в точку 7)
N009 X57E	Подвод резца по оси X до \varnothing 57 мм ускоренно (для второго прохода по обработке ступени диаметром 46 мм – точка 8)
N010 Z-101.7S0.3	Точить наружный диаметр 46 мм за второй проход на длине 101,7 мм на рабочей подаче (точка 9)
N060 M02	Останов шпинделя, отвод резца в исходную точку (по оси X, затем по оси Y), конец управляющей программы

Примечание: При токарной обработке нулевая точка инструмента совпадает с центром окружности при вершине резца. Траектория инструмента совпадает с эквидистантой к контуру детали и отстоит от контура на величину радиуса при вершине резца (учитывается коррекцией на радиус инструмента G41 или G42). Эквидистанта состоит из отдельных участков, разделенных опорными точками.

5 Порядок выполнения работы

5.1 По выданному варианту задания разработать 3D-модель детали и выполнить её рабочий чертёж в соответствии с требованиями ЕСКД (следует использовать возможности КОМПАС-3D либо других САПР). Разработать технические требования в соответствии с эксплуатационным назначением детали.

5.2 Выбрать заготовку детали.

5.3 Разработать технологическую последовательность черновой и чистовой обработки заготовки.

5.4 Выбрать приспособление для установки и закрепления заготовки.

5.5 Выбрать режущие инструменты для выполнения каждого перехода обработки заготовки.

5.6 Рассчитать режимы резания для каждого режущего инструмента.

5.7 С учетом припуска на чистовую обработку, определить координаты опорных точек, по которым будет производиться черновая обработка каждой поверхности заготовки (для этого создать фрагмент или чертеж в КОМПАС-3D, в котором обозначить все опорные точки и указать их координаты относительно выбранной нулевой точки программы).

5.8 Составить управляющую программу для выполнения каждого перехода (для записи программы использовать возможности любого текстового редактора, например, «Блокнот»). Сохранить программу.

При составлении управляющей программы следует учесть, что траектория движения режущего инструмента должна располагаться эквидистантно относительно контура готовой детали (с учетом припуска на окончательную обработку) в связи с наличием радиуса скругления при вершине резца. При задании координат опорных точек используют значения, полученные путем геометрических построений с учетом глубины резания, удаляемой за каждый проход. Эквидистанта траектории будет получена за счет указания в управляющей программе кодов G41–G42, задающих компенсацию на радиус при вершине инструмента в зависимости от направления обхода контура.

5.9 Составить управляющую программу однопроходной чистовой обработки контура детали по опорным точкам. Сохранить программу.

5.10 В режиме симуляции проверить правильность черновой и чистовой обработки заготовки и при необходимости корректировать управляющую программу.

5.11 Оформить отчет о проделанной работе с отображением каждого этапа, перечисленного выше, включая графические изображения.

Лабораторная работа 2

Разработка операционной технологии обработки деталей на токарном оборудовании с ЧПУ с использованием библиотеки САМ КОМПАС-3D «Модуль ЧПУ. Токарная обработка»

1 Цель работы

1.1 Разработка операционной технологии обработки детали на основе библиотеки, работающей с 3D-моделью детали, созданной в системе твердотельного моделирования КОМПАС-3D.

1.2 Изучение возможностей библиотеки и освоение методики составления управляющих программ обработки поверхностей деталей типа тела вращения.

2 Общие сведения. Порядок использования библиотеки САМ

2.1 Получить эскиз детали и выполнить её чертёж в соответствии с правилами ЕСКД.

2.2 Разработать технологический процесс токарной обработки заготовки, включающий операции черновой и чистовой обработки.

Выбрать заготовку для изготовления детали.

2.3 В процессе разработки технологического процесса токарной обработки составляют последовательность операций обработки заготовки на токарном станке с ЧПУ, обеспечивающую достижение заданной размерной точности и шероховатости поверхностей.

Последовательность обработки составляют в библиотеке САМ (КОМПАС) «Модуль ЧПУ. Токарная обработка V16.0» [10]. Такую последовательность называют «Планом обработки». «План обработки» составляют для каждого установа заготовки при обработке на станке. В пределах одного плана используется одна система координат и один и тот же постпроцессор, который выбирают в начале составления операционной технологии. Если требуется обработать заготовку за несколько установов или на разных станках, для этого следует создать несколько «Планов обработки» для разных копий файла трехмерной модели детали. Все данные, описывающие параметры отдельной обработки (стратегию обработки, инструмент для обработки и режимы резания), сохраняются непосредственно в файле трехмерной детали.

2.4 Построение «Плана обработки» начинают с выбора системы ЧПУ (постпроцессора), с помощью которого создают управляющую программу для конкретной модели станка. Кроме этого создают локальную систему координат (команда системы КОМПАС «ЛСК»), с помощью которой задают положение нулевой точки программы, из которой начинается обработка поверхностей заготовки. Локальная система координат создается так, чтобы ось Z совпадала с направлением оси шпинделя токарного станка.

Создание ЛСК рекомендуют выполнять «по объекту», указав в качестве объекта торец заготовки.

2.5 Следующим этапом является задание контура заготовки (её диаметра и длины), из которой будет получена деталь. Для этого в папке «ЧПУ. Токарная» открываем закладку «Заготовка, инструменты». Задают длину заготовки и её диаметр и создают операцию. Получают фантом поверхностей заготовки.

В этой же закладке открывают закладку «Таблица инструментов», в которую последовательно добавляют все инструменты, с помощью которых будут последовательно обработаны все поверхности заготовки с одного станова. Инструменты добавляют в таблицу как из файла, так и из «Каталога», указывая в соответствующей таблице геометрические параметры инструментов.

При токарной обработке начинают с подрезки торцов и сверления центровых отверстий (при обработке длинных заготовок, устанавливаемых в центрах), затем обрабатывают наружные поверхности, протачивают канавки, нарезают резьбы и т. д.

При обработке коротких заготовок после подрезки торцов выполняют обработку наружных, а затем внутренних поверхностей.

Затем в закладке «Исходная точка» задают её координаты по направлениям осей X и Z. Она определяет положение нулевой точки управляющей программы обработки и положение точки смены режущих инструментов, участвующих в обработке.

Затем в закладке «Приспособления» задают из «Каталога» или из файла приспособления, которые используют при установке заготовки на станке при обработке.

Используя закладку «Зона безопасности», задают границы зон безопасности по осям X и Z. Зона безопасности позволяет сократить холостые ходы режущих инструментов к обрабатываемой заготовке после их смены.

2.6 Задают технологические переходы обработки. При токарной обработке в модуле ЧПУ предусмотрено 7 видов переходов:

- обработка «Канавка»;
- обработка «Контур»;
- «Многопроходная» обработка»;
- «Нарезание резьбы плашкой/метчиком»;
- «Нарезание резьбы резцом»;
- «Отрезка»;
- «Сверление».

Обработка «Канавка» обеспечивает обработку канавок простой и фасонной формы при движении соответствующего резца вдоль одной координатной оси.

Обработка «Контур» предназначена для точения с одним рабочим ходом резца и используется, в основном, при выполнении чистовых проходов.

Режим «Многопроходная» обработка» применяют при черновой обработке для следующих видов точения:

- многопроходного наружного точения;
- растачивания отверстий за несколько проходов;
- многопроходного подрезания торцов;
- многопроходного точения канавки.

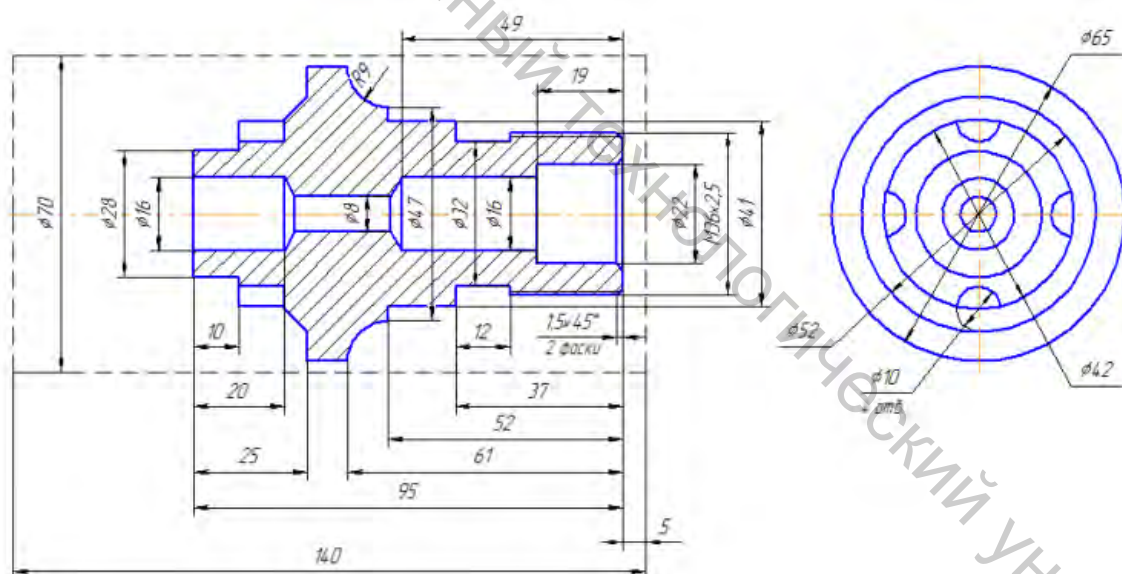
Удаление припуска в перечисленных случаях выполняется параллельными проходами инструмента с продольной или поперечной подачей, а также движениями, эквидистантными к контуру обработки, с профильной подачей, включая подрезание торцов и обработку внутренних поверхностей.

При использовании режима «Нарезание резьбы плашкой/метчиком» обработка выполняется при однопроходном движении режущего инструмента вдоль координатного направления Z.

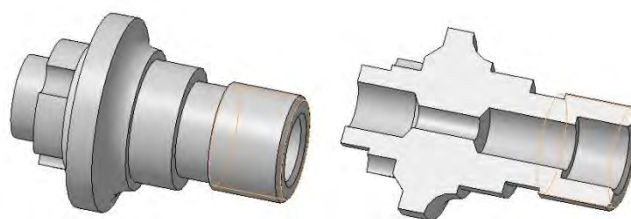
Режим «Нарезание резьбы резцом» используют при многопроходной обработке токарным резцом на поверхности детали винтовой поверхности различного профиля с заданным шагом.

Обработка «Сверление» предназначена для получения в заготовке отверстий, расположенных соосно оси Z.

2.7 Составление управляющей программы рассматривается на примере изготовления детали «Втулка», фрагмент чертежа и трехмерной модели которой показан на рисунке 2.1.



а



б

Рисунок 2.1 – Фрагмент чертежа детали «Втулка» (а) и её трехмерная модель с разрезом (б)

В качестве заготовки (показана штриховой линией) предполагается использовать сортовой прокат диаметром 70 мм длиной 105 мм.

2.8 Токарную обработку заготовки выполняют за два установа, при этом поверхности диаметром 10 мм глубиной 10 мм (4 места) на токарном станке с не приводными инструментами изготовить не представляется возможным, поэтому их выполняют затем на фрезерном станке.

Составляют планы обработки для каждого из них, которые можно представить в виде таблицы. В таблице 2.1 приведена последовательность переходов по обработке поверхностей детали на длине 70 мм, начиная от правого торца до диаметра 65 мм.

Таблица 2.1 – План обработки заготовки детали «Втулка» для первого установа (от правого торца)

№ пере-хода	Содержание перехода	Инструмент для обработки	Поз.
1	Подрезать торец по программе с припуском 0,5 мм	Резец проходной с ф 90°	T1
2	Точить по программе контур детали справа от \varnothing 70 мм до \varnothing 36 мм с припуском 0,5 мм предварительно	Резец проходной с ф 90°	T1
3	Центровать отверстие под сверление по программе	Сверло центровочное \varnothing 4 мм	T2
4	Сверлить по программе отверстие \varnothing 16 мм на глубину 49,5 мм окончательно	Сверло спиральное \varnothing 16 мм	T3
5	Расточить по программе отверстие \varnothing 16 мм до \varnothing 22 мм на глубину 19,5 мм окончательно, снять фаску 2x45°	Резец расточной с ф 90°	T4
6	Точить по программе контур детали справа с подрезкой торца окончательно	Резец проходной с ф 90°	T5
7	Точить по программе канавку шириной 12 мм до \varnothing 32 мм	Резец канавочный 4,8 мм	T6
8	Нарезать резьбу М36 с нормальным (крупным) шагом по программе окончательно	Резец резьбовой	T7

В таблице 2.2 приведена последовательность переходов по обработке поверхностей детали после переустановки детали и её зажима по диаметру 41 мм с упором в торец по размеру 52 мм.

Таблица 2.2 – План обработки заготовки детали «Втулка» (от правого торца) для второго установа

№ пере-хода	Содержание перехода	Инструмент для обработки	Поз.
1	Подрезать торец по программе с припуском 0,5 мм	Резец проходной с ф 90°	T1

Окончание таблицы 2.2			
2	Точить по программе контур детали справа от $\varnothing 28$ мм до $\varnothing 65$ мм с припуском 0,5 мм предварительно	Резец проходной с $\varphi 90^\circ$	T1
3	Центровать отверстие под сверление по программе	Сверло центровочное $\varnothing 4$ мм	T2
4	Сверлить по программе отверстие $\varnothing 8$ мм на глубину 50 мм окончательно	Сверло спиральное $\varnothing 8$ мм	T3
5	Рассверлить по программе отверстие $\varnothing 8$ мм до $\varnothing 16$ мм на глубину 20,5 мм окончательно	Сверло спиральное $\varnothing 16$ мм	T4
6	Точить по программе контур детали справа с подрезкой торца окончательно	Резец проходной с $\varphi 90^\circ$	T5

2.9 Для каждого установка создают копии исходной модели детали. Для этого в системе КОМПАС создают новый документ «Деталь-заготовка» и открывают файл исходной модели детали. При этом появится копия модели детали, полностью ассоциативная с моделью-источником.

На полученной модели создаем локальную систему координат (ЛСК). Её размещают **на торце заготовки** (после появления окна ЛСК изменяют способ построения на «Относительно СК» и задают величину припуска на торец заготовки по оси X (например, 5 мм).

Поскольку предполагается обработка отверстий, для наглядности процесса выбора внутренних поверхностей и отслеживания процесса обработки, рекомендуется создать сечение детали плоскостью ZX.

Перечисленные действия выполняют с помощью библиотеки «Модуль ЧПУ. Токарная обработка».

В результате получают модель для первого установка с выбранной системой координат.

Сохраняют полученную модель в файле «Втулка-установ 1» (рис. 2.2).

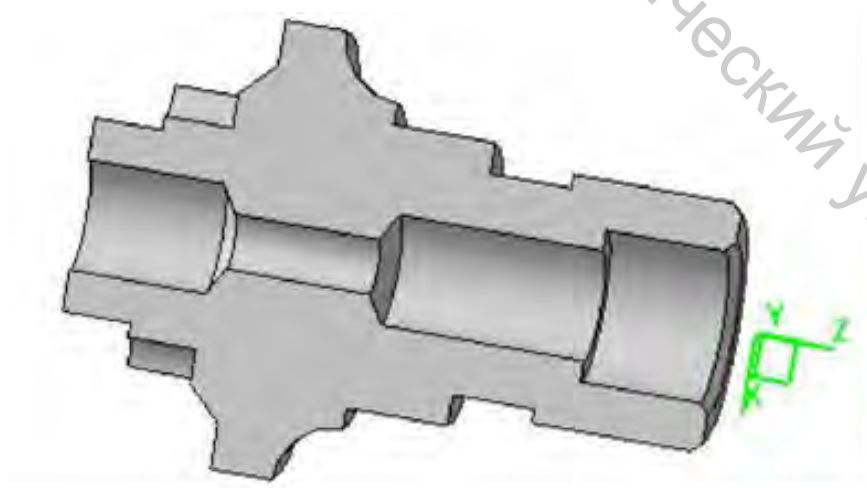


Рисунок 2.2 – Вид модели для обработки с первого установка

Аналогичным образом создают 3D-модель детали для второго установка, располагая на втором торце ЛСК (с учетом припуска на обработку торца).

