

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

**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)»

**Витебск
2019**

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 курсового проекта / сост. В. В. Савицкий. – Витебск : УО «ВГТУ», 2019. – 37 с.

Методические указания содержат общие сведения по содержанию выполняемых при курсовом проектировании заданий, необходимую справочную информацию и ссылки на нормативные документы, необходимые для составления операционной технологии обработки заготовок на оборудовании токарной и фрезерной групп, оснащённом ЧПУ. Разработка управляющих программ для оборудования с ЧПУ выполняется ручным способом по опорным точкам для фрезерной обработки и автоматизированным способом с помощью САМ-системы к САПР КОМПАС-3D «МОДУЛЬ ЧПУ. ТОКАРНАЯ ОБРАБОТКА». Приведен порядок выполнения курсового проекта и требования к его оформлению.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 РАЗРАБОТКА ОПЕРАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ КЛАССА «ВАЛЫ» НА ТОКАРНОМ ОБОРУДОВАНИИ С ЧПУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САМ (КОМПАС) «МОДУЛЬ ЧПУ. ТОКАРНАЯ ОБРАБОТКА» ...	6
1.1 Общие сведения	6
1.1.1 Выбор исходной заготовки	6
1.1.2 Последовательность токарной обработки	6
1.1.3 Построение плана обработки	7
1.1.4 Задание контура обработки, инструментов и приспособлений	7
1.1.5 Создание технологических переходов обработки	7
1.1.6 Составление управляющей программы обработки	8
1.1.7 Визуализация и исправление управляющей программы	8
1.2 Порядок выполнения работы	9
1.2.1 Рабочий чертёж детали и анализ технологичности	9
1.2.2 Расчет заготовки вала из сортового проката	9
1.2.3 Составление последовательности механической обработки	11
1.2.4 Выбор режущих инструментов	13
1.2.5 Выбор приспособлений	14
1.2.6 Расчет режимов резания	14
1.2.7 Планы обработки заготовки для каждого станова	15
1.2.8 Карта наладки станка	15
2 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ ФОРМООБРАЗУЮЩЕЙ ОСНАСТКИ НА ФРЕЗЕРНОМ ОБОРУДОВАНИИ С ЧПУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ G-КОДОВ	16
2.1 Общие сведения	16
2.1.1 Обработка контуров плоских заготовок, выборка карманов и пазов, фрезерование плоскостей	18
2.1.2 Определение припусков на обработку	18
2.1.3 Режимы резания при фрезеровании	19
2.1.4 Программирование фрезерной обработки по опорным точкам	20
2.1.5 Фрезерование закрытых полостей	22
2.1.6 Визуализация обработки контура, плоскостей, карманов и отверстий	23
2.2 Порядок выполнения работы	23
2.2.1 Рабочий чертёж детали и анализ технологичности	23
2.2.2 Расчет заготовки	23
2.2.3 Выбор режущих инструментов	24
2.2.4 Расчет режимов резания	24

2.2.5 Программирование фрезерной обработки контура по опорным точкам и её визуализация.....	24
2.2.6 Программирование фрезерной обработки плоскости операционной заготовки по опорным точкам.....	27
3 ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	28
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	29
ПРИЛОЖЕНИЕ А Карта технологического процесса (первый лист).....	31
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Карта операционных эскизов с картой наладки.....	32
ПРИЛОЖЕНИЕ В Операционная карта механической обработки.....	33
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Карта наладки инструмента.....	34
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Пример карты наладки.....	35
ПРИЛОЖЕНИЕ Е Образец титульного листа.....	36

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Технология автоматизированного изготовления деталей и узлов» входит в состав специальных дисциплин и предназначена для изучения студентами дневной формы обучения по специальности 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств» направления специальности 1-53 01 01-01 «Автоматизация технологических процессов и производств (машиностроение и приборостроение)».

Выполнение курсового проекта по дисциплине «Технология автоматизированного изготовления деталей и узлов» способствует развитию у студентов навыков самостоятельного выполнения заданий с использованием справочной литературы и нормативно-технической документации.

Курсовой проект предполагает выполнение индивидуальных заданий по разработке технологии автоматизированного изготовления деталей на станках с ЧПУ токарной и фрезерной группы. Отдельные задания могут быть посвящены решению вопросов автоматизации заготовительного производства и содержать задания по разработке технологических процессов плазменной, лазерной, гидроабразивной обработки, изготовлению заготовок и деталей на листопробивном и листогибочном оборудовании с ЧПУ.

Выполнение заданий курсового проекта основано на знаниях, полученных студентами при изучении лекционного курса и выполнении лабораторных работ по дисциплине «Технология автоматизированного изготовления деталей и узлов». Кроме этого предполагается использование студентами знаний, полученных при изучении положений, преподаваемых в общетехнических и специальных дисциплинах: технологии материалов, материаловедении, основах технологии машиностроения и приборостроения, оборудовании машиностроительного производства, проектировании заготовок, нормировании точности и технических измерениях, металлорежущих инструментах.

1 РАЗРАБОТКА ОПЕРАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ КЛАССА «ВАЛЫ» НА ТОКАРНОМ ОБОРУДОВАНИИ С ЧПУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САМ (КОМПАС) «МОДУЛЬ ЧПУ. ТОКАРНАЯ ОБРАБОТКА»

1.1 Общие сведения

Разработка технологического процесса токарной обработки детали типа тела вращения (класса «Валы», «Втулки» и др. детали с гладкими, шлицевыми, зубчатыми поверхностями, эксцентриками и т. д.) на станке с ЧПУ включает выбор заготовки и составление операционной технологии её черновой и чистовой обработки, включая операции термической обработки. Пример конструкции детали приведен на рисунке 1.1.

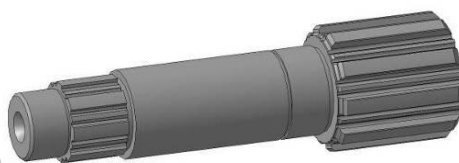


Рисунок 1.1 – Пример конструкции вала коробки скоростей

При этом составляют такую последовательность операций обработки заготовки, которая обеспечивает достижение заданной размерной точности и шероховатости поверхностей, а также свойств материала готовой детали.

1.1.1 Выбор исходной заготовки

В качестве исходной заготовки для обработки может использоваться сортовой прокат или штампованная заготовка.

Размеры заготовки из сортового проката рассчитывают в соответствии с технологической последовательностью её обработки, учитывая наибольший диаметр детали, шероховатость поверхностей и соотношение длины и диаметра детали (последовательность приведена ниже).

Форма и размеры штампованной заготовки вала рассчитывают в соответствии с [1].

В зависимости от вида заготовки при выполнении её чертежа руководствуются правилами, изложенными в ГОСТ 3.1125 – для отливок, в ГОСТ 3.1126 – для штампованных заготовок и поковок.