Сохраняют полученную модель в файле «Втулка-установ 2» (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Вид модели для обработки со второго установка

2.10 Выполняют выбор ЛСК с обязательным указанием стойки ЧПУ токарного станка, задают заготовку, инструменты и приспособления для осуществления первого установка. Для этого вызывают команду библиотеки «Система ЧПУ» (рис. 2.4). В дереве построения модели указывают ЛСК: выбирают, например, систему ЧПУ НЦ-31. После выполнения команды в «Плане обработки» появится узел дерева «Система ЧПУ» (рис. 2.5).

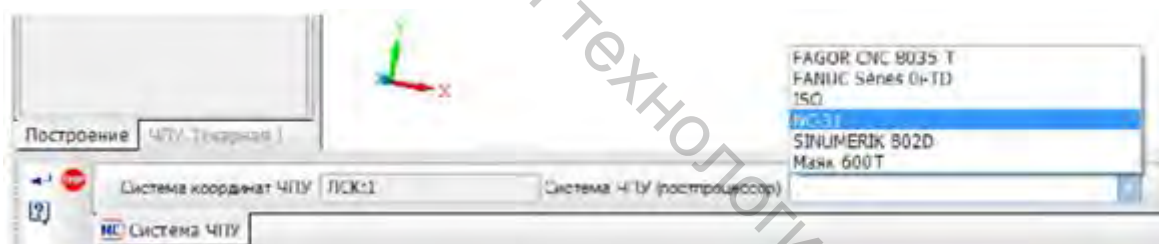


Рисунок 2.4 – Выбор системы ЧПУ станка

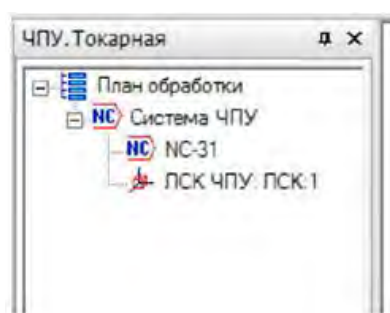


Рисунок 2.5 – Вид дерева модели после выбора системы ЧПУ станка

2.11 Затем вызывают команду библиотеки «Заготовка, инструменты». Задают длину и диаметр заготовки.

На появившейся панели свойств на вкладке «Контур заготовки» выбирают «Прокат». Задают длину и диаметр заготовки (рис. 2.6).

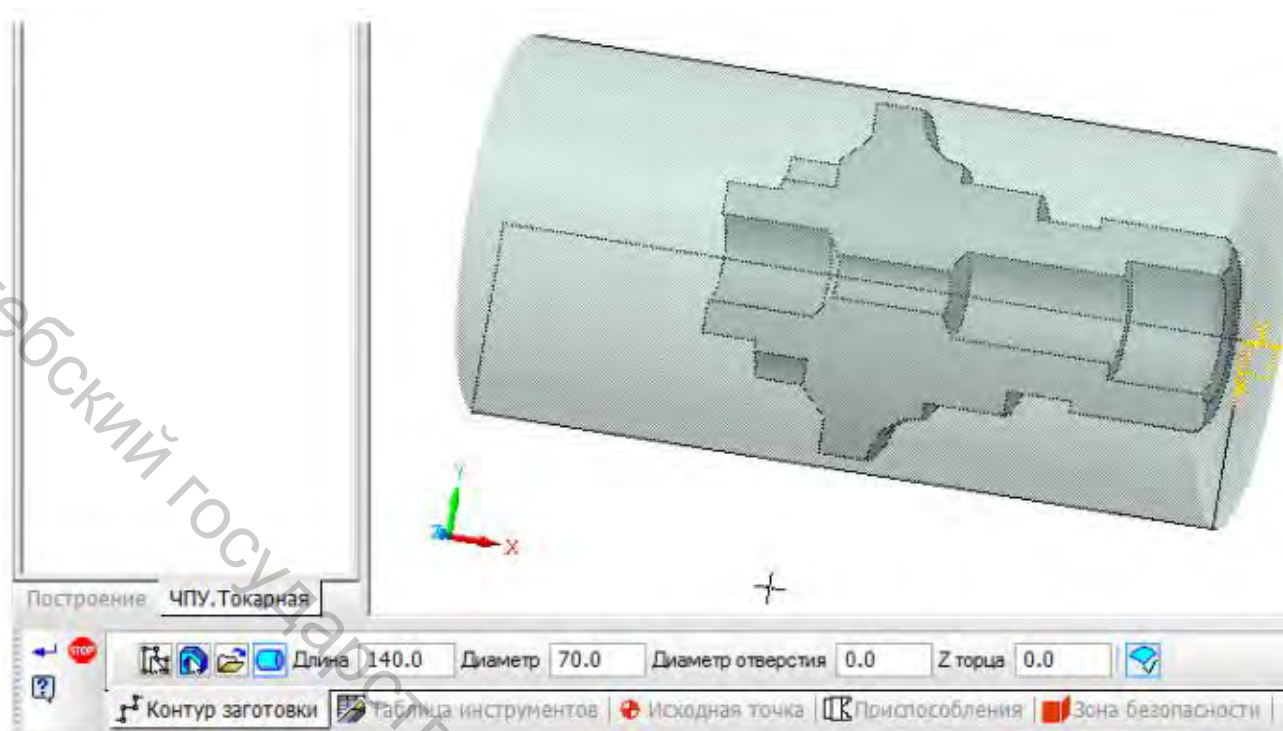


Рисунок 2.6 – Создание заготовки

Затем переходят во вкладку «Таблица инструментов», в каждую строку которой в соответствии с планом обработки добавляют соответствующий режущий инструмент (револьверная головка станка имеет 12 позиций). Таблица инструментов до заполнения содержит 12 пустых строк.

Каждая строка таблицы соответствует одной позиции револьверной головки. Таблицу заполняют, исходя из предполагаемой последовательности обработки. Чтобы добавить инструмент в позицию, выделяют соответствующую строку таблицы и нажимают одну из кнопок: «Добавить инструмент из каталога» или «Добавить инструмент из файла». В первой позиции используют сборный резец с пластиной из твердого сплава. Для его установки нажимают кнопку «Добавить инструмент из файла», находят и открывают файл «Сборный резец1.a3d». Остальные инструменты выбирают из «Каталога инструментов». Одновременно в таблице «Параметры инструмента» настраивают параметрические переменные инструментов (рис. 2.7).

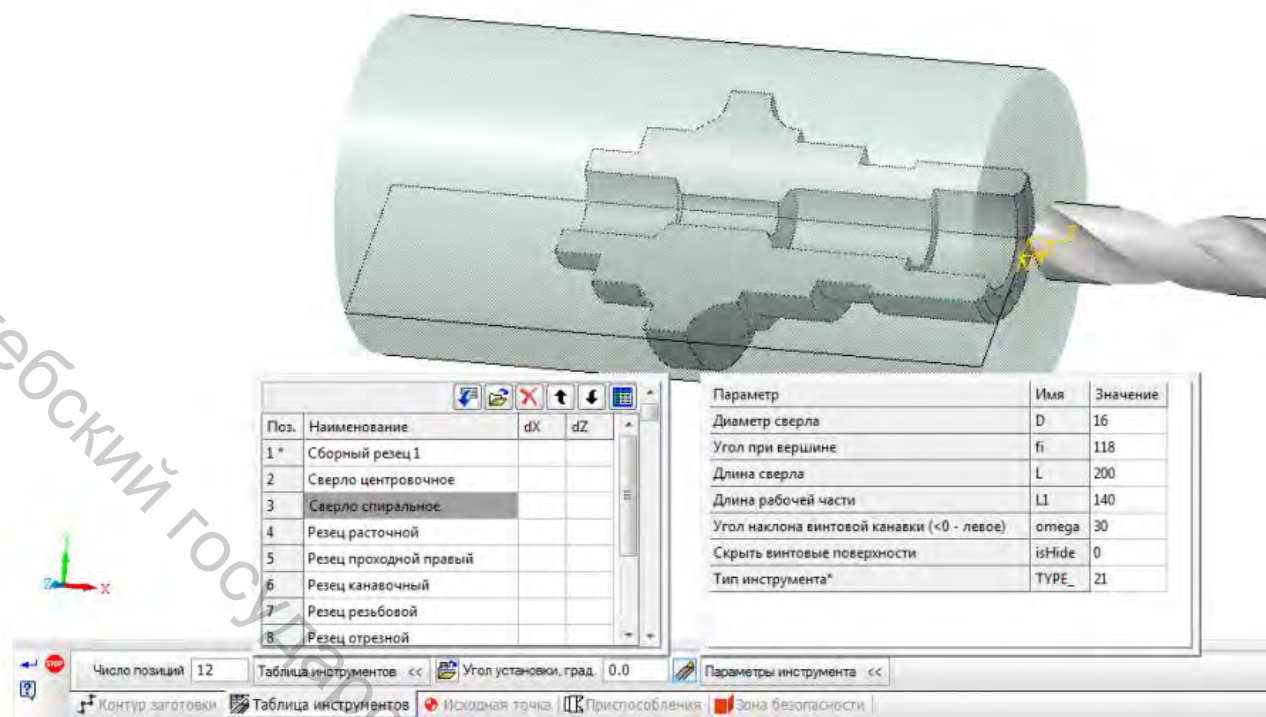


Рисунок 2.7 – Создание таблицы инструментов

Поскольку при обработке различных поверхностей заготовки будут использованы различные инструменты, предполагается их смена. Смена инструмента в револьверной головке выполняется при таком её положении, когда инструмент выведен за пределы зоны обработки. Для этого назначают **ИСХОДНУЮ ТОЧКУ**, в которой будет выполняться каждая смена инструмента. Задают координаты исходной точки (например, X=250, Y=250).

2.12 Переходят в закладку «Приспособления» и из «Каталога приспособлений» выбирают «Патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80». Диаметр зажима кулачков задают равным диаметру заготовки (70 мм). Корректируют положение патрона по оси Z с тем, чтобы можно было выполнить отрезку обработанной детали от операционной заготовки (рис. 2.8).

2.13 Во вкладке «Зона безопасности» задают положение плоскостей безопасности относительно детали в координатах ЛСК.

После выполнения данной команды в «Плане обработки» появится узел дерева «Заготовка, инструменты» (рис. 2.9).

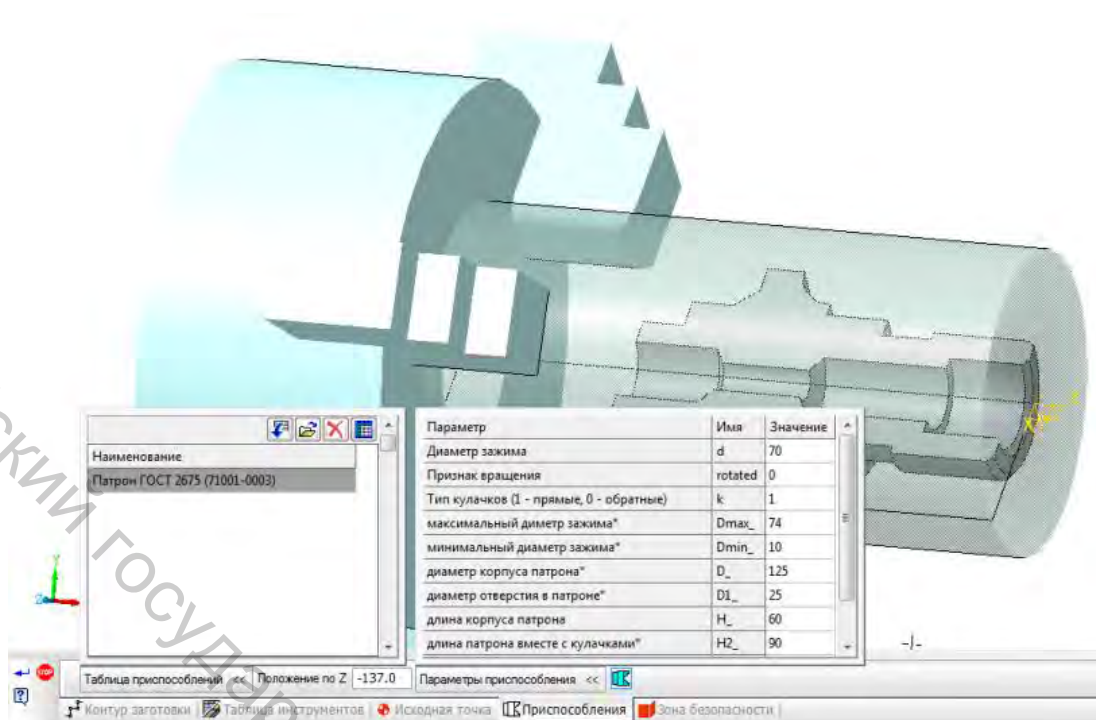


Рисунок 2.8 – Выбор приспособления для зажима заготовки

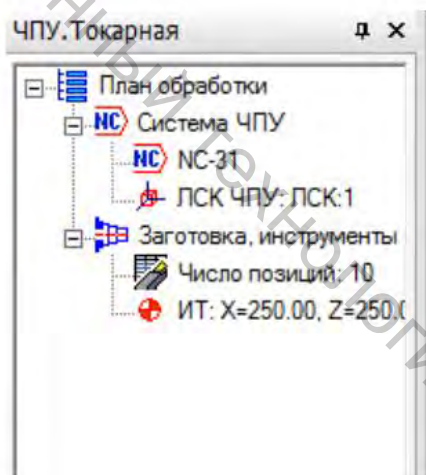


Рисунок 2.9 – Вид дерева обработки

2.14 Подрезание торца операционной заготовки

Создают «План обработки» для первого установа, который представляет собой последовательность технологических переходов. Эту последовательность задают вручную. Причем переходы можно менять местами, удалять или вставлять новые между существующими. Для первого установа все переходы создают в элементарных движениях.

Первый переход выполняют, выбирая команду «Многопроходная». Во вкладке «Рабочий контур» указывают торец заготовки, задают общий припуск, равный 0,5 мм. Исходный контур по умолчанию определяется автоматически как результат предыдущей обработки, либо как контур заготовки. Во вкладке «Инструмент» выбирают инструмент в первой позиции (сборный резец).

Переходят во вкладку «Стратегия». В «Параметрах цикла» задают поперечную подачу. Коррекция инструмента определяется автоматически из параметров инструмента. Поэтому переходят во вкладку «Свойства/статистика», в которой назначают имя перехода «Подрезание многопроходное».

2.15 Черновое точение наружного контура.

При черновом точении наружного контура выбирают команду «Многопроходная». Во вкладке «Рабочий контур» указывают поверхности обработки, задают общий припуск для всех выбранных поверхностей равным 0,5 мм (рис. 2.10).