1.1.2 Последовательность токарной обработки

Составляют последовательность токарной обработки в библиотеке САМ (КОМПАС) «Модуль ЧПУ. Токарная обработка V16.0», используя [2]. 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.

1.1.3 Построение плана обработки

Построение «Плана обработки» начинают с выбора системы ЧПУ, с помощью которой 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. Локальную систему координат создают так, чтобы ось **Z** совпадала с направлением оси шпинделя токарного станка.

1.1.4 Задание контура обработки, инструментов и приспособлений

Выполняют задание контура заготовки (её диаметра и длины), из которой будет получена деталь. Для этого в папке «ЧПУ. Токарная» открывают 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 установа. 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 резьбу 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.

1.1.5 Создание технологических переходов обработки

Правила записи наименований переходов и операций и их содержания должны соответствовать ГОСТ [3]. Допускается сокращенное описание содержания перехода по обработке элемента поверхности детали.

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.

Последовательность обработки поверхностей заготовки, начиная с подрезки торца, для каждого установа задают в виде таблицы. Выбирают режущие инструменты и приспособления для обработки, определяют установочные базы, рассчитывают режимы резания.

1.1.6 Составление управляющей программы обработки

Используя средства САМ (КОМПАС) «Модуль ЧПУ. Токарная обработка V16.0», составляют управляющую программу токарной обработки вала, сохраняя её.

1.1.7 Визуализация и исправление управляющей программы

Выполняют проверку управляющей программы с помощью средств визуализации обработки библиотеки «Модуль ЧПУ. Токарная обработка V16.0».

При необходимости исправляют управляющую программу и выполняют её повторную проверку.

Выполнение каждого этапа работы оформляют в текстовой части курсового проекта, в которой приводят необходимые поясняющие рисунки и схемы в соответствии с действующим стандартом [4].

1.2 Порядок выполнения работы

1.2.1 Рабочий чертёж детали и анализ технологичности

По варианту задания выполняют рабочий чертёж детали класса «Валы» с разработкой технических требований к детали. Чертёж детали выполняют на соответствующем формате. Количество проекций, разрезов и сечений должно быть минимальным и достаточным для восприятия как детали в целом, так и отдельных ее элементов. Графическими символами в соответствии с существующими стандартами должны изображаться: конструкторские базы (при отсутствии на заводском чертеже их необходимо определить и указать), допустимые отклонения формы и взаимного расположения поверхностей, шероховатость и местные технические требования.

Общие технические требования размещают над формой основной надписи. В основной надписи записывают обозначение чертежа, название детали, марку материала с указанием стандарта, масштаб чертежа, нумерацию листов, реквизиты учебного заведения и группы; фамилии и инициалы исполнителя и руководителя курсового проекта.

При анализе технологичности оценивают возможность обработки каждого элемента детали, отражая информацию в карте технического уровня детали.

1.2.2 Расчет заготовки вала из сортового проката

При изготовлении детали из проката допускается на чертеже детали наносить контур заготовки тонкой линией с указанием размеров.

При расчете припусков и предельных размеров при изготовлении деталей из проката рекомендуется учитывать указания, приведенные в источнике [5, с. 181].

Для расчета промежуточных (пооперационных) припусков принимают максимальный диаметр детали в мм.

Учитывая требования к размерной точности и шероховатости поверхности максимального диаметра, устанавливают предварительный маршрутный технологический процесс его обработки (наименование технологических операций приводят в соответствии с Классификатором технологических операций машиностроения и приборостроения):

- Операция 10. Токарная черновая.
- Операция 20. Токарная чистовая.
- Операция 30. Термическая (закалка и высокий отпуск). Улучшить до HRC 38...42 (при необходимости).
- Операция 40. Шлифовальная.

Припуски на диаметр для каждой операции определяют по данным, приведенным в [6], [7].

Определяют расчетный размер заготовки (в мм):

$$D_{p.z} = D_n + 2z_{10} + 2z_{20} + 2z_{40}, \quad (1.1)$$

где D_n – номинальный размер максимального диаметра; $2z_{10}$, $2z_{20}$, $2z_{40}$ – припуски на максимальный диаметр на операциях 10, 20, 40 [например, 7, с. 41, табл. 3.13].

По полученному расчетному значению в соответствии с [8] выбирают размер горячекатаного проката из заданной марки стали, (например, круг 150-В-ГОСТ 2590-2006), назначают точность прокатки и определяют предельные отклонения диаметра заготовки.

Определяют общую длину заготовки (в мм):

$$L_z = L_d + 2z_{подр}, \quad (1.2)$$

где L_d – номинальная длина детали; $2z_{подр}$ – припуск на подрезку торцевых поверхностей, который назначают в зависимости от выбранного способа резки проката [например, 7, с. 40, табл. 3.12].

При серийном выпуске продукции определяют коэффициент использования материала, для чего находят некрatность в зависимости от принятой длины проката (в мм):

$$L_{нк} = L_{пр} - l_{зж} - l_{от} - x(L_z + l_p), \quad (1.3)$$

где $L_{пр}$ – длина выбранного проката; $l_{зж}$ – минимальная длина зажимного конца; $l_{от}$ – длина торцевого обрезка проката; L_z – длина заготовки; l_p – ширина реза для выбранного способа резки проката [например, 2, с. 37]; x – целое число заготовок, изготавливаемых из принятой длины проката, шт.

Торговая длина проката выбирается в интервале 2–6 метров для качественных конструкционных сталей по ГОСТ 1050 и в интервале 2–12 метров для сталей по ГОСТ 380 или ГОСТ 4543. При расчете некрatности следует использовать ту торговую длину, для которой величина некрatности будет наименьшей.

Затем находят общие потери материала к длине выбранного проката, расход материала на одну деталь с учетом всех технологических потерь и определяют $K_{им}$.

Следует иметь в виду, что приведенный способ определения припусков носит приблизительный характер. Более точные значения припусков могут быть определены расчетно-аналитическим методом, который был предложен проф. Кованом В. М. Этот способ учитывает конкретные условия выполнения

механической обработки. Чтобы правильно найти величину минимального межоперационного припуска, необходимо учесть глубину дефектного поверхностного слоя, среднюю высоту микронеровностей от предшествующего технологического перехода (операции), суммарное значение пространственных отклонений в расположении обрабатываемой поверхности относительно базовых поверхностей заготовки, а также погрешности базирования и закрепления заготовки на выполняемом технологическом переходе (операции).

При расчете заготовки вала, полученной штамповкой, рекомендуется кроме [1] использовать последовательность, приведенную в работе [9, с. 16–57].