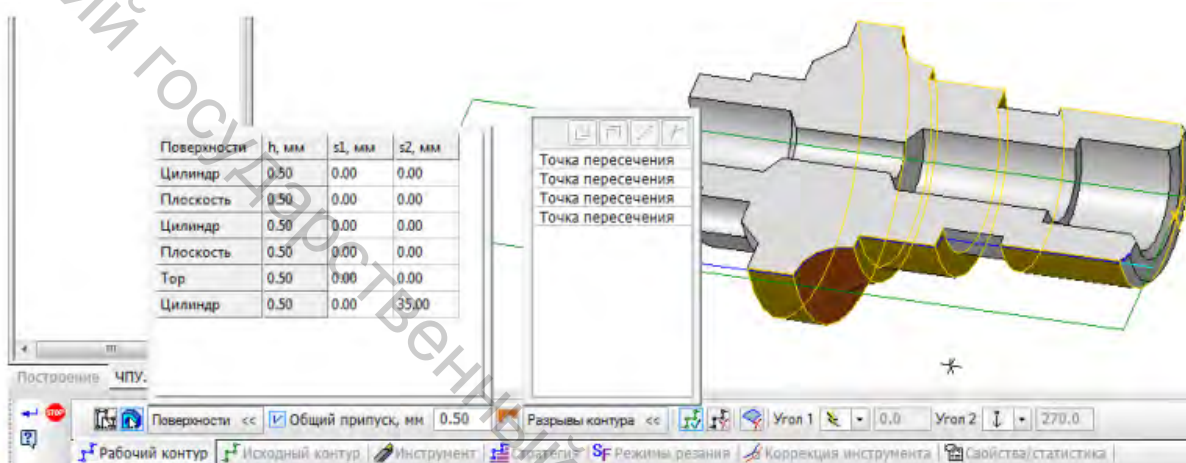


Рисунок 2.10 – Задание поверхностей для наружной обработки

Исходный контур определяется автоматически по умолчанию как результат предыдущего перехода обработки, либо как контур заготовки для первого перехода.

Переходят во вкладку «Инструмент» и выбирают первый инструмент (сборный резец 1, рис. 2.11).



Рисунок 2.11 – Задание инструмента для обработки

Во вкладке «Стратегия» по умолчанию используют схему обработки в элементарных движениях. В «Параметрах цикла» задают глубину резания 2,5 мм и включают опцию «Зачистка». Используют режимы резания по умолчанию. Коррекция инструмента определяется автоматически из параметров инструмента. Затем переходят во вкладку «Свойства/статистика», с помощью которой изменяют имя перехода на «Точение черновое». После выполнения данной команды в «Плане обработки» появится переход с заданным названием (рис. 2.12).

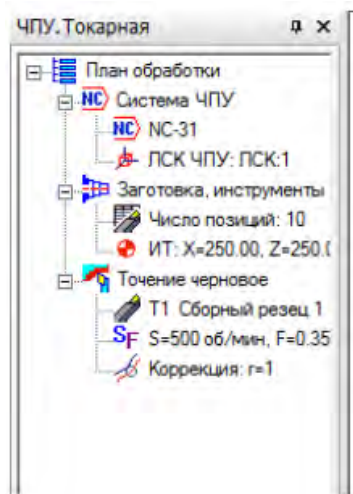


Рисунок 2.12 – Вид дерева обработки

Так как инструмент в текущем переходе совпадает с инструментом на предыдущем, устанавливают способ перемещения инструмента между переходами «Напрямую», что минимизирует холостые перемещения инструмента.

2.16 Центрование заготовки

Выполняют перед сверлением для направления сверла по оси заготовки. Для этого вызывают команду «Сверление».

Во вкладке «Центрование» указывают «Рабочий контур» на модели как торец детали. Исходный контур по умолчанию определяется автоматически как результат предыдущего перехода. Инструмент (сверло центровочное) библиотека в данном случае подбирает автоматически. После задания рабочего контура выполняют команду «ОК».

2.17 Сверление отверстия диаметром 16 мм выполняют, вызывая команду библиотеки «Сверление». Во вкладке «Рабочий контур» указывают поверхность сверления (рис. 2.13).

Переходят во вкладку «Инструмент», при этом сверло спиральное библиотека в данном случае подбирает автоматически.

Во вкладке «Стратегия» в «Параметрах цикла» задают 4 прохода, выбирают цикл с удалением стружки, задают паузу в 1 секунду между проходами и на дне отверстия. Подвод сверла задают равным нулю для сокращения длины холостого пути (поскольку перед сверлением получено центровое отверстие, сверло при подводе не ударится о торец заготовки). Нажимают «ОК».

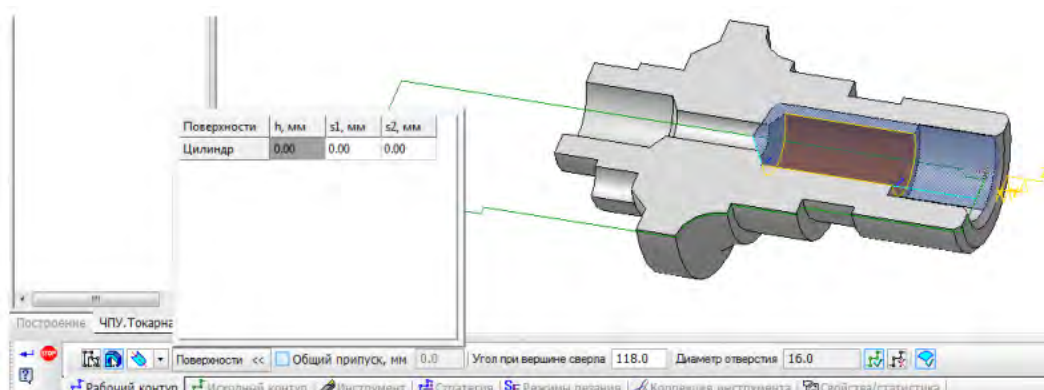


Рисунок 2.13 – Задание параметров для сверления отверстия

2.18 Растачивание отверстия

Следующий переход по растачиванию отверстия выполняют с помощью команды «Многопроходная». Во вкладке «Рабочий контур» указывают поверхности обработки. Переходят на вкладку «Инструмент» и выбирают расточной резец (T4). Во вкладке «Стратегия» задают перебег равным 1 мм и включают зачистку после цикла. Во вкладке «Свойства/статистика» назначают имя перехода «Растачивание» (рис. 2.14).

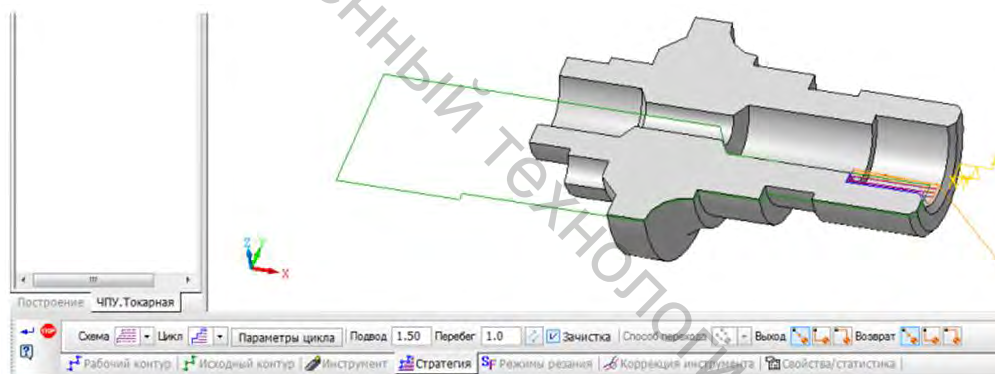


Рисунок 2.14 – Задание параметров для растачивания отверстия

2.19 Чистовая обработка контура

Обработку в первом установе выполняют вызовом команды «Контур», с помощью которой указывают обрабатываемые поверхности (рис. 2.15).

Во вкладке «Инструмент» выбирают «Резец проходной» (T5), во вкладке «Стратегия» задают врезание 2 мм, чтобы избежать столкновения резца при подводе к контуру на ускоренной подаче. Наличие столкновений проверяют, если визуализировать обработку командой «Визуализация». Завершают переход нажатием «ОК» на панели свойств.

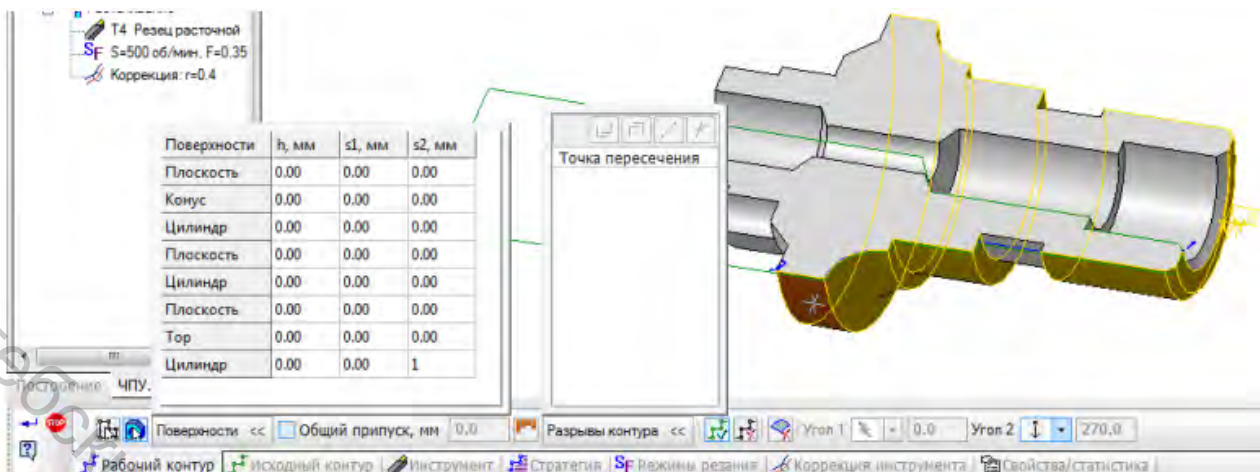


Рисунок 2.15 – Задание поверхностей при чистовой обработке контура

2.20 Точение кольцевой канавки

Программирование обработки канавки шириной 12 мм выполняют вызовом команды «Многопроходная». Затем последовательно во вкладке «Рабочий контур» выделяют обрабатываемые поверхности, во вкладке «Инструмент» выбирают «Резец канавочный» (Т6), во вкладке «Стратегия» – цикл «Многопроходная канавка» (поскольку ширина прорезного резца меньше ширины канавки, см. рис. 2.16). Завершают переход нажатием «ОК» на панели свойств. Название перехода «Канавка многопроходная» в дереве операций формируется автоматически.

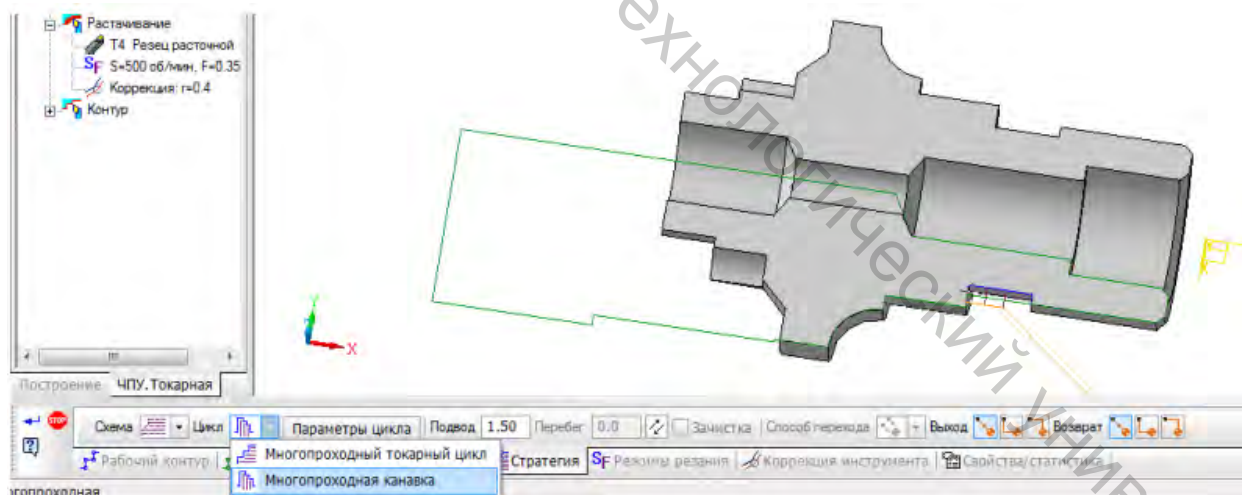


Рисунок 2.16 – Задание параметров при обработке канавки

2.21 Нарезание наружной метрической резьбы

Нарезание резьбы М36 (с крупным шагом) программируют вызовом команды «Нарезание резьбы резцом». Во вкладке «Рабочий контур» указывают поверхность наружного диаметра резьбы. Шаг резьбы (стандартный крупный) задают равным 2,5 мм. Так как резьба метрическая, то глубина профиля резьбы рассчитывается автоматически. Во вкладке «Инструмент» «Резец резьбовой» (Т6) из библиотеки в данном случае подобран автоматически. Во вкладке

«Стратегия» в «Параметрах цикла» устанавливают глубину первого прохода 0,5 мм. Перебег задают 6 мм, при этом перебег автоматически пересчитывается так, чтобы на полной длине резьбы (вместе с врезанием и перебегом) умещалось полное число витков, и принимают значение 5,5 мм (рис. 2.17).

Завершают создание перехода нажатием «ОК» на панели свойств. Название перехода формируется автоматически с учетом диаметра и шага резьбы.

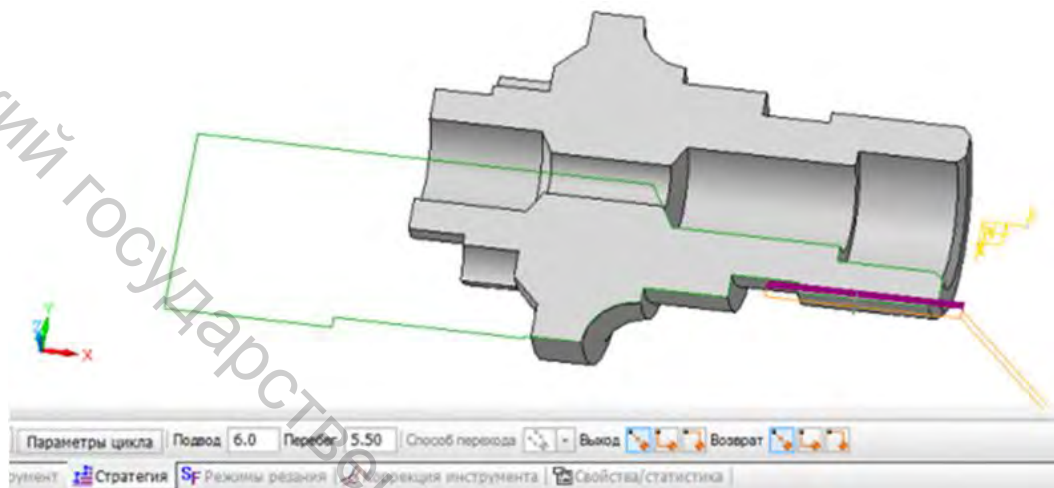


Рисунок 2.17 – Задание параметров при нарезании резьбы

2.22 Отрезание операционной заготовки

Во вкладке «Рабочий контур» указывают поверхность левого торца детали. Переходят на вкладку «Инструмент» и указывают «Резец отрезной», который из библиотеки подбирается автоматически.

На вкладке «Стратегия» в «Параметрах цикла» задают 3 прохода, что улучшит условия резания. Завершают создание перехода нажатием «ОК» на панели свойств (рис. 2.18).

Сформированный «План обработки» и траектории движения каждого инструмента в первом установе показаны на рис. 2.19.