1.2.3 Составление последовательности механической обработки

Составляют «План обработки» (последовательность токарной обработки) с помощью библиотеки САМ (КОМПАС) «Модуль ЧПУ. Токарная обработка V16.0». При составлении последовательности механической обработки целесообразно использовать рекомендации, приведенные в [10–11]. При построении «Плана обработки» необходимо придерживаться последовательности, приведенной в п. п. 2.4–2.11 [12]. Такой план обработки рекомендуется выполнять в виде таблицы, в которой указывают наименование технологического перехода (операции), его содержание и приводят номера обрабатываемых поверхностей. Последовательность операций должна обеспечивать достижение технических требований к изготовлению детали, а именно требований по шероховатости, точности размеров, форме и взаимному расположению обработанных поверхностей. Наименование переходов (операций) и их содержание должно соответствовать ГОСТ [3]. Пример таблицы приведен ниже.

При полном выполнении требований действующих ГОСТ разработанную технологию механической обработки оформляют на маршрутных картах, форма первой страницы которой приведена в ПРИЛОЖЕНИИ А (по ГОСТ 3.1118-82).

Таблица 1.1 – Технологический маршрут обработки вала

№ оп	Наименование оборудования, модель	Наименование операции (перехода)	Содержание операции (перехода)	Номера обрабатываемых поверхностей (приводятся в последовательности их обработки)
1	2	3	4	5
005	Ленточно-отрезной	Заготовительная	Отрезать заготовку от прутка в размер L мм	1, 2
010	Фрезерно-центровальный п/а	Фрезерно-центровальная	Фрезеровать торцы. Сверлить центровые отверстия тип А	1, 2, 3, 4
015	Токарный станок с ЧПУ	Токарная	1 установ: Проточить торец окончательно, расточить центровую фаску. 2 установ: Обточить наружные поверхности по программе предварительно	1, 5 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 (по количеству)

Окончание таблицы 1.1				
1	2	3	4	5
			Проточить канавки под выход инструмента	обрабатываемых поверхностей, включая канавки для выхода инструмента)
020	Токарный станок с ЧПУ	Токарная	3 установ: Проточить торец окончательно, расточить центровую фаску	2, 17
			Проточить канавки под выход инструмента. 4 установ: Обточить наружные поверхности по программе окончательно. Проточить канавки под выход инструмента окончательно	18, 19, 20, 21, 22, 23, 24
025	Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ	Фрезерная	Фрезеровать шпоночные пазы	25,26
030	Электропечь сопротивления	Термическая	Улучшить HRC 36...40.	Все
040	Круглошлифовальный станок с ЧПУ	Шлифовальная	Установ 1: Шлифовать шейки и прилегающие торцы окончательно. Установ 2: Шлифовать шейки и прилегающие торцы окончательно	6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24
050	Термическая	Низкий отпуск	Отпустить	Все

Для каждого перехода приводят операционные эскизы обработки (см. схемы, приведенные в [3]).

Операционный эскиз – отражение на плоскости статическими средствами динамики процесса обработки. Для этого необходимо в минимально необходимом количестве проекций изобразить:

- заготовку;
- профиль обрабатываемой поверхности (поверхностей) указать сплошной утолщённой линией;
- режущий инструмент (инструменты) основной линией в конце обработки, исключая инструменты для обработки отверстий типа свёрл, зенкеров и т. д., а также метчиков и плашек, которые показывают сплошной линией в начале рабочего хода и пунктирной – в конце;
- вспомогательный инструмент;
- стрелками направления движения резания, совершаемые исполнительными органами станка;
- схему установки и закрепления заготовки с использованием условных обозначений в соответствии с ГОСТ 3.1107;
- размеры обработанных поверхностей с соответствующей нумерацией в кружках диаметром 8 мм на продолжении размерных линий, которые

необходимо получить в результате выполнения операции, с указанием поля допуска, а в скобках – допускаемых отклонений;

- шероховатость обработанной поверхности, выраженную в Ra;
- исполнительные размеры режущего инструмента;
- справочные размеры (при необходимости), помечая их символом «*», с указанием на свободном поле чертежа: «*Размер для справок».

Пример выполнения операционного эскиза приведен в ПРИЛОЖЕНИИ Б (совместно с картой наладки). Операционный эскиз оформляют по ГОСТ 3.1105-2011.

При разработке операционной технологии обработки заготовок её оформляют на картах, первый лист которых показан в ПРИЛОЖЕНИИ В (по ГОСТ 3.1404-86).

При выполнении обработки необходимо учитывать базы, выбор которых обеспечит требуемую точность обработки. Для деталей класса «Валы» в качестве основных баз рекомендуется использовать поверхности центровых отверстий, а при особо высоких требованиях к взаимному расположению опорных поверхностей шеек для установки подшипников, в качестве баз используют поверхности центровых фасок отверстий.

1.2.4 Выбор режущих инструментов

Для каждого перехода (операции) выбирают режущие инструменты, которые сводят в таблицу 1.2. При выборе инструментов используют данные, приведенные в [13–16]. Аналогичным образом определяют инструменты для выполнения шлифования и других видов работ.

Таблица 1.2 – Режущие инструменты для обработки вала (пример)

№ оп.	Наименование операции Содержание операции (перехода)	Режущий инструмент (наименование, обозначение, основные параметры)	Материал режущей части
1	2	3	4
010	Фрезерно-центровальная. Фрезеровать торцы. Сверлить центровые отверстия тип А	Фреза торцовая ГОСТ 22085-76 D125, z8 Сверло 2317-0007 ГОСТ 14952-75 d4	T15K6 P6M5
015	Токарная. 1 установ: Проточить торец окончательно, расточить центровую фаску. 2 установ: Обточить наружные поверхности по программе предварительно. Проточить канавки под выход инструмента	Резец сборный PCLN R 2525M-09 (с. D7 [15]) Пластина CNMA 120404 rε 0,4 (с. B18 [15]) Зенковка 2353-0086 ГОСТ 14953-80 Тип 2 Резец сборный PCLN R 2525M-09 (с. D7 [15]) Пластина CNMA 120404 rε 0,4 (с. B18) Резец сборный SVJB R 2525M-11 (с. E26 [15]) Пластина VBMT 160404HQ rε 0,4 (с. B63)	Твердый сплав P6M5 Твердый сплав Твердый сплав
020	Токарная 3 установ: Проточить торец окончательно, расточить центровую фаску. Проточить канавки под выход инструмента. 4 установ: Обточить наружные поверхности по программе окончательно	Резец сборный PCLN R 2525M-09 (с. D7 [15]) Пластина CNMA 120404 rε 0,4 (с. B18) Зенковка 2353-0086 ГОСТ 14953-80 Тип 2 Резец сборный SVJB R 2525M-11 (с. E26 [15]) Пластина VBMT 160404HQ rε 0,4 (с. B63) Резец сборный PCLN R 2525M-09 (с. D7 [15]) Пластина CNMA 120404 rε 0,4 (с. B18)	Твердый сплав P6M5 Твердый сплав Твердый сплав

Продолжение таблицы 1.2			
1	2	3	4
	Проточить канавки под выход инструмента окончательно	Резец сборный SVJB R 2525M-11 (с. E26 [15]) Пластина VBMT 160404HQ r _г 0,4 (с. B63)	Твердый сплав
025	Фрезерная Фрезеровать шпоночные пазы	Фреза концевая EC-A2 05-14C05E50 (с. B117 [16])	Твердый сплав

1.2.5 Выбор приспособлений

Затем выбирают станочные приспособления для выполнения всех видов обработки [17], представляя их в виде таблицы 1.3.