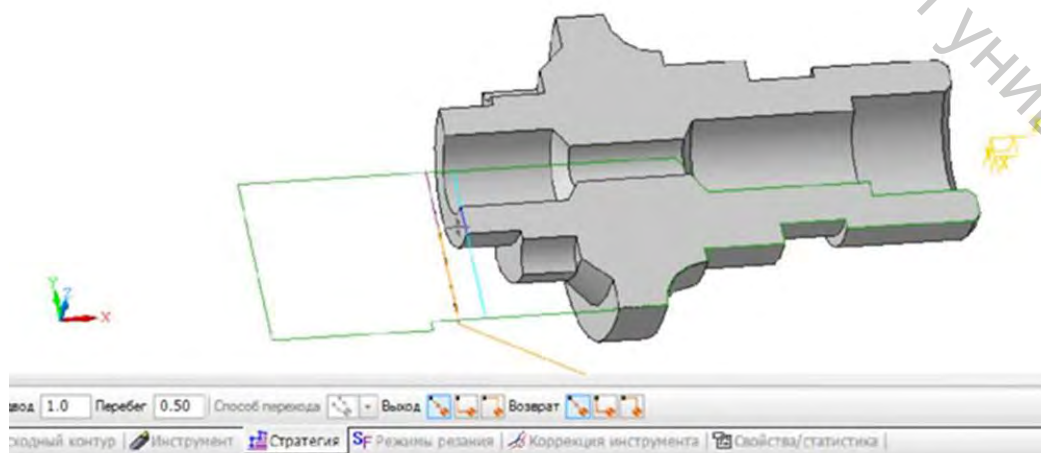


Рисунок 2.18 – Задание параметров при отрезании заготовки

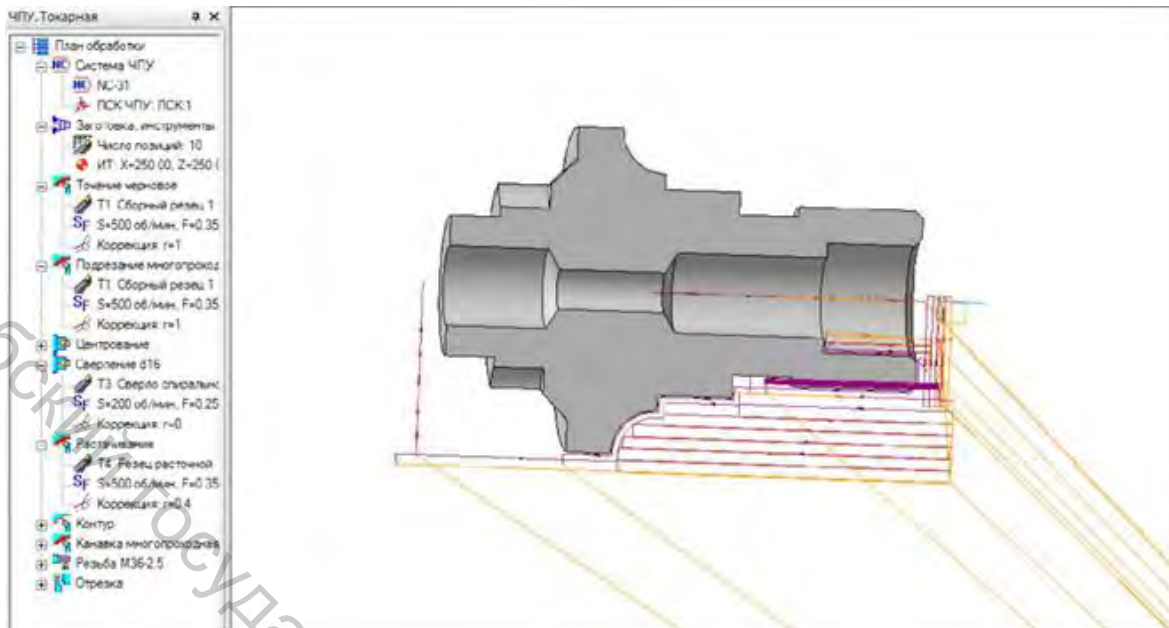


Рисунок 2.19 – План обработки заготовки в первом установе

2.23 Генерирование управляющей программы для первого установа.

Вызывают команду «Программа ЧПУ». В момент вызова команды запускается процесс конвертации управляющей программы из кодов промежуточного языка в коды выбранной системы ЧПУ с помощью постпроцессора. Постпроцессор представляет собой скрипт с открытым кодом на языке Python. Конвертация в зависимости от сложности и объема программы может произойти практически мгновенно или занять несколько секунд. После конвертации программы на экране отображается панель свойств со списками:

- список кадров программы на промежуточном языке;
- программа ЧПУ в кодах системы ЧПУ;
- сообщения постпроцессора (рис. 2.20).

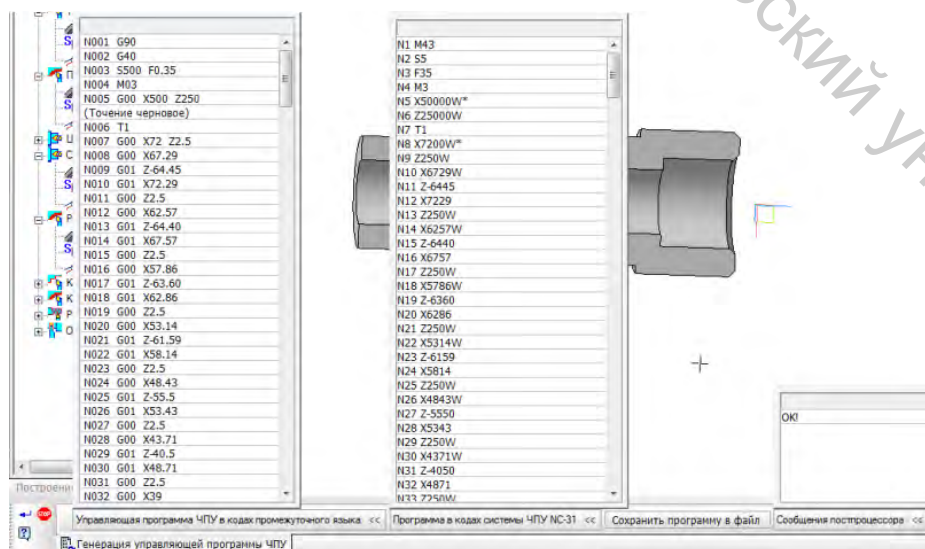


Рисунок 2.20 – План обработки заготовки в первом установе

2.24 Визуализация управляющей программы для первого установа

Вызывают команду «Визуализация». При вызове данной команды выполняется создание управляющей программы, ее конвертация посредством постпроцессора в коды системы ЧПУ, подготовка данных для визуализации. Процесс запуска команды может занять несколько секунд. Визуализация обработки выполняется для промежуточного кода управляющей программы (рис. 2.21).

Нарезание резьбы резцом визуализируется прерывистыми движениями, соответствующими оборотам шпинделя. При этом отображается не винтовая поверхность резьбы, а совокупность цилиндрических канавок. Визуализация нарезания резьбы плашкой или метчиком осуществляется без снятия материала.

В процессе визуализации проверяют:

- корректность управляющей программы в целом (правильность назначения инструментов, приспособлений, визуальный контроль за движениями инструмента);
- столкновения инструмента с приспособлениями;
- врезания инструмента в заготовку на ускоренной подаче.

Кнопки с надписями 3D и 2D предназначены для создания модели или фрагмента с результатом обработки для определенного кадра управляющей программы. Полученные с помощью данных команд 3D-модель или 2D-фрагмент можно использовать для анализа точности обработки детали, проверки наличия «зарезов» или не удаленного материала.

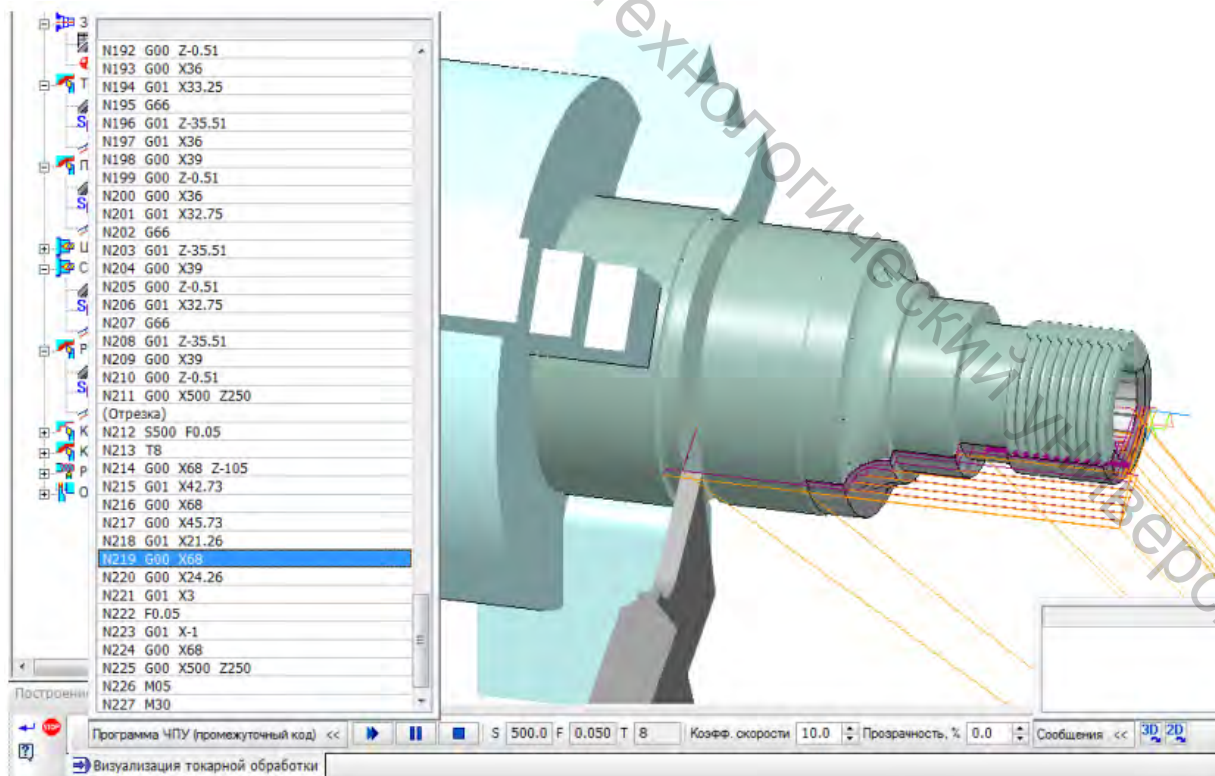


Рисунок 2.21 – Визуализация программы обработки заготовки в первом установе

2.25 Задание заготовки, инструментов, приспособлений для второго станова

Открывают файл модели для второго станова и во вкладке «Контур заготовки» нажимают кнопку «Открыть файл заготовки» «Втулка-установ 2», созданный в п. 2.9. (рис. 2.22).

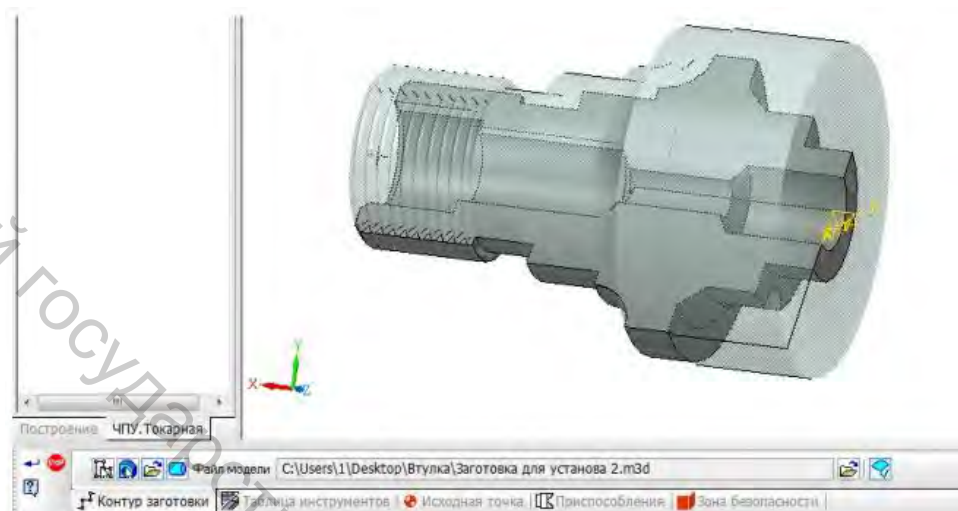


Рисунок 2.22 – Создание контура заготовки для второго станова

При выборе ЛСК вызывают команду «Система ЧПУ» и в дереве операций указывают «ЧПУ НЦ-31».

Дальнейшие действия практически аналогичны тем, которые были выполнены для первого станова за исключением задания контура заготовки и заполнения «Таблицы инструментов».

Для задания инструментов переходят во вкладку «Таблица инструментов». Если при обработке с нового станова используют те же инструменты, что и в первом станове, нажимают кнопку «Копировать таблицу инструментов». В результате инструменты для обработки остальной части втулки копируются из первого станова (рис. 2.23).

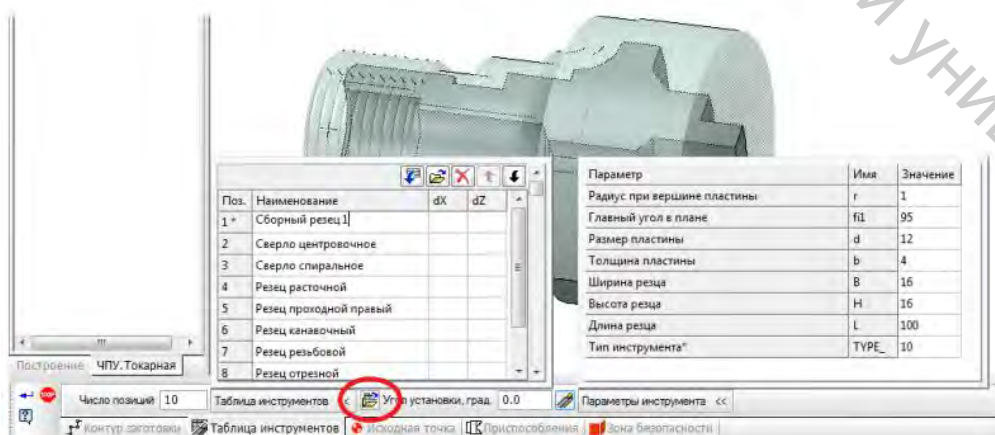


Рисунок 2.23 – Создание инструментов для второго станова

Переходят во вкладку «Приспособления» и из каталога приспособлений выбирают «Патрон трехкулачковый ГОСТ 2675». Задают диаметр зажима кулачков равным диаметру обработанной детали в первом установе (41 мм). Корректируют положение патрона по оси Z, упирая торец кулачков патрона в торец выступа соседнего диаметра (рис. 2.24).

2.26 Создание «Плана обработки» для второго установа и обработка контура.

Исходя из разработанной технологической последовательности, разрабатывают первый переход по черновому точению наружного контура операционной заготовки. Выбирают команду «Многопроходная», так как обрабатывают ступенчатые поверхности заготовки.

Во вкладке «Рабочий контур» указывают поверхности обработки, задают общий припуск для всех выбранных поверхностей равным 0,5 мм (для чистовой обработки поверхностей).

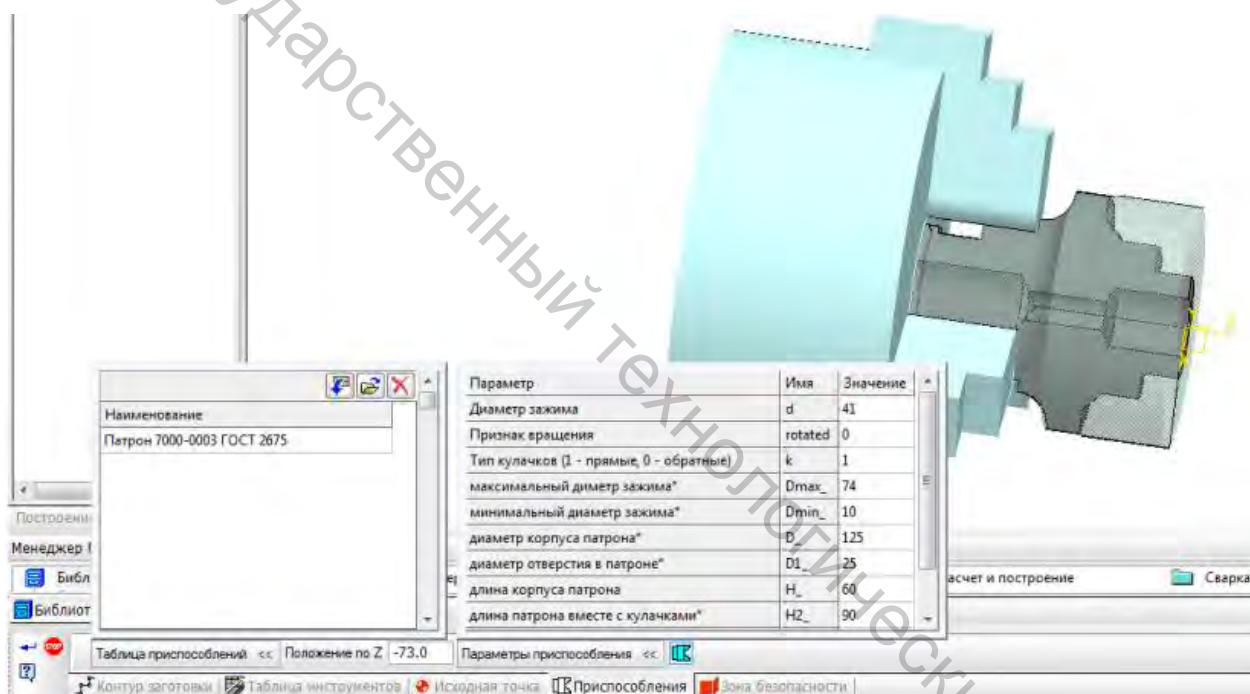


Рисунок 2.24 – Выбор приспособления для второго установа и его позиционирование

Исходный контур по умолчанию определяется автоматически как результат предыдущей обработки, либо как контур заготовки для первой обработки в «Плане обработки». Во вкладке «Инструменты» выбирают инструмент в первой позиции револьверной головки T1 (сборный резец).

Во вкладке «Стратегия» используют схему обработки в станочных циклах. В списке циклов выбирают цикл многопроходного продольного точения G77. В «Параметрах цикла» задают глубину резания за каждый проход 2,5 мм (рис. 2.25).

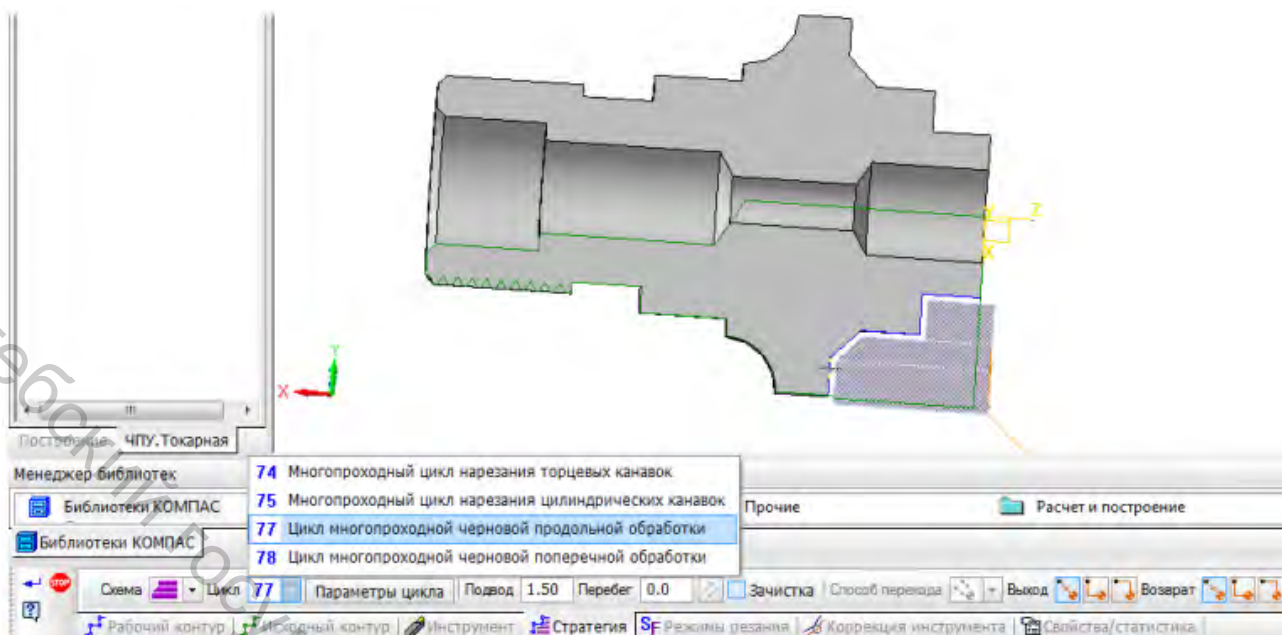


Рисунок 2.25 – Задание параметров многопроходного продольного точения для второго установа

2.27 Чистовая обработка контура

Вызывают команду «Контур», во вкладке «Рабочий контур» указывают наружные поверхности операционной заготовки, обрабатываемые за один проход (рис. 2.26). Во вкладке «Инструмент» выбирают «Резец проходной» (чистовой, T5), установленный в соответствующей позиции револьверной ГОЛОВКИ.

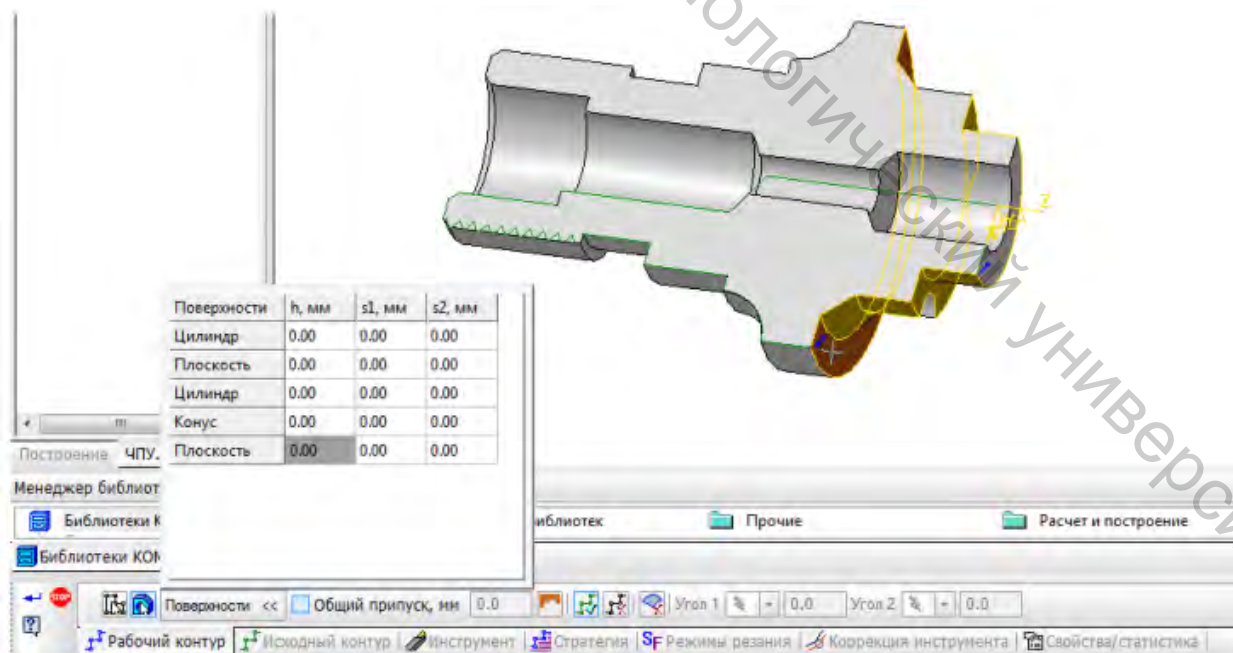


Рисунок 2.26 – Задание параметров чистового прохода наружного точения для второго установа

2.28 Центрование

Переход выполняют аналогично переходу в первом установе (см. п. 2.16).

2.29 Сверление отверстия

Вызывают команду «Сверление». Во вкладке «Рабочий контур» указывают поверхность отверстия диаметром 16 мм (подсвечивается оранжевым цветом, рис. 2.27).

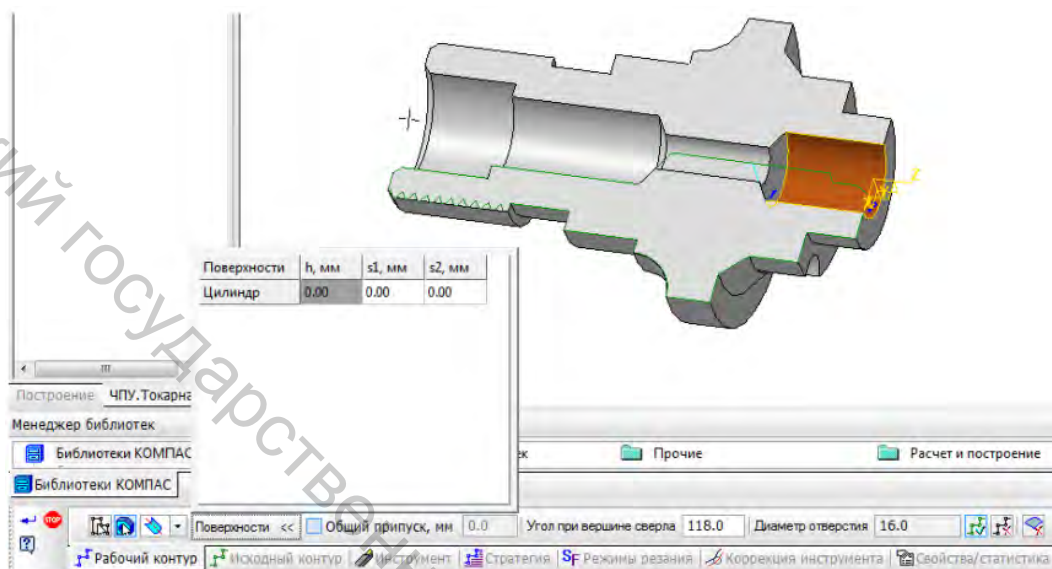


Рисунок 2.27 – Задание поверхности отверстия для сверления

Во вкладке «Стратегия» используют схему обработки в станочных циклах глубокого сверления G73. В «Параметрах цикла» задают глубину сверления за проход, равную 16 мм. При общей глубине отверстия 32 мм сверление будет выполняться за 2 прохода.

2.28 Сверление отверстия диаметром 8 мм

Сквозное отверстие диаметром 8 мм получают аналогично сверлению отверстия 16 мм с помощью станочного цикла G73. Различие состоит в задании параметров цикла: задаю глубину сверления за проход, равной 10 мм. В результате будет выполняться за 3 прохода. Задание способа выхода сверла из «Исходной точки» и возврата в «Исходную точку» устанавливают под прямым углом.

При этом выполняется вначале сверление отверстия меньшего, а затем большего диаметра.

В результате получаем «План обработки» для второго установа, показанный на рисунке 2.28.

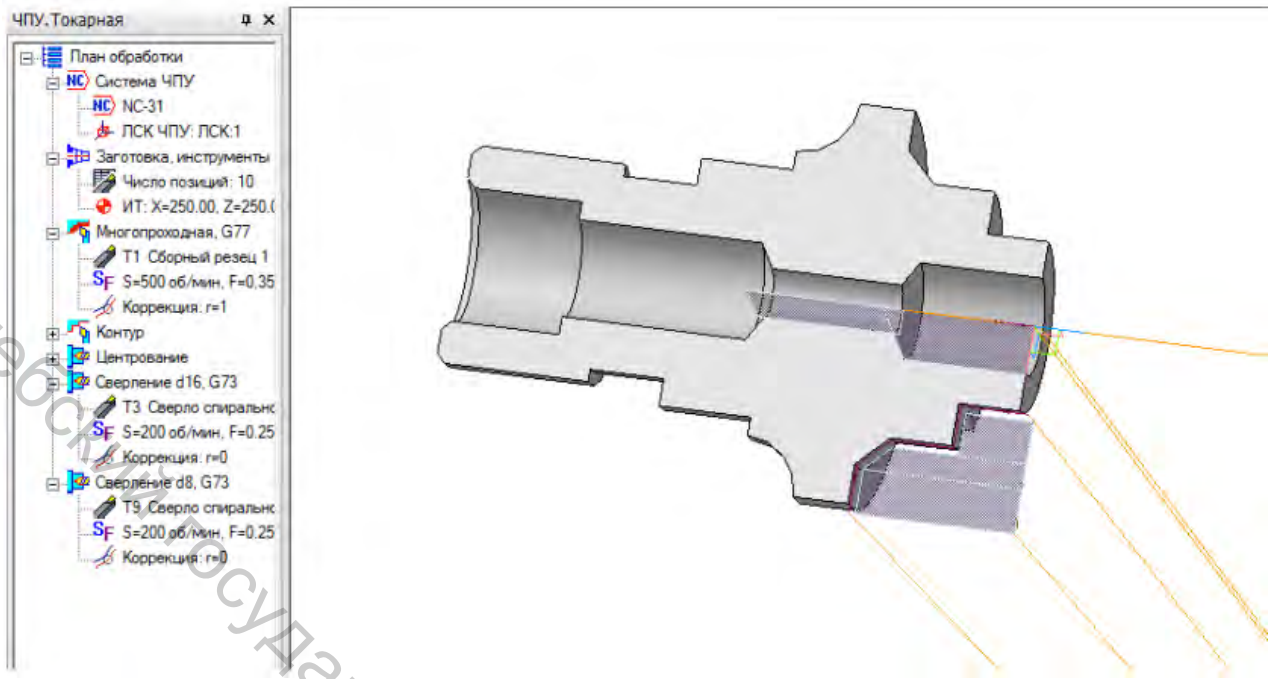


Рисунок 2.28 – План обработки операционной заготовки для второго установка

2.29 Генерация управляющей программы для второго установка

С помощью команды «Программа ЧПУ» генерируют управляющую программу. Фрагменты программ показаны на рис. 2.29.

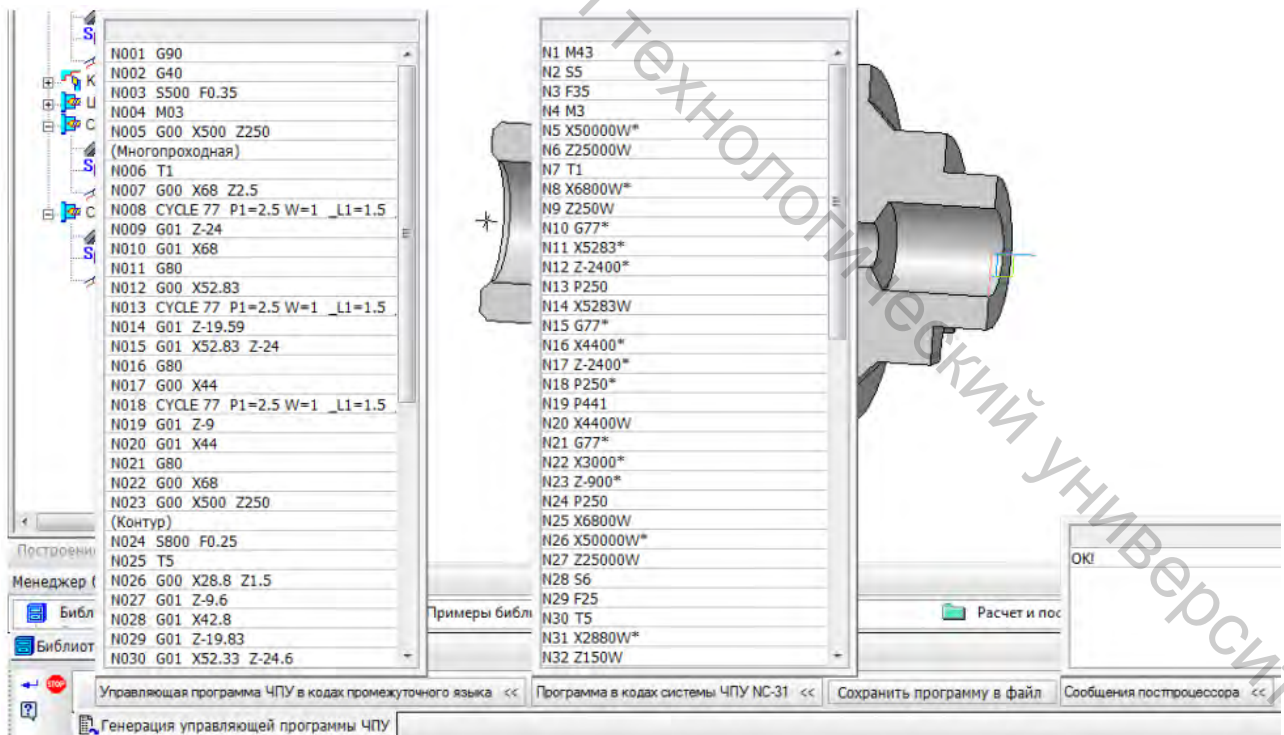


Рисунок 2.29 – Сгенерированные программы обработки операционной заготовки для второго установка

2.30 Визуализация управляющих программ для второго установка

Вызывают команду «Визуализация токарной обработки». Постпроцессор для системы ЧПУ НЦ-31 рассчитывает траектории внутри циклов G77 и G73, поэтому перемещения инструментов внутри этих циклов визуализируются.