Таблица 1.3 – Станочные приспособления для обработки вала (пример)

№ оп.	Наименование операции (перехода)	Наименование приспособления
010	Фрезерно-центровальная	Приспособление специальное самоцентрирующее
015 020	Токарная	Патрон 7108-0021 ГОСТ 2571-71 Хомутик 7107-0041 ГОСТ 2578-70 Центр А-1-4-Н ГОСТ 8742-75
025	Фрезерная	Приспособление фрезерное специальное
040	Круглошлифовальная	Хомутик 7107-0068 ГОСТ 16488-70 Центр 7032-0030 Морзе 4 ГОСТ 13214-79

1.2.6 Расчет режимов резания

Выбор режимов резания производят табличным методом, используя данные [13], [15–16], [18–19]. В качестве элементов режима резания приводят глубину резания, подачу и частоту вращения шпинделя (рассчитывают по скорости резания, допускаемой режущим инструментом), а также определяют машинное время обработки. Допускается использовать только данные, приведенные в каталогах производителей токарных резцов и вращающихся инструментов. В них для режущих инструментов приведены значения глубины резания, допускаемой каждым инструментом, значения оптимальной скорости резания и подачи. Исходными данными при расчетах являются удаляемый припуск, обрабатываемый материал, схема и условия обработки. Расчеты сводят в таблицу. Пример такой таблицы приведен ниже.

Таблица 1.4 – Сводная таблица элементов режима резания

№ оп.	№ инструмента и его название	$t_{max} (ap)$ мм	S , мм/об	V , м/мин	n_d , об/мин	L_{px} , мм	T_m , мин
015-020	1 Проходной 2 Канавочный						

В таблице указаны: $t_{max} (ap)$ – максимальная глубина резания, допускаемая режущими свойствами инструмента (рекомендуемая глубина резания); S – рекомендуемое значение подачи; V – рекомендуемая скорость резания; n_d – действительная частота вращения заготовки (инструмента); L_{px} – длина рабочего хода инструмента при обработке поверхности (включает длину обрабатываемой поверхности, величину врезания и перебега при обработке); T_m – машинное время обработки поверхности на данном переходе (операции).

1.2.7 Планы обработки заготовки для каждого установа

Формируют «План обработки» заготовки для всех установов и получают траектории движения режущих инструментов, участвующих в обработке поверхностей заготовки. Полученные траектории в виде рисунков вставляют в соответствующую текстовую часть записки к курсовому проекту, текст программ по обработке поверхностей помещают в записку в виде приложений.

1.2.8 Карта наладки станка

Составляют карты наладки для станка с ЧПУ, применяемого при обработке заготовки. Карты наладки составляют для каждого установа.

Вид карты наладки (первый лист) показан в ПРИЛОЖЕНИИ Г (по ГОСТ 3.1404-86). В учебных целях карту наладки допускается оформлять в виде чертежа, пример которого приведен в ПРИЛОЖЕНИИ Д.

2 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ ФОРМООБРАЗУЮЩЕЙ ОСНАСТКИ НА ФРЕЗЕРНОМ ОБОРУДОВАНИИ С ЧПУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ G-КОДОВ

2.1 Общие сведения

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. 2.1), 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.

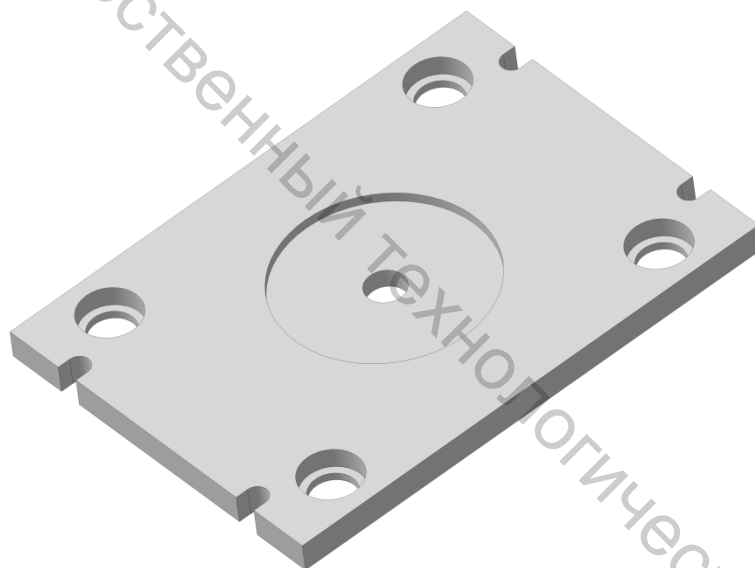


Рисунок 2.1 – Пример конструкции опорной плиты

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 жёсткими 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 перед механической обработкой нормализации.

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 обрабатываются 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. 2.2 а, [20]), когда направление движения режущей кромки фрезы, находящейся в процессе резания, противоположно направлению движения подачи, и попутное фрезерование (рис. 2.2 б), когда направление движения режущей кромки фрезы, находящейся в процессе резания, совпадает с направлением движения подачи.

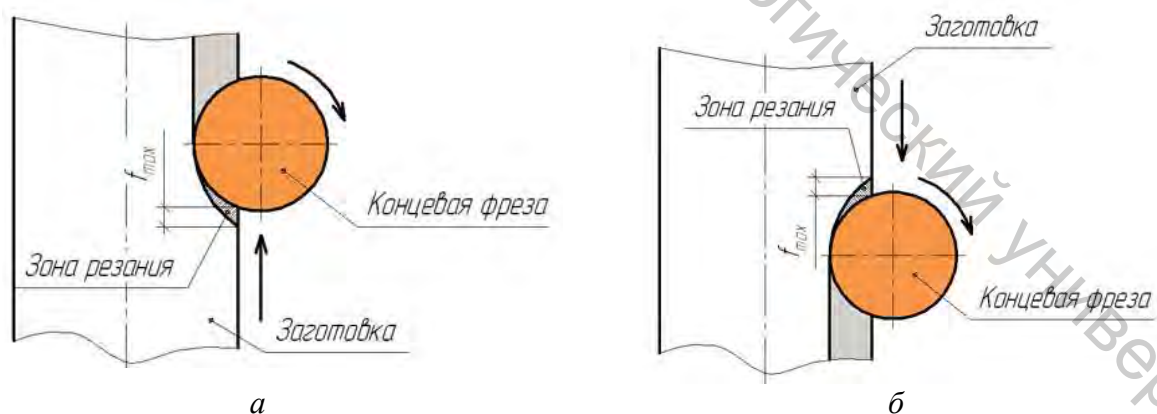


Рисунок 2.2 – Попутное (а) и встречное (б) фрезерование

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.