Необходимо помнить, что визуализация перемещений инструмента внутри станочного цикла возможна только в том случае, если постпроцессор генерирует траекторию внутри цикла на основе алгоритма стойки управления. Если постпроцессор траекторию цикла не создает, то визуализация станочного цикла пропускается. В этом случае показывается только перемещение инструмента в начальную точку цикла и удаление материала внутри фигуры цикла без движений инструмента внутри цикла.

Для проверки соответствия полученного геометрического образа детали требуемому по чертежу создают документ-фрагмент, содержащий контур детали и контур, полученный в результате обработки (рис. 2.30). При увеличении масштаба фрагмента можно получить плоское изображение контура детали и обработанной операционной заготовки. Сравнение позволяет увидеть не удаленный металл в местах переходов сопрягаемых элементов на детали. Остаточный материал в данном случае обусловлен наличием радиусов у вершин режущих кромок резцов. Вполне очевидно, что конструктор на модели детали должен был выполнить сопряжения в виде скруглений с соответствующим радиусом.

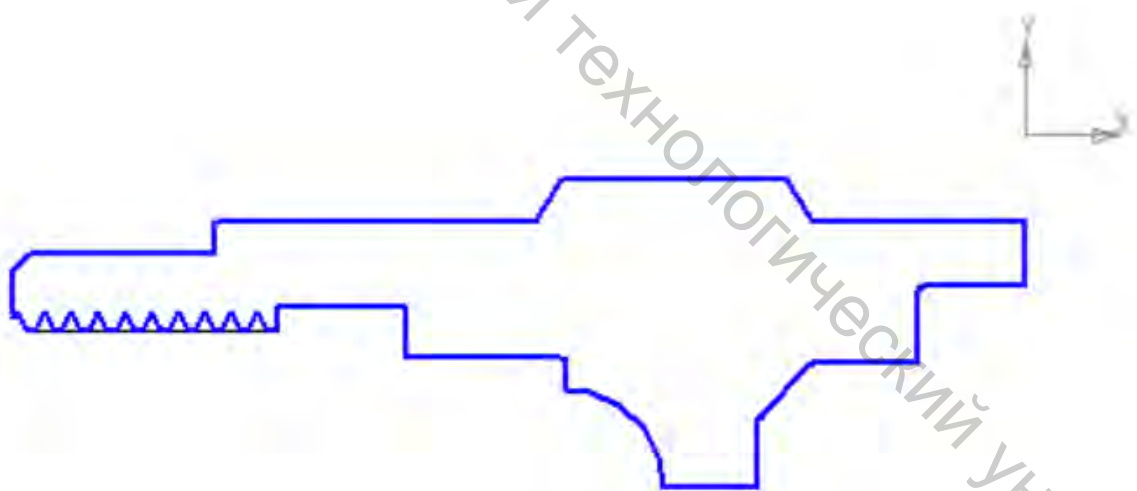


Рисунок 2.30 – Фрагмент обработанной операционной заготовки

3 Порядок выполнения работы

3.1 По выданному варианту задания разработать 3D модель детали и выполнить её рабочий чертёж в соответствии с требованиями ЕСКД (использовать возможности КОМПАС-3D либо других САПР). Разработать технические требования в соответствии с эксплуатационным назначением детали.

3.2 Выбрать заготовку детали.

3.3 Разработать технологическую последовательность черновой и чистовой обработки заготовки в зависимости от количества выполняемых установов.

3.4 Разработать операционную технологию обработки заготовки на токарном станке с ЧПУ, выполнив последовательность, изложенную в п. п. 2.3–2.30 (включительно) раздела 2.

3.5 Оформить отчет о проделанной работе с описанием каждого этапа, перечисленного выше. При оформлении следует использовать возможности не только текстовых, но и графических редакторов, с помощью которых каждый этап для наглядности должен отображать графическую информацию о действиях, выполняемых при программировании в САМ-системе. Изображения в виде рисунков размещают по тексту отчета по мере выполнения работы.

Лабораторная работа 3

Разработка технологического процесса обработки детали формообразующей оснастки на фрезерном оборудовании с ЧПУ с использованием G-кодов

1 Цель работы

1.1 Разработка технологического процесса обработки заготовки с использованием оборудования с ЧПУ.

1.2 Изучение G-кодов и освоение методики составления управляющих программ обработки поверхностей детали по опорным точкам.

2 Порядок выполнения работы

2.1 Изучить общие сведения, относящиеся к фрезерному оборудованию с ЧПУ.

2.2 Изучить основные G-коды и M-функции.

2.3 Получить эскиз детали, разработать 3D-модель детали и выполнить её рабочий чертёж в соответствии с правилами ЕСКД.

2.4 Выбрать заготовку и способ её изготовления.

2.5 Разработать технологический процесс обработки заготовки, включающий операции черновой, получистовой, чистовой и доводочной обработки. В технологии обработки при необходимости должна быть учтена термическая обработка операционной заготовки.

2.6 Выбрать режущие инструменты, рассчитать элементы режима резания, составить схему установки и закрепления операционной заготовки. При разработке технологии обработки ориентироваться на оборудование с ЧПУ.

2.7 Для заданных преподавателем поверхностей разработать управляющие программы их обработки.

3 Общие сведения

3.1 По характеру преобладающих технологических переходов и соответственно по разновидностям главного движения фрезерные станки с ЧПУ относятся к многоцелевым станкам и их можно разделить на три большие группы:

– фрезерно-сверлильно-расточные, с главным движением – вращением инструмента и компоновкой, аналогичной фрезерным (консольным и бесконсольным), сверлильным, горизонтально-расточным;

– токарно-сверлильные, токарно-сверлильно-фрезерные с главным движением – вращением обрабатываемой детали при компоновке, приближающейся к компоновке станков токарной группы;

– станки с широким использованием различных видов обработки (включая строгание) и с совершенно оригинальной компоновкой узлов.

Встречаются многоцелевые станки (МС), скомпонованные как агрегатные станки, а также станки, состоящие из узлов, характерных для универсальных станков. В зависимости от расположения шпинделя, они подразделяются на

горизонтальные и вертикальные. Компоновка многоцелевого станка (МС) в значительной степени определяется его размерами. На крупных вертикальных станках массивная шпиндельная головка может вызывать перекос шпинделя, приводящий к потере точности и появлению вибраций при обработке деталей. По характеру компоновки МС делятся на горизонтальные и вертикальные, в зависимости от расположения оси шпинделя для обработки заготовок корпусных деталей. МС выпускают с одним шпинделем и многопозиционным инструментальным магазином (емкостью 12–120 инструментов), при этом инструмент заменяется в шпинделе автоматически по программе (за 5–6 с); с револьверной инструментальной головкой (число инструментов 5–8, при этом время смены инструмента – 2–3 с) осуществляется поворотом револьверной головки, с револьверной головкой и инструментальным магазином, что позволяет в процессе резания заменять инструмент в неработающих шпинделях револьверной головки.

Производительность МС в 4–10 раз выше производительности универсальных станков благодаря резкому уменьшению доли вспомогательного времени в цикле обработки и, следовательно, увеличению доли машинного времени в цикле. Сокращению вспомогательного времени способствуют автоматическая замена инструмента; высокая скорость быстрых перемещений на вспомогательных ходах исполнительных органов (20–48 м/мин); настройка инструмента на размер вне станка; возможно выполнение контрольных операций на самом станке. В МС используют инструментальные магазины с заранее настроенными на размер инструментами, что сокращает время на переналадку станка. На МС можно осуществлять сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание, нарезание резьбы, растачивание, фрезерование и другие виды обработки. На МС производят, как правило, окончательную обработку деталей. Точность ряда МС соответствует точности координатно-расточных станков: точность отверстий после растачивания соответствует 6–7 качеству; шероховатость обработанной поверхности Ra 1–2 мкм. МС позволяют в автоматическом режиме обрабатывать заготовки сложных корпусных деталей за один установ со всех сторон (кроме базовой поверхности, используемой для закрепления заготовки). Для этого МС оснащают столом, имеющим возможность поворота в вертикальной и горизонтальной плоскостях, так и качания относительно горизонтальной плоскости. Существуют конструкции МС, у которых ось шпинделя устанавливается по программе горизонтально, вертикально или под любым углом к плоскости стола станка. МС могут оснащаться приспособлениями спутниками (ПС) для установки и закрепления заготовок, а также устройствами автоматической смены ПС. Выпускают МС вертикальной и горизонтальной компоновки. МС вертикальной компоновки, предназначенной для обработки заготовок с одной стороны, а при наличии многопозиционных и поворотных приспособлений – с нескольких сторон.

На рисунке 3.1 показан общий вид вертикального многоцелевого станка с ЧПУ (CNC) HERMLE C 30 U.



Рисунок 3.1 – Общий вид вертикального многоцелевого станка с ЧПУ (CNC) HERMLE C40

3.2 Разработка технологического процесса фрезерной обработки на станке с ЧПУ деталей классов 741100, 741400 (по Классификатору ЕСКД), представительными деталями которых являются плиты с гладкими поверхностями, отверстиями и пазами различной формы (см. рис. 3.2), включает анализ технологичности конструкции, выбор заготовки для её изготовления и составление операционной технологии черновой и чистовой обработки, включая операции термической обработки.

После обработки деталь должна соответствовать заданной размерной точности, требуемому взаимному расположению элементов и шероховатости поверхностей, а также обладать заданным комплексом механических и эксплуатационных свойств.

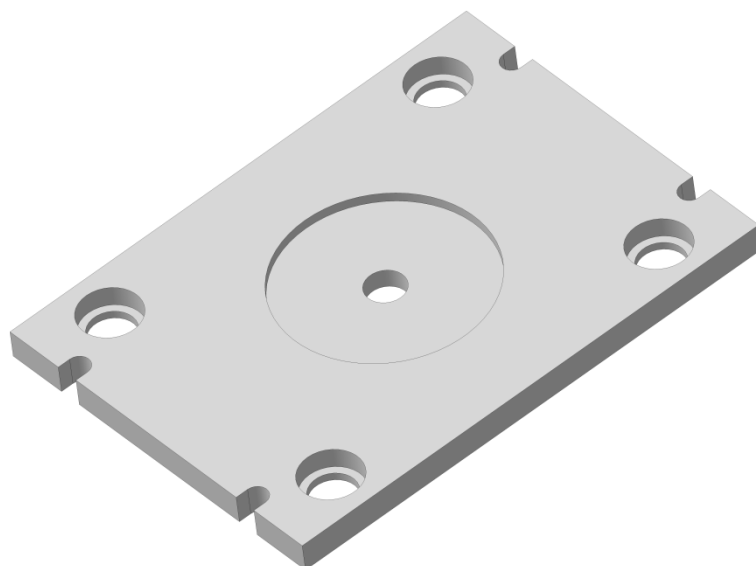


Рисунок 3.2 – Пример конструкции опорной плиты

В качестве исходной заготовки плоскостных деталей используют листовой прокат соответствующей толщины, в которой учтены припуски на черновую и чистовую обработку.

Для разделки исходных листов целесообразно применять современные способы лазерной (при резке тонколистовых заготовок), плазменной и гидроабразивной резки, которые обеспечивают высокую размерную точность заготовок и качество реза, что особенно важно при последующей обработке таких заготовок на станках, оснащенных ЧПУ.

Полученные штучные заготовки затем фрезеруют по контуру окончательно, обрабатывают плоскости начерно, выполняют координатное растачивание отверстий или их фрезеруют на фрезерных станках без переустановки заготовки, проводят предварительное шлифование плоскостей, затем выполняют термическую обработку (например, улучшение), после которой производят окончательную обработку плоскостей (шлифование), пазов и отверстий с жесткими допусками на размеры (6–7 квалитетов точности) и отклонениями от взаимного расположения (отклонениями от параллельности, плоскостности, симметричности, межосевого расстояния).

Для улучшения обрабатываемости заготовки её подвергают нормализации перед механической обработкой.

При составлении технологического процесса обработки необходимо стремиться к минимальному количеству установов заготовки при обработке на металлорежущих станках, что позволит уменьшить погрешности и увеличит точность обработки.

Известно, что фрезерованием обрабатывают различные поверхности, в том числе и фасонные (включая сплайн), уступы и пазы различного профиля. Особенностью процесса резания при фрезеровании является то, что зубья фрезы не всё время находятся в контакте с обрабатываемой поверхностью. Каждый зуб фрезы последовательно вступает в процесс резания, при этом изменяется толщина срезаемого слоя от наибольшей к наименьшей, или

наоборот. Одновременно в процессе резания могут находиться несколько режущих кромок. Это вызывает ударные нагрузки, неравномерность протекания процесса, вибрации и повышенный износ инструмента, повышенные нагрузки на станок.

Различают встречное фрезерование (рис. 3.3 а), когда направление движения режущей кромки фрезы, находящейся в процессе резания, противоположно направлению движения подачи, и попутное фрезерование (рис. 3.3 б), когда направление движения режущей кромки фрезы, находящейся в процессе резания, совпадает с направлением движения подачи.

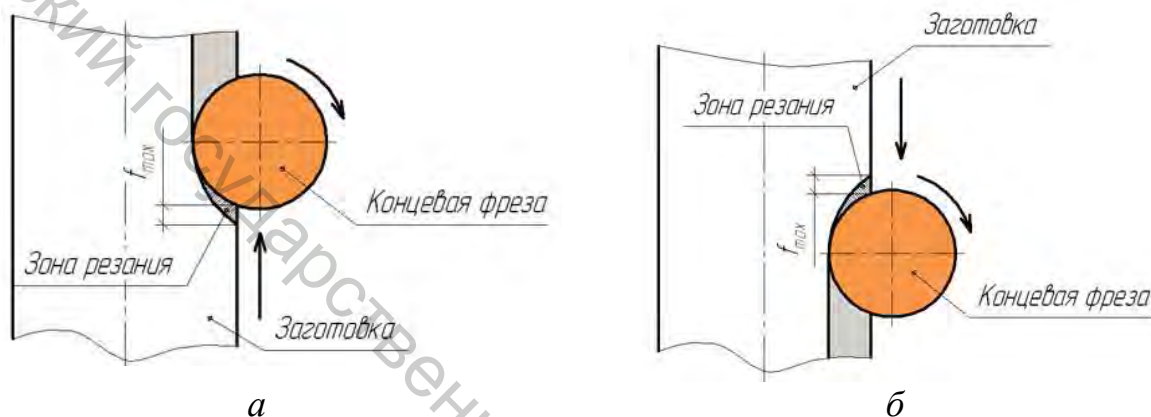


Рисунок 3.3 – Попутное (а) и встречное (б) фрезерование

Результаты обработки по размерной точности и качеству обработки при двух различных схемах фрезерования будут различны. При черновой обработке контура заготовки и её плоскостей допускается снятие припуска как на попутной, так и на встречной подаче, а при чистовой обработке следует использовать только попутное фрезерование.