2.1.1 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.

2.1.2 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 [6]. При определении припуска на размеры заготовки в плане учитывают способ резки листового проката (величину припуска находят по таблице 3.62 [6]). При определении припусков на фрезерование и шлифование плоских поверхностей заготовок используют данные [6, табл. 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.

2.1.3 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) определяют максимально допустимую глубину резания t исходя из припуска на обработку. Припуск на обработку желательно удалить за один проход. При чистовом фрезеровании глубина резания не превышает 0,3–0,5 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 определяют по таблицам нормативов режимов фрезерования скорость резания V , по которой рассчитывают частоту вращения шпинделя станка n (её задают в программе обработки), по формуле:

$$n = \frac{1000V}{\pi D}, \quad (2.1)$$

где D – диаметр инструмента, мм;

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

$$S_{мин} = S_z z n, \quad (2.2)$$

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

6) определяют машинное время обработки поверхности T_m (мин):

$$T_m = \frac{L_{px} i}{S_{мин}}, \quad (2.3)$$

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

L_{px} 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. 2.3 [21]):

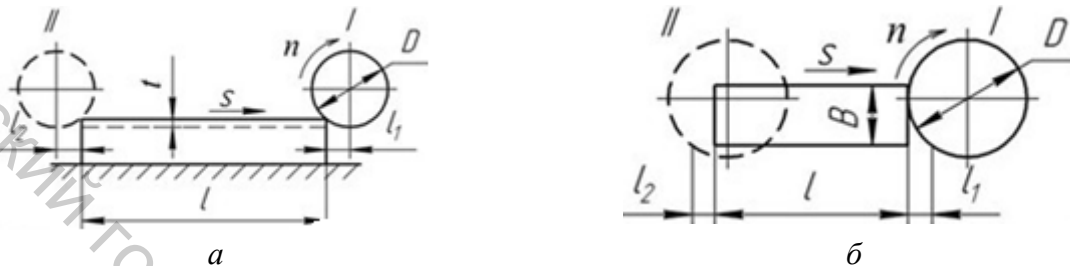


Рисунок 2.3 – Схемы расчета величины врезания и перебега при фрезеровании: а – концевой фрезой; б – несимметричной торцевой фрезой

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

$$l_1 + l_2 = \sqrt{t(D - t)} + (3 \dots 8). \quad (2.4)$$

Для схемы б (в мм):

$$l_1 = \sqrt{A(D - B)}, \quad (2.5)$$

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.

2.1.4 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 $X_c Y_c Z_c$, связанная с деталью. В этой же точке располагают систему координат станка, которая отображается $X_m Y_m Z_m$.

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 2.4 [22].

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».

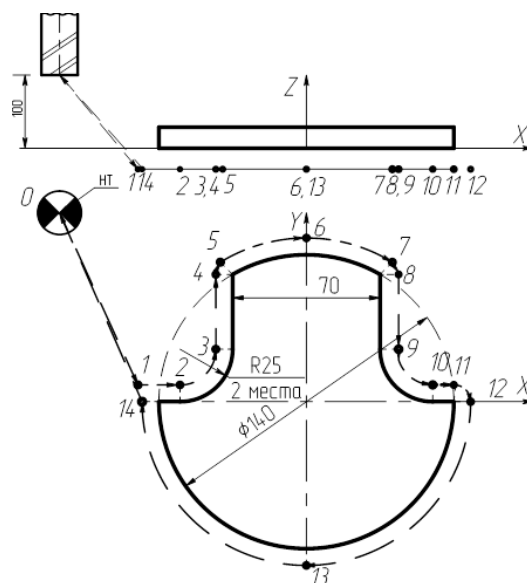


Рисунок 2.4 – Пример последовательности обработки контура по опорным точкам

2.1.5 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 врезании. Существует несколько способов решения этой проблемы (рис. 2.5 [20]). Один из простых выходов из ситуации – предварительно просверлить технологическое отверстие в пределах обрабатываемого контура и затем опускать в него фрезу. Однако более выгодные способы – маятниковое или спиральное врезания, поскольку в этих случаях отпадает необходимость предварительного сверления, а режущий инструмент входит в материал заготовки плавно.

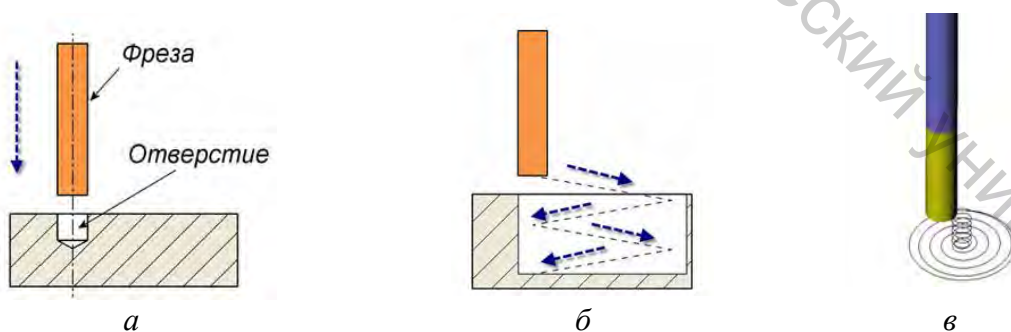


Рисунок 2.5 – Способы врезания при фрезеровании закрытых областей:
а – с предварительным сверлением отверстия; *б* – с маятниковой подачей;
в – со спиральным врезанием

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. 2.5, 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.

2.1.6 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 курсовом проекте с пояснениями движений, которые отображены в режиме симуляции обработки.

2.2 Порядок выполнения работы

2.2.1 Рабочий чертёж детали и анализ технологичности

По варианту задания, выданному руководителем курсового проекта, разрабатывают 3D модель детали и на её основе выполнить рабочий чертёж с соблюдением требований ЕСКД. На чертеже указать размерную точность элементов, точность их взаимного расположения, разработать технические требования к детали, включая требования по твёрдости. При выполнении данного раздела допускается использовать данные, приведенные в [23–24].

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

2.2.2 Расчет заготовки

Составляют предварительный технологический процесс обработки детали и для каждой операции (перехода) находят величину припуска, используя данные, приведенные в подразделе 2.1.2.

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.

2.2.3 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 [15–16].

Целесообразно данные о режущих инструментах представить в виде таблицы, аналогичной таблице 1.2 (подраздел 1.2.4). Указывают вспомогательные инструменты, используемые для установки режущих инструментов на станке. Для каждого режущего инструмента в соответствии с последовательностью обработки назначают номер (Т1, Т2 и т. д.), который затем указывают в управляющей программе обработки операционной заготовки.