3.2.1 Обработка контуров плоских заготовок, выборка карманов и пазов, фрезерование плоскостей

Обработку контуров плоских заготовок, выборка карманов и пазов в них выполняют концевыми фрезами. При обработке плоских поверхностей используют торцовые фрезы. При выборе типа фрезы предпочтительным является применение сборных фрез с механически закрепляемыми на них неперетачиваемыми пластинами из твердого сплава. Механическое крепление пластин дает возможность поворота их с целью обновления режущей кромки и позволяет использовать фрезы без переточки. После полного износа пластины заменяются новыми. Весь комплект пластин можно заменить непосредственно на станке, при этом затраты времени на замену не превышают 5–6 минут.

Выбор типа и диаметра фрезы выполняют в зависимости от размеров обрабатываемых плоскостей, пазов и отверстий, учитывая при этом характеристики конкретного типа металлорежущего станка и размеров его шпинделя, а при наличии инструментального магазина – максимально допустимого для установки в магазине диаметра режущего инструмента. Для сокращения основного технологического времени диаметр фрезы выбирают

максимальным с учётом жесткости технологической системы, схемы резания, формы и размеров обрабатываемой заготовки.

Стандартные диаметры фрез устанавливают в соответствии с действующими ГОСТ или данными каталогов предприятий, изготавливающих металлорежущие инструменты, включая фрезы.

При фрезеровании плоскостей исходной заготовки торцовыми фрезами выбирают схему обработки, при которой ось фрезы перемещается относительно обрабатываемой заготовки так, что на большей части перекрываемой фрезой поверхности реализуется схема попутного фрезерования, что улучшит условия обработки и уменьшит вибрации и шероховатость после обработки.

При фрезеровании контура операционной заготовки и её плоскостей следует обеспечить такой способ установки её на станке, при котором установочные и зажимные элементы приспособления не создадут помех режущему инструменту при обработке.

3.2.2 Определение припусков на обработку

Для определения припусков на обработку составляют предварительный технологический процесс обработки детали и для каждой операции (перехода) находят величину припуска, используя данные, приведенные в [11]. При определении припуска на размеры заготовки в плане учитывают способ резки листового проката (величину припуска находят по таблице 3.62 [11]). При определении припусков на фрезерование и шлифование плоских поверхностей заготовок используют данные [11, таблица 3.91, 3.92 с. 212].

Суммируют величины припусков с габаритными размерами детали и находят размеры заготовки в плане, которую необходимо получить при резке листового проката. Толщину листа находят, суммируя припуски на чистовую и черновую обработку плоскостей с толщиной окончательно обработанной детали по чертежу. По сортаменту листового проката принимают ближайшее большее значение толщины исходной заготовки. Корректируют величины припусков на обработку плоскостей.

3.2.3 Режимы резания при фрезеровании

Выбор и расчет режимов резания при фрезеровании производится в следующей последовательности:

1) ширину фрезерования B , как правило, не выбирают, так как она зависит от размеров заготовки детали, паза или уступа;

2) исходя из припуска на обработку определяют максимально допустимую глубину резания t . Припуск на обработку желательно удалить за один проход. При чистовом фрезеровании глубина резания обычно не превышает 0,3–0,5 мм, при тонком фрезеровании – 0,05–0,03 мм;

3) по справочным данным определяют максимально допустимую подачу на зуб фрезы S_z в зависимости от характера обработки (черновое или чистовое фрезерование).

При черновом фрезеровании величина подачи ограничивается прочностью зуба фрезы, прочностью самой фрезы (концевые фрезы, фрезы малых диаметров и др.), недостаточной мощностью, жесткостью станка и т. д.

При чистовой обработке величина подачи должна отвечать требованиям точности и шероховатости обработанной поверхности.

При черновом фрезеровании подача на зуб больше, чем при чистовом, так как чем меньше подача на зуб, тем меньше шероховатость обработанной поверхности;

4) при выбранной глубине резания и подаче на зуб по таблицам нормативов режимов фрезерования определяют скорость резания V , по которой рассчитывают частоту вращения шпинделя станка n (её задают в программе обработки), по формуле:

$$n = \frac{1000V}{\pi D}, \quad (3.1)$$

где D – диаметр инструмента, мм;

5) определяют минутную подачу (задают в программе обработки), $S_{мин}$ (мм/мин.), по формуле:

$$S_{мин} = S_z z n, \quad (3.2)$$

где z – число зубьев фрезы; n – частота вращения инструмента;

б) определяют машинное время обработки поверхности T_m (мин.):

$$T_m = \frac{L_{рх} i}{S_{мин}}, \quad (3.3)$$

где $L_{рх}$ – длина рабочего хода инструмента в направлении подачи за один проход; i – число проходов; $S_{мин}$ – минутная подача (мм/мин).

$L_{рх}$ рассчитывают с учетом величины врезания l и перебега l_1 режущего инструмента (в мм) при обработке плоскостей и наружных контуров торцовыми и концевыми фрезами (рис. 3.4 [12]):

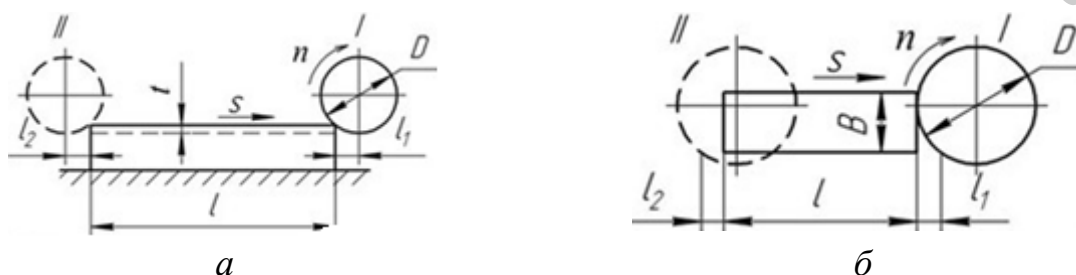


Рисунок 3.4 – Схемы расчета величины врезания и перебега при фрезеровании: а – концевой фрезой; б – несимметричной торцевой фрезой

Для схемы *a* величина врезания и перебега рассчитывается по формуле (в мм):

$$l_1 + l_2 = \sqrt{t(D - t)} + (3 \dots 8). \quad (3.4)$$

Для схемы *b* (в мм):

$$l_1 = \sqrt{A(D - B)}, \quad (3.5)$$

где *A* – величина перекрытия фрезой предыдущего прохода (0,1–0,2 диаметра фрезы); *l*₂ выбирается 1,5–4 мм в зависимости от диаметра фрезы.

3.2.4 Программирование фрезерной обработки по опорным точкам

Для программирования фрезерной обработки контура заготовки и её плоскостей определяют положение координатных систем станка, инструмента и детали и задают положение исходной точки управляющей программы, из которой будет выполняться перемещение режущих инструментов при обработке.

В качестве нулевой точки управляющей программы при фрезерной обработке рекомендуется принять центр заготовки, образованный пересечением диагоналей нижней плоской поверхности. Это обеспечит наилучшие условия для программирования и обработки контура заготовки и её верхней плоскости, которая будет использоваться в качестве установочной базы при фрезеровании противоположной плоскости заготовки после её переустановки. Следует учитывать, что нулевая точка программы должна находиться на безопасном расстоянии от поверхности заготовки, величина которого выбирается самостоятельно (50–150 мм). В этой точке должна находиться рабочая система координат управляющей программы *X_cY_cZ_c*, связанная с деталью. В этой же точке располагают систему координат станка, которая отображается *X_мY_мZ_м*.

Программирование обработки контура заготовки в плане выполняют в два перехода. На первом переходе фрезеруют противоположные, например, длинные боковые поверхности заготовки. Затем выполняют обработку двух других боковых поверхностей. При этом предусматривают замену места расположения прихватов или иных приспособлений, применяемых для зажима заготовки на столе станка или в приспособлении.

При программировании обработки контура операционной заготовки составляют последовательность, при которой фреза из нулевой точки выполнит на ускоренном перемещении подход в точку врезания, опустится на заданную высоту для обработки всей боковой поверхности и затем после задания перемещения на рабочей подаче произойдет срезание припуска на всей длине боковой поверхности заготовки с выходом в точку перебега, расположенную за

пределами обрабатываемой заготовки. Глубина резания при этом составляет не более 0,3–0,4 мм. Затем выполняют возврат инструмента в точку врезания и повторяют процесс, удаляя новую часть припуска. Количество проходов зависит от общей величины припуска на боковую поверхность заготовки.

Каждый инструмент, используемый при обработке, нумеруется соответствующим образом и указывается затем в управляющей программе.

Для составления управляющей программы находят координаты опорных точек, в которых концевая фреза должна находиться при врезании, снятии припуска с поверхности, на участке перебега, а также при возврате в точку врезания для повторного обхода контура (в случае многопроходной обработки) или его части. Следует помнить, что при фрезерной обработке контура, а также при обработке плоских и фасонных поверхностей, программируется траектория движения центра фрезы, которая эквидистантна обрабатываемой поверхности. Координаты опорных точек в этом случае находят, используя возможности КОМПАС-2D.

Пример графического составления последовательности обработки контура заготовки по опорным точкам на станке с ЧПУ показан на рисунке 3.5 [13].

После определения необходимых данных составляют управляющую программу обработки боковых поверхностей заготовки, используя G-коды.

Затем определяют координаты опорных точек, в которых будет находиться торцовая фреза при обработке верхней плоскости заготовки, и составляют новую управляющую программу обработки, используя G-коды.

Каждую программу сохраняют под своим именем. Для составления управляющей программы используют, например, возможности текстового редактора «Блокнот».

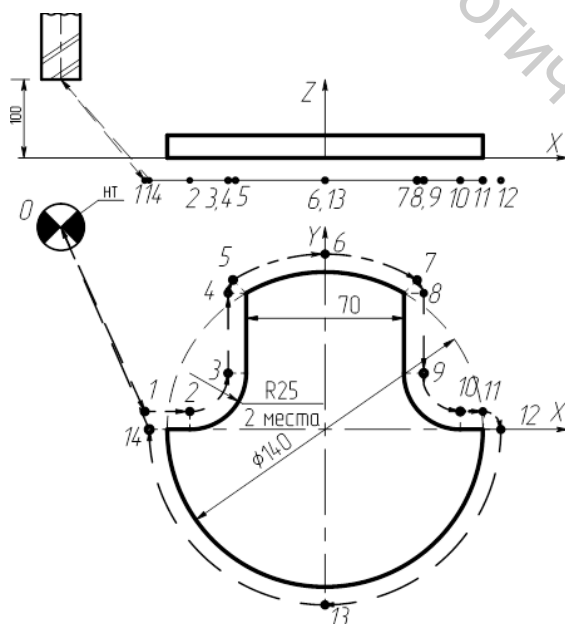


Рисунок 3.5 – Пример последовательности обработки контура по опорным точкам

3.2.5 Фрезерование закрытых полостей

При наличии в детали пазов и отверстий составляют управляющие программы их обработки концевыми фрезами. Обработка замкнутой области затруднена. Основная проблема заключается в трудности входа инструмента в материал заготовки, так как большинство концевых фрез плохо работают на вертикальном врезании. Существует несколько способов решения этой проблемы (рис. 3.6). Один из простых выходов из ситуации – предварительно просверлить технологическое отверстие в пределах обрабатываемого контура и затем опускать в него фрезу. Однако более выгодными будут способы маятникового или спирального врезания, поскольку в этих случаях отпадает необходимость предварительного сверления, а режущий инструмент входит в материал заготовки плавно.

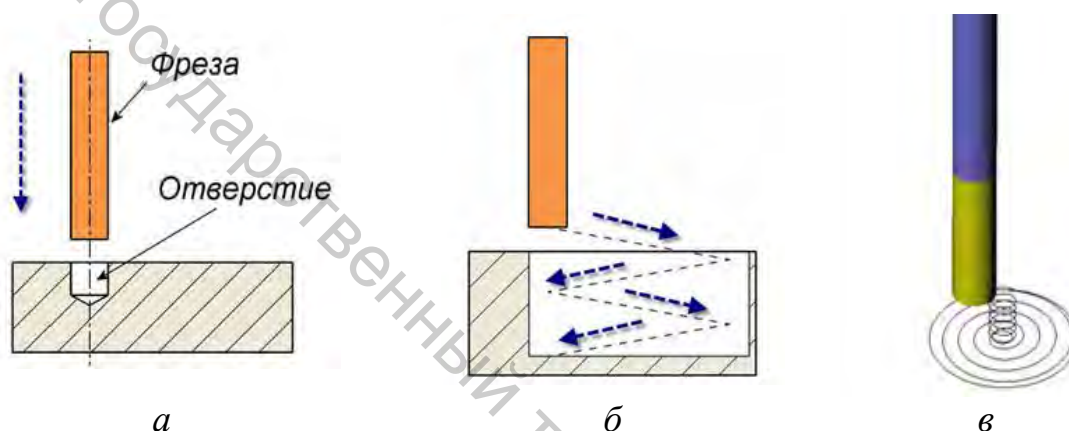


Рисунок 3.6 – Способы врезания при фрезеровании закрытых областей:
а – с предварительным сверлением отверстия; б – с маятниковой подачей;
в – со спиральным врезанием

При реализации двух последних способов необходимо учитывать геометрию режущих инструментов, причем, в основном, величину заднего угла режущего зуба фрезы. От него зависит угол врезания, под которым концевая фреза будет заглубляться в материал. Необходимо обеспечить такое врезание, при котором задняя поверхность инструмента не будет касаться обработанной поверхности. При расчете траектории движения инструмента необходимо, чтобы угол врезания инструмента был меньше заднего угла зуба фрезы. Это позволит создать нормальные условия для врезания и рассчитать длину траектории врезания фрезы за каждый маятниковый ход или ход спирального врезания (рис. 3.6 б и в).

Для составления управляющей программы необходимо выбрать режущий инструмент, с помощью которого будет выполняться черновая и чистовая обработка замкнутой полости (диаметр, длину фрезы и геометрические параметры), и способ врезания. Затем рассчитывают траекторию движения инструмента от исходной точки к точке врезания и обходе контура кармана (или отверстия), определяют координаты опорных точек и с помощью G кодов программируют обработку. Сохраняют составленную программу обработки.

3.2.6 Визуализация обработки контура, плоскостей, карманов и отверстий

Составленные и сохраненные управляющие программы обработки контура плоской детали, её плоскостей, карманов или отверстий затем используют при симуляции процесса обработки с помощью средств визуализации CIMCO Edit V5.5 (и других версий). Для этого после запуска программы открывают текстовый файл с управляющей программой и, включив режим симуляции обработки (Backplot), получают траекторию движения инструмента при обработке соответствующего элемента поверхности. Программное обеспечение позволяет создать модель обрабатываемой заготовки, режущего и вспомогательного инструмента, которые используются при обработке.

Траектории движения размещают в отчете по работе с пояснениями движений, которые отображены в режиме симуляции обработки.

4 Программирование фрезерной обработки

4.1 Рабочий чертёж детали и анализ технологичности

По варианту задания, выданному преподавателем, разрабатывают 3D-модель детали и на её основе выполняют рабочий чертёж с соблюдением требований ЕСКД. На чертеже указать размерную точность элементов детали, точность их взаимного расположения, разрабатывают технические требования к детали, включая требования по твёрдости. При выполнении данного раздела допускается использовать данные, приведенные в [14–15].

При анализе технологичности конструкции детали определяют возможность использования фрезерования и других видов обработки для получения всех элементов детали.

4.2 Расчет заготовки

Составляют предварительный технологический процесс обработки детали и для каждой операции (перехода) находят величину припуска, используя данные, приведенные в подразделе 3.2.2.