2.2.4 Расчет режимов резания

Назначают и рассчитывают элементы режима резания для каждого перехода по обработке элементов операционной заготовки, используя последовательность, приведенную в подразделе 2.1.3.

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

2.2.5 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. При составлении программ используют правила, приведенные в [12].

Для наглядности целесообразно выполнить 3D-модель операционной заготовки и общую сборку, в которой будут отображены операционная заготовка и плита, обработку которой выполняют пооперационными переходами (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 – Операционная заготовка перед обработкой и обработанная плита

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. Схема обработки на первом проходе контура операционной заготовки показана на рис. 2.7. 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.

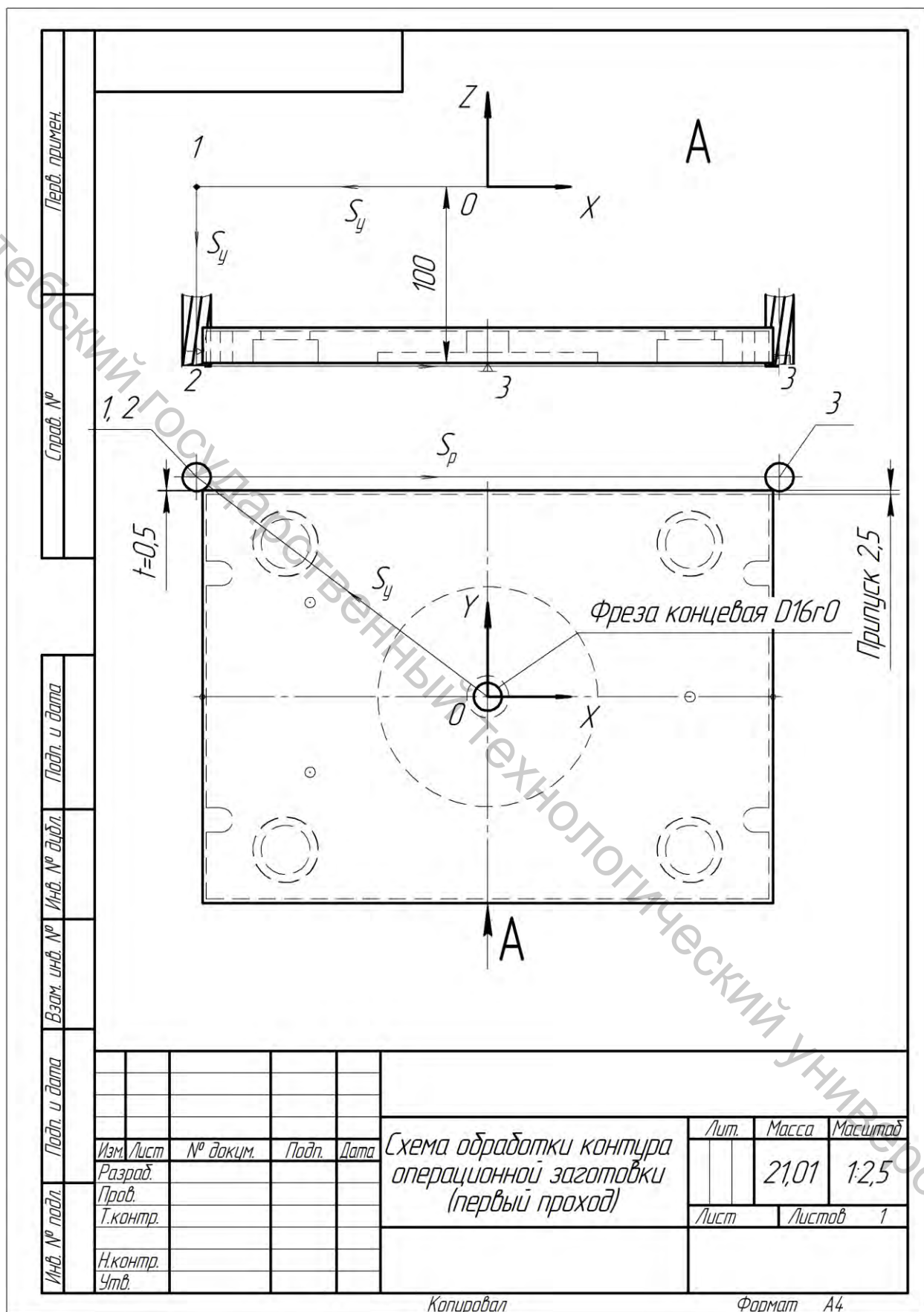


Рисунок 2.7 – Первый проход обработки операционной заготовки
(обработанная плита показана штриховыми линиями)

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 установа, 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 в соответствии с подразделом 2.1.6, создавая модель обрабатываемой заготовки, режущего и вспомогательного инструмента, которые используются при обработке.

2.2.6 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 2.7, 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.

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 в соответствии с подразделом 2.1.6, создавая модель обрабатываемой заготовки, режущего и вспомогательного инструмента, которые используют при обработке.

Траекторию движения торцовой фрезы, которая отображена в режиме симуляции обработки, размещают в курсовом проекте в виде приложения.

3 ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Оформление текстовой части, таблиц, рисунков, формул, ссылок, приложений в курсовом проекте должно соответствовать ГОСТ 7.32-2001 [4]. Список использованных источников составляют в соответствии с ГОСТ 7.1 [25].

Курсовой проект выполняется с использованием текстового редактора Microsoft Word и распечатывается на одной стороне бумаги формата А4 через один интервал. Цвет шрифта должен быть чёрным, высота букв, цифр и прочих знаков – 14 пунктов для шрифта Times New Roman. Размеры полей страницы: левое – 25 мм, верхнее и нижнее – 20 мм, правое – 15 мм. Нумерация страниц курсового проекта выполняется арабскими цифрами внизу страницы по центру без точки в конце. Титульный лист не нумеруется (назначается особый колонтитул для первой страницы), но входит в общую нумерацию страниц.

Материал в пояснительной записке должен быть изложен технически грамотно и чётко. Расчеты при необходимости иллюстрируются эскизами, схемами, графиками.

Пример оформления титульного листа приведен в ПРИЛОЖЕНИИ Е.

Чертежи всех видов (деталей, схемы, технологические) выполняются в соответствии с требованиями действующих нормативных документов, относящихся к ЕСКД и ЕСТД.

В структуру курсового проекта кроме титульного листа входит в перечисленном порядке лист задания по курсовому проектированию (не входит в общую нумерацию пояснительной записки), реферат, содержание, введение, основные разделы и подразделы, список использованных источников, а также приложения.

Общие требования к реферату на курсовой проект – по ГОСТ 7.9. Реферат должен содержать сведения об объеме курсового проекта, количестве иллюстраций, таблиц, приложений, количестве частей курсового проекта, количестве использованных источников, перечень ключевых слов, а также текст реферата. Перечень ключевых слов должен включать от 5 до 15 слов или словосочетаний из текста курсового проекта, которые характеризуют его содержание и обеспечивают возможность информационного поиска. Ключевые слова приводятся в именительном падеже и печатаются прописными буквами в строку через запятые. Пример реферата приведен в справочном приложении документа [4].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 7505-79. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски / Введён 01.07.1990. – Москва : Издательство стандартов, 1989. – 36 с.
2. Пример обработки детали «Втулка». Библиотека «Модуль ЧПУ. Токарная обработка» / АСКОН. КОМПАС–3D. – АСКОН. – 26 с.
3. ГОСТ 3.1702-79. Единая система технологической документации (ЕСТД). Правила записи операций и переходов. Обработка резанием (с Изменением N 1) / Введён 01.01.1981. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2003. – 21 с.
4. ГОСТ 7.32-2001. ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ. Структура и правила оформления / Введён 01.07.2002. – Минск : МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ, 2002. – 20 с.
5. Косилова, А. Г. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 томах. Т.1 / А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков. – Москва : Машиностроение, 1986. – 656 с., ил.
6. Балабанов, А. Н. Краткий справочник машиностроителя / А. Н. Балабанов. – Москва : Издательство стандартов, 1992. – 464 с.
7. Добрыднев, И. С. Курсовое проектирование по предмету «Технология машиностроения» : учебное пособие для техникумов / И. С. Добрыднев. – Москва : Машиностроение, 1985. – 184 с.
8. ПРОКАТ СТАЛЬНОЙ ГОРЯЧЕКАТАНЫЙ КРУГЛЫЙ. Сортамент. ГОСТ 2590-2006 / Введен (с изм.) 01.07.2009. – Москва : Стандартиформ, 2008. – 16 с.
9. Савицкий, В. В. Проектирование и производство заготовок : лабораторный практикум для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» / В. В. Савицкий. – Витебск : УО «ВГТУ», 2016. – 57 с.
10. Якобсон, М. О. Технология механической обработки и сборки в прецизионном станкостроении / М. О. Якобсон [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1970. – 320 с. : ил.
11. Панов, А. А. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А. А. Панов [и др.] : под общ. ред. А. А. Панова. – Москва : Машиностроение, 1988. – 736 с.
12. Савицкий, В. В. 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)» высших учебных заведений / В. В. Савицкий. – Витебск : УО «ВГТУ», 2018. – 59 с.
13. Баранчиков, В. И. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов : справочник / В. И. Баранчиков [и др.] ; под общ. ред. В. И. Баранчикова. – Москва : Машиностроение, 1990. – 400 с.

14. Панов, А. А. Обработка металлов резанием : справочник технолога / А. А. Панов [и др.] : под общ. ред. А. А. Панова. – Москва : Машиностроение, 1988. – 736 с.

15. 2008-2009 KYOCERA Cutting tools : Режущий инструмент / Каталог. – KYOCERA FINECERAMICS GMBH, Neuss, Germany, 2008. – 1–S22.

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

17. Кузнецов, Ю. И. Оснастка для станков с ЧПУ : справочник / Ю. И. Кузнецов, А. Р. Маслов, А. Н. Байков. – Москва : Машиностроение, 1990. – 512 с.

18. Барановский, Ю. В. Режимы резания металлов : справочник / под ред. Ю. В. Барановского. – Москва : Машиностроение, 1972. – 408 с.

19. Локтев, А. Д. Общемашиностроительные нормативы режимов резания : справочник. В 2 т. Т. 2 / А. Д. Локтев [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1991. – 304 с.

20. ПЛАНЕТА САМ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://planetacam.ru/college/learn/2-1/>. – Дата доступа 08.01.18.

21. 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.

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

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

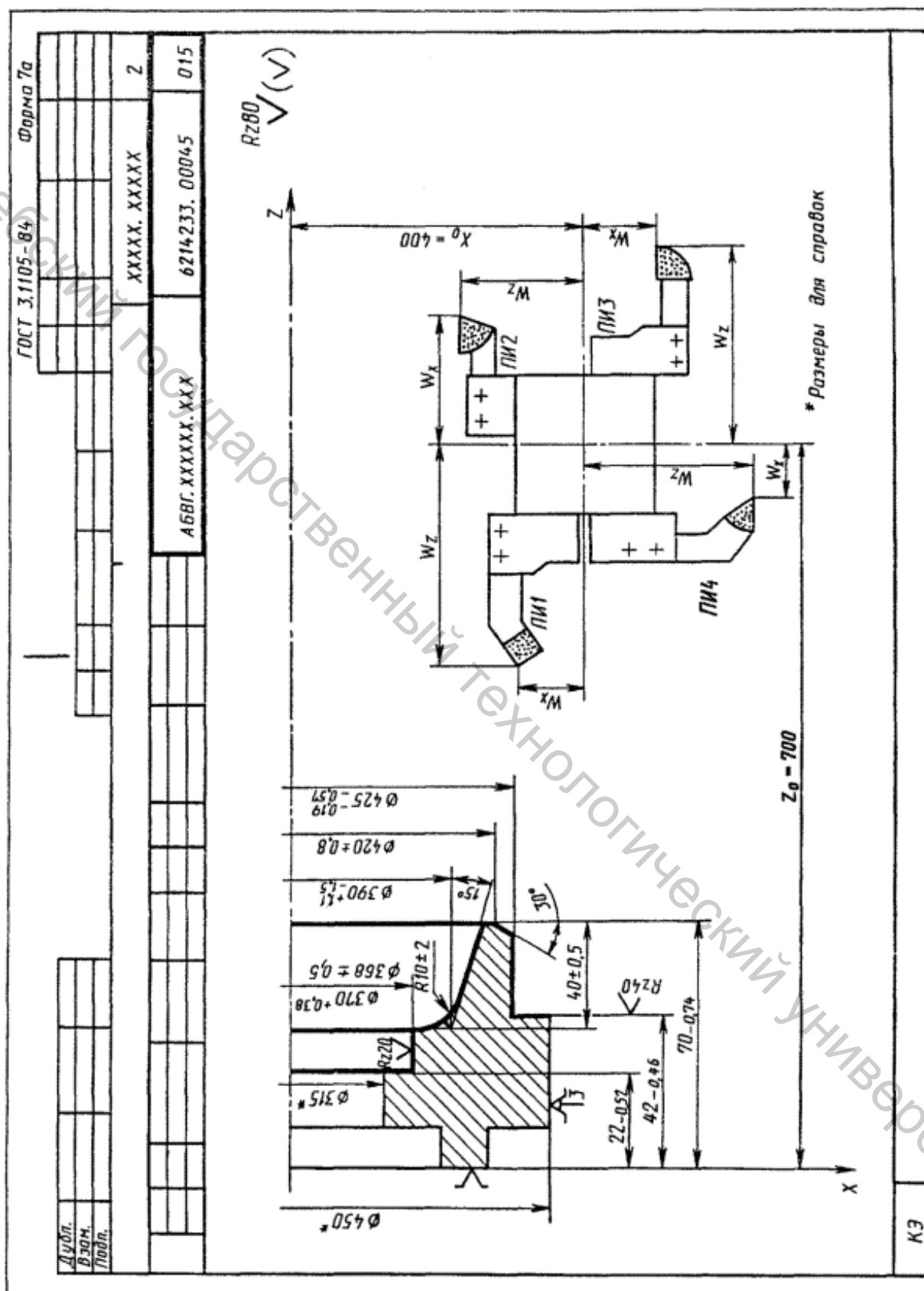
24. ГОСТ 19946-74. Пресс-формы для литья под давлением деталей из цветных сплавов. Технические условия (с Изменениями N 1, 2) / Введён 07.01.1975. – Москва : Издательство стандартов, 1987. – 8 с.