Просуммировав величины припусков с габаритными размерами детали, находят размеры заготовки в плане, которую необходимо получить при резке листового проката. Выбирают способ резки исходной заготовки.

Толщину листа находят, суммируя припуски на чистовую и черновую обработку плоскостей с толщиной окончательно обработанной детали по чертежу. По сортаменту листового проката принимают ближайшее большее значение толщины исходной заготовки. Корректируют величины припусков на обработку плоскостей.

Выполняют рабочий чертёж операционной заготовки после резки с указанием размерной точности.

4.3 Выбор режущих инструментов

Для каждого перехода фрезерной обработки выбирают режущие инструменты и их геометрические параметры (передний и задний углы и др.), а также элементы режима резания, используя для этого данные каталогов [9, 16].

Целесообразно данные о режущих инструментах представить в виде таблицы, аналогичной таблице 1.2 (подраздела 1.2.4 [5]). Для каждого

режущего инструмента в соответствии с последовательностью обработки назначают номер (T1, T2 и т. д.), который затем указывают в управляющей программе обработки операционной заготовки.

Указывают вспомогательные инструменты, используемые для установки режущих инструментов на станке.

4.4 Расчет режимов резания

Назначают или рассчитывают элементы режима резания для каждого перехода по обработке элементов операционной заготовки, используя разработанную технологическую последовательность обработки операционной заготовки.

Данные расчетов представляют в виде таблицы, аналогичной сводной таблице элементов режима резания (табл. 1.4) подраздела 1.2.6 [5], скорректировав параметры режима резания для фрезерной обработки.

4.5 Программирование фрезерной обработки контура по опорным точкам и её визуализация

Выполняют программирование фрезерной обработки контура в приращениях. Для этого, используя возможности САПР КОМПАС-3D, составляют в 2D-схему обработки контура концевой фрезой, указав на безопасном расстоянии положение нулевой точки программы (**X0Y0Z0**), из которой будет осуществляться подход инструмента к точке врезания в операционную заготовку на ускоренной подаче, обработка части контура (например, по длинной стороне) с выбранной глубиной резания и выход в точку перебега на рабочей подаче, возврат в точку повторного врезания на ускоренной подаче за один рабочий ход фрезы. Обработку производят при попутном фрезеровании. Выполняют перечисленные действия до тех пор, пока с боковой поверхности заготовки не будет удалён весь припуск. Аналогичным образом выполняют схему обработки противоположной поверхности заготовки. Затем разрабатывают схему обработки коротких сторон контура операционной заготовки.

На полученных схемах обработки отмечают каждую опорную точку, координаты которой указывают в виде таблицы относительно нулевой точки программы. Эти данные используют затем для составления управляющих программ обработки с помощью G-кодов.

Для наглядности целесообразно выполнить 3D-модель операционной заготовки и общую сборку, в которой будут отображены операционная заготовка и плита, обработку которой выполняют пооперационными переходами (см. рис. 3.7). Затем полученная сборка может быть использована для построения в 2D-схем обработки и определения положения опорных точек, в которых будет находиться режущий инструмент при обработке контура, а затем и плоскостей операционной заготовки.



Рисунок 3.7 – Операционная заготовка перед обработкой и обработанная плита

Схема обработки длинной стороны контура на первом проходе контура операционной заготовки показана на рисунке 3.8. На схеме обработки показаны установочные и зажимные элементы, с помощью которых выполняется базирование заготовки на столе фрезерного станка, положение нулевой точки программы, направления движения инструмента при обработке, а также тип подачи при обработке и вспомогательных перемещениях. Для нанесения технологических указаний и обозначений используют «Библиотеку технологических обозначений» КОМПАС-3D.

Приведенную выше схему обработки с нанесенными на ней всеми опорными точками используют для составления управляющих программ обработки контура операционной заготовки по длинным и коротким сторонам, которую выполняют за два установка, не изменяя при этом положения заготовки на станке и, соответственно, нуля программы. Это достигается последовательной заменой положения зажимных элементов относительно обработанных частей контура. Начало и конец каждой управляющей программы должны быть привязаны к нулю программы с координатами **X0Y0Z0**.

Каждую рабочую программу обработки контура сохраняют под своим именем. Выполняют визуализацию обработки контура, создавая модель обрабатываемой заготовки, режущего и вспомогательного инструмента, которые используются при обработке.

Траектории движения, которые отображены в режиме симуляции обработки, размещают в виде приложений.

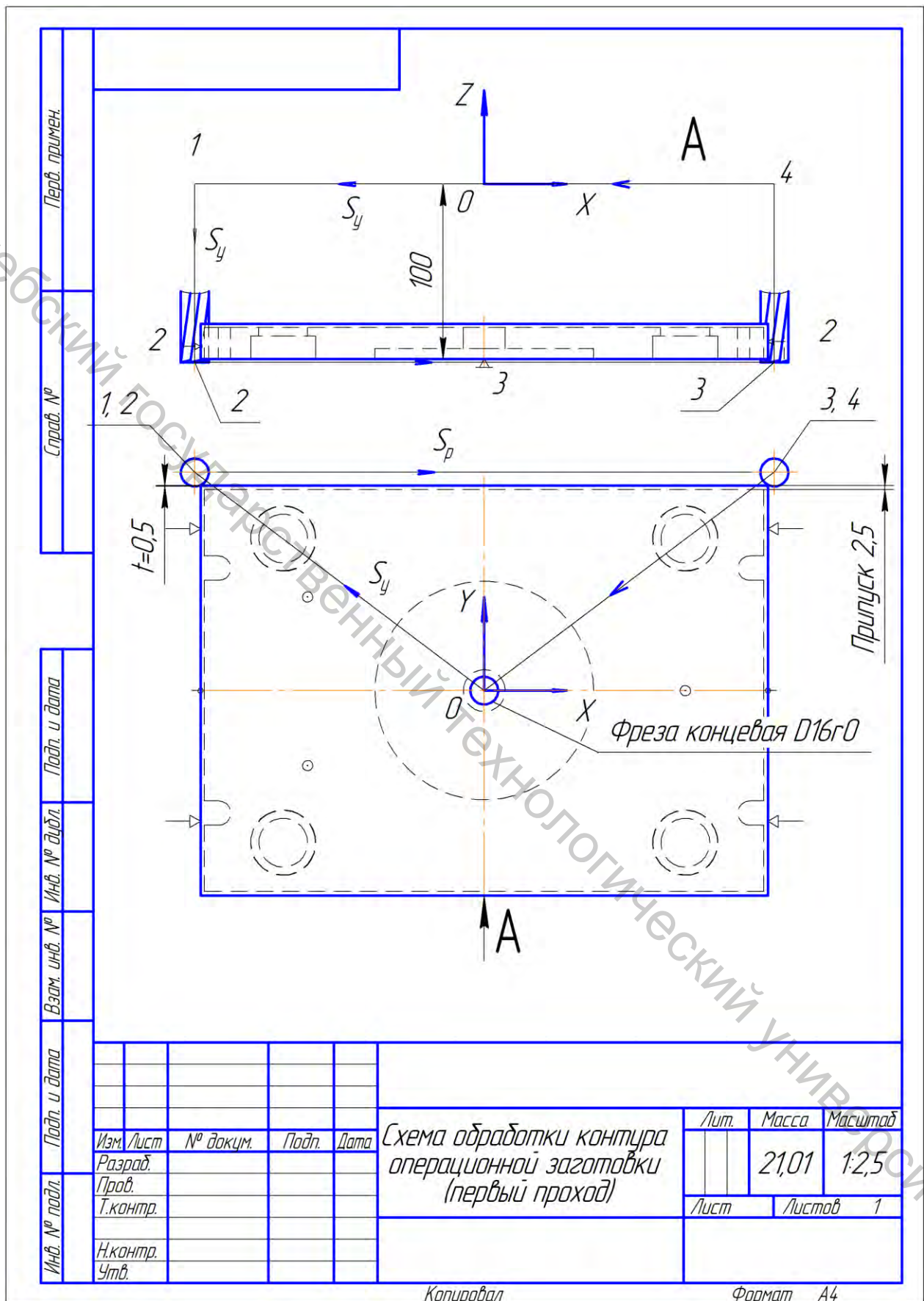


Рисунок 3.8 – Первый проход обработки операционной заготовки (обработанная плита показана штриховыми линиями)

4.6 Программирование фрезерной обработки плоскости операционной заготовки по опорным точкам

Управляющую программы составляют в приращениях. Операционную заготовку, которая обработана по контуру на предыдущих переходах, используют при разработке схемы обработки верхней плоскости.

Не изменяя положения нуля программы, составляют схему, аналогичную приведенной на рисунке 3.8, на которой показывают каждое положение нового режущего инструмента – торцовой фрезы, выбранной ранее, с помощью которой выполняют фрезерование верхней плоскости операционной заготовки с назначенной глубиной резания. Опорные точки нумеруют, определяя их координаты и записывая в виде таблицы. Такой эскиз приводят в курсовом проекте в виде приложения. При определении направления обхода плоскости учитывают особенности фрезерования.

Разработанную схему обработки с нанесенными на ней всеми опорными точками используют для составления управляющей программы обработки верхней плоскости операционной заготовки.

Управляющую программу обработки сохраняют под своим именем. Затем выполняют визуализацию обработки плоскости (режим Backplot в системе CIMCO Edit V5.5 и поздних версий), создавая модель обрабатываемой заготовки, режущего и вспомогательного инструмента, которые используют при обработке.

Текстовую часть управляющей программы и траекторию движения торцовой фрезы, которая отображена в режиме симуляции обработки, размещают в приложении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 23597-79 (СТ СЭВ 3135–81). Станки металлорежущие с числовым программным управлением. Обозначение осей координат и направлений движений. Общие положения / Введен 07.01.80. – Москва : Издательство стандартов, 1993. – 14 с.

2. ГОСТ 20999-83 (СТ СЭВ 3585–82). УСТРОЙСТВА ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ. Кодирование информации управляющих программ / Введен 01.07.84. – Москва : Издательство стандартов, 1983. – 26 с.

3. ГОСТ 3.1109-82 Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий / Введен 01.01.1983. – Москва : Стандартиформ, 2012 (переиздание с поправкой и изм. 1). – 14 с.

4. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормативных работ, выполняемых на универсальных станках с числовым программным управлением. – Москва : Экономика, 1990. – Ч. 1 : Нормативы времени. – 208 с.

5. Савицкий, В. В. Технология автоматизированного изготовления деталей и узлов : методические указания по выполнению курсового проекта для студентов специальности 1-53 01 01-01 «Автоматизация технологических процессов и производств (машиностроение и приборостроение)» высших учебных заведений Витебск / В. В. Савицкий. – Витебск : УО «ВГТУ», 2018. – 36 с.

6. ГОСТ 2590-2006. ПРОКАТ СТАЛЬНОЙ ГОРЯЧЕКАТАНЫЙ КРУГЛЫЙ. Сортамент. / Введен (с изм.) 01.01.1990. – Москва : Издательство стандартов, 1990. – 4 с.

7. ГОСТ 21495-76 Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения / Введен 01.01.1977. – Москва : Издательство стандартов, 1990 (переиздание с изменениями). – 30 с.

8. Выбор фрезерного станка [Электронный ресурс] : Chipmaker.ru (Всё о работе с металлом) – Режим доступа : http://www.chipmaker.ru/topic/138403/page_st_180_p_2376352. – Дата доступа : 14.02.2017.

9. 2008-2009 KYOCERA Cutting tools : Режущий инструмент / Каталог. – KYOCERA FINECERAMICS GMBH, Neuss, Germany, 2008. – 1–S22.

10. БИБЛИОТЕКА «МОДУЛЬ ЧПУ. ТОКАРНАЯ ОБРАБОТКА» : ПРИМЕР ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «ВТУЛКА» / Моделирование 2-координатной токарной обработки : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва». – Саранск, 2013. – 27 с.

11. Балабанов, А. Н. Краткий справочник машиностроителя / А. Н. Балабанов. – Москва : Издательство стандартов, 1992. – 464 с.

12. А. И. Юркус, А. В. Гребнев. Материаловедение. Технология конструкционных материалов [Электронный ресурс] / Kursak.net. – Режим

доступа : <http://kursak.net/a-i-yurkus-a-v-grebnev-materialovedenie-texnologiya-konstrukcionnyx-materialov/>. – Дата доступа 08.01.18.

13. Основы работы на станках с ЧПУ [Электронный ресурс] / Вунивере.ру. – Режим доступа : <https://vunivere.ru/work11125>. – Дата доступа : 10.01.2018.

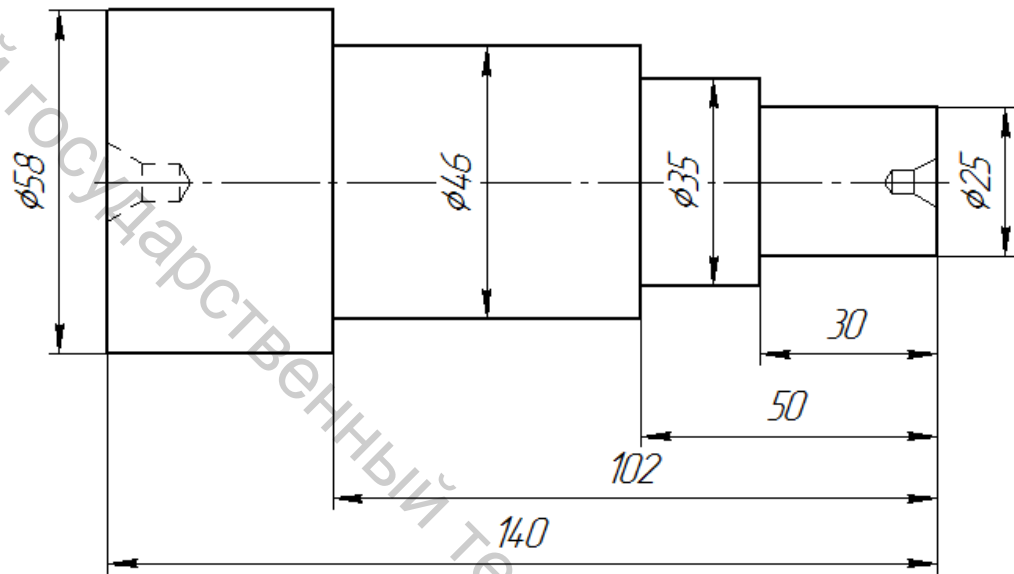
14. ГОСТ 27358-87. ПРЕСС-ФОРМЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПЛАСТМАСС. Общие технические условия / Введён 07.01.1988. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2004. – 15 с.

15. ГОСТ 19946-74. Пресс-формы для литья под давлением деталей из цветных сплавов. Технические условия (с Изменениями N 1, 2) / Введён 07.01.1975. – Москва : Издательство стандартов, 1987. – 8 с.

16. ISCAR // Общий каталог. Вращающийся инструмент : Russian Version 2008 / ISCAR LTD, Israel, 2008. – С. А1–Н23.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

$\sqrt{Ra\ 2,5}$



1 28...32 HRC

2 Отверстие центровое со стороны торца большего диаметра – А6,3; со стороны торца малого диаметра – А4 по ГОСТ 14034-74.

3 $h8, \pm \frac{IT8}{2}$.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<h1>Вал</h1>	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.							1,73	1:1
Проб.						Лист	Листов 1	
Т.контр.						Сталь 40Х ГОСТ 4543-71		
Н.контр.								
Утв.								

Копировал

Формат А4

Учебное издание

**ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ**

Методические указания по выполнению лабораторных работ

Составитель:

Савицкий Василий Васильевич

Редактор *Т. А. Осипова*

Корректор *Т. А. Осипова*

Компьютерная верстка *В. В. Савицкий*

Подписано к печати _____. Формат _____. Усл. печ. листов _____.
Уч.-изд. листов _____. Тираж _____ экз. Заказ № _____.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»
210038, г. Витебск, Московский пр., 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.