25. ГОСТ 7.1-2003. БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЗАПИСЬ. БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ. Общие требования и правила составления / Введён 01.04.2004. – Минск : Госстандарт, 2011. – 58 с.

Карта технологического процесса (первый лист)

31

ПРИЛОЖЕНИЕ Б Карта операционных эскизов

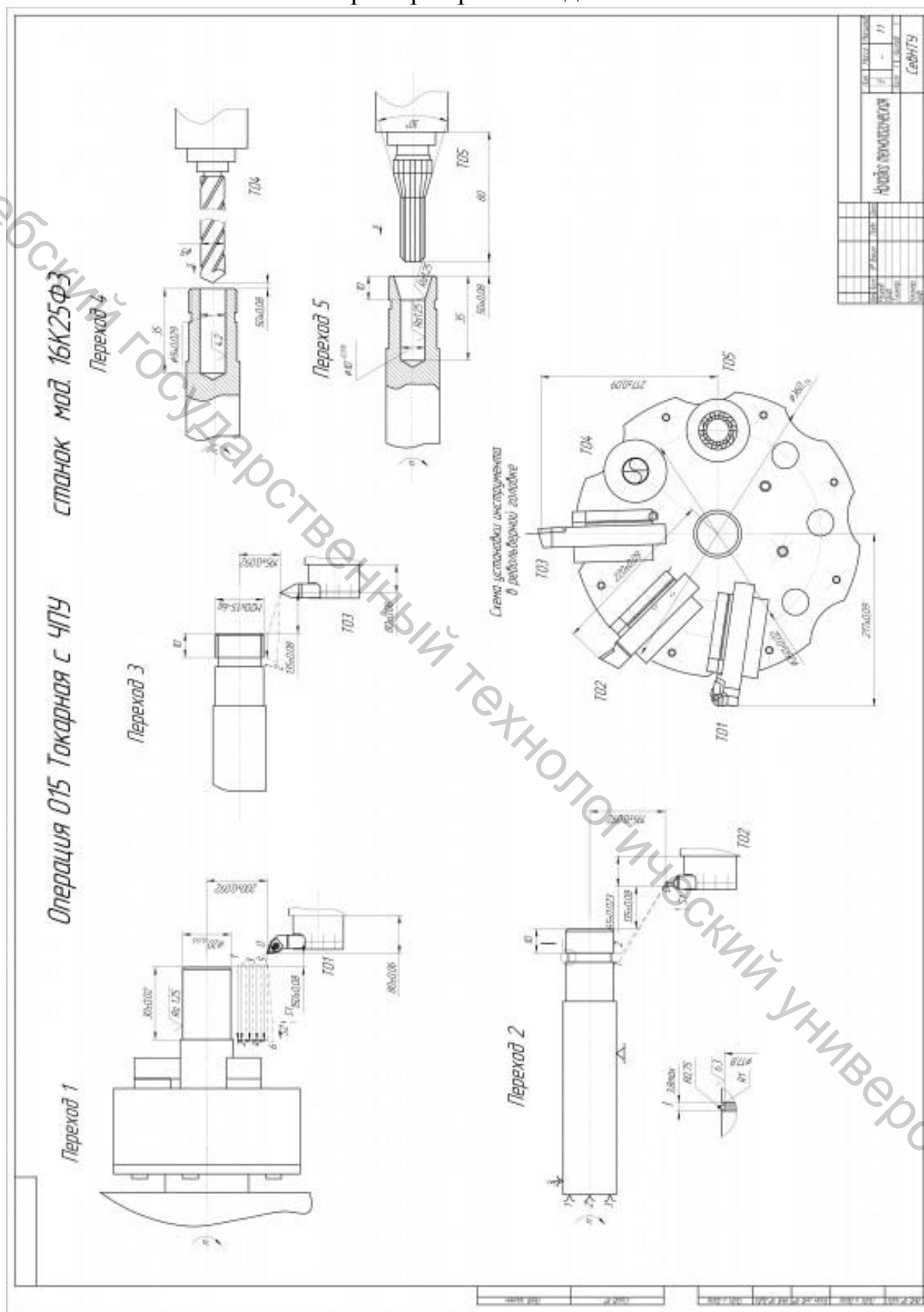


[illegible]

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
Карта наладки инструмента
(первый или заглавный лист)

ГОСТ 3.1404-86		Формат 4	
По ГОСТ 3.1103-82		По ГОСТ 3.1103-82	
По ГОСТ 3.1103-82		По ГОСТ 3.1103-82	
По ГОСТ 3.1103-82			
У	И	Обозначение детали, программы, оборудования, устройства, ЧПУ	Наладочные размеры
У 01	И 01	У 01	И 01
У 02	И 02	У 02	И 02
У 03	И 03	У 03	И 03
У 04	И 04	У 04	И 04
У 05	И 05	У 05	И 05
У 06	И 06	У 06	И 06
У 07	И 07	У 07	И 07
У 08	И 08	У 08	И 08
У 09	И 09	У 09	И 09
У 10	И 10	У 10	И 10
У 11	И 11	У 11	И 11
У 12	И 12	У 12	И 12
У 13	И 13	У 13	И 13
У 14	И 14	У 14	И 14
У 15	И 15	У 15	И 15
У 16	И 16	У 16	И 16
		По ГОСТ 3.1103-82	
		По ГОСТ 3.1103-82	

ПРИЛОЖЕНИЕ Д Пример карты наладки



ПРИЛОЖЕНИЕ Е
Образец титульного листа

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

Кафедра «Технология и оборудование машиностроительного
производства»

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине _____
на тему _____

Выполнил:
студент факультета _____

группы _____
_____ подпись _____ Ф. И. О.

Проверил:
руководитель _____
_____ должность

_____ ученая степень, ученое звание _____ Ф. И. О.

Отметка о допуске к защите

« _____ » _____ 20 _____ г . _____
_____ дата _____ подпись руководителя

Витебск, 20__

Учебное издание

ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ

Методические указания по выполнению курсового проекта

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.