

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Калининградский государственный технический университет»

Ю.П. Александров

Технология машиностроения

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СБОРКИ ИЗДЕЛИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

Утверждено Ученым советом университета в качестве учебного пособия
по курсовому проектированию для студентов высших учебных заведений всех
форм обучения специальности 151001.65 – Технология машиностроения

Калининград
Издательство ФГОУ ВПО «КГТУ»
2008

Александров Ю.П. Технология машиностроения. Разработка технологических процессов сборки изделия и изготовления детали. Учебное пособие.- Калининград: ФГОУ ВПО «КГТУ», 2008. – 266 с.

В учебном пособии изложены основные этапы разработки технологических процессов сборки изделия и изготовления деталей при выполнении курсового проекта по дисциплине «Технология машиностроения». Приведены типовые маршруты изготовления деталей основных классов. Приведены примеры обоснования выбора технологических баз и примеры расчета точности механической обработки на технологических операциях. Рассмотрены основные требования стандартов по оформлению маршрутных и операционных карт, карт эскизов и технического контроля. Приведены примеры заполнения технологической документации на сборку механизма изделия и изготовления детали.

Пособие предназначено для студентов вузов всех форм обучения, изучающих дисциплину «Технология машиностроения» и выполняющих контрольные работы и курсовой проект, а также для бакалавров и магистров. Пособие рекомендуется при выполнении дипломного проекта, может быть полезно технологам машиностроительных предприятий.

Рис. 50, табл. 44, список лит. – 125 наименований.

РЕЦЕНЗЕНТ – Борисов Б.П., канд. техн. наук, доцент кафедры
технологии автоматизированного машиностроения
ФГОУ ВПО «КГТУ».

Правдин Ю.Ф., канд. техн. наук, доцент той же кафедры

© ФГОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет»,
2008 г.

© Александров Ю.П., 2008 г.

Юрий Павлович Александров

Технология машиностроения. Разработка технологических процессов
сборки и изготовления детали

Редактор Е. Билко.

Подписано к печати 20.08.2008 г. Формат 60х84 (1/16) Тираж 150 экз. Заказ 116.

Объем 16,6 п.л., 12,0 уч.-изд.л.

Цена договорная

УОП ФГОУ ВПО «КГТУ». Калининград, Советский проспект, 1

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1 Цель и задачи курсового проекта	6
2 Тематика, содержание и объем курсового проекта	7
2.1 Графическая часть проекта включает следующие листы:	8
2.2 Пояснительная записка включает:	8
3 Порядок защиты проекта	9
4 Методические указания	10
4.1 Аннотация	10
4.2 Введение	11
4.3 Определение типа производства и размера партии деталей	11
4.3.1 Определение типа производства	11
4.3.2 Определение размера партии деталей	20
4.4 Технологический процесс сборки изделия	24
4.4.1 Последовательность разработки технологического процесса сборки изделия	24
4.4.2 Анализ технологичности конструкции изделия	37
4.4.3 Оформление технологической документации сборки изделия	41
4.5 Технологический процесс изготовления детали	51
4.5.1 Разработка технологического маршрута изготовления детали	54
4.5.1.1 Выбор методов обработки поверхностей детали	62
4.5.1.2 Типовые маршруты изготовления деталей различных классов ...	69
4.5.2 Выбор технологических баз	81
4.5.3 Точность механической обработки	105
4.5.4 Разработка технологических операций	118
4.5.4.1 Выбор оборудования	126
4.5.4.2 Выбор технологической оснастки	134
4.5.5 Выбор режущих инструментов	153

4.5.6 Нормирование технологического процесса изготовления	
детали.....	160
4.5.7 Оформление технологической документации на изготовление	
детали.....	176
4.6 Проектирование приспособления.....	203
Заключение.....	212
Литература	214
Приложение А Пример оформления титульного листа	
курсового проекта	224
Приложение Б Форма задания на курсовой проект.....	225
Приложение В Пример аннотации курсового проекта	226
Приложение Г Комплект технологической документации на сборку	
механизма периодического поворота Н40-ИНА 125.02.010.....	227
Приложение Д Примеры полной и сокращенной записи содержания	
переходов обработки резанием по ГОСТ 3.1702-79.....	233
Приложение Е Точность и параметры поверхностного слоя	
при обработке наружных цилиндрических поверхностей.....	244
Приложение Ж Точность и параметры поверхностного слоя	
при обработке отверстий	248
Приложение З Точность расположения осей отверстий	
при растачивании, после сверления, зенкерования, развертывания.....	253
Приложение И Комплект технологической документации	
на изготовление стакана Н40-ИНА 125.02.116	256

ВВЕДЕНИЕ

Курсовое проектирование по технологии машиностроения проводится студентами в два этапа. Первый этап выполняется студентами дневной формы обучения в седьмом семестре в виде курсовой работы по дисциплине «Основы технологии машиностроения». На этом этапе решаются технологические задачи, являющиеся основой для разработки технологического процесса сборки сборочных единиц машины и для разработки технологического процесса изготовления детали [1].

Второй этап курсового проектирования выполняется студентами в восьмом семестре в виде курсового проекта по дисциплине «Технология машиностроения». На этом этапе студенты разрабатывают технологический процесс сборки сборочных единиц машины и технологический процесс изготовления детали.

Чертёж детали и сборочный чертеж механизма машины выдаются студентам дневной формы обучения в начале седьмого семестра.

Курсовое проектирование по технологии машиностроения является важной составной частью процесса подготовки дипломированных специалистов по направлению 151000 «Конструкторско-технологическое обеспечение автоматизированных машиностроительных производств» по специальности 151001.65 «Технология машиностроения», бакалавров и магистров.

Базовыми знаниями, на основе которых выполняется курсовое проектирование, являются знания и практические навыки, полученные студентами в ходе изучения следующих дисциплин:

- теория вероятностей и математическая статистика;
- инженерная графика;
- материаловедение;
- теоретическая механика и теория механизмов и машин;
- технологические процессы в машиностроении;

- резание материалов, режущий инструмент;
- метрология, стандартизация и сертификация;
- обработка металлов давлением;
- детали машин и основы конструирования;
- металлорежущие станки;
- компьютерная графика;
- технологическая оснастка;
- основы технологии машиностроения;
- технология машиностроения.

В учебном пособии приводится обширный методический и справочный материал, необходимый для выполнения контрольных работ, курсовых и дипломных проектов. Поэтому пособие оформлено в соответствии с действующими нормативными документами:

ГОСТ Р 1.5-2002 Государственная система стандартизации Российской Федерации. Общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению;

ГОСТ 2.105-95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам;

ГОСТ 8.417-2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы физических величин.

1 Цель и задачи курсового проекта

Цель курсового проекта:

-закрепить теоретические знания, полученные в ходе изучения общепромышленных дисциплин, в частности, основ технологии машиностроения и специальной дисциплины «Технология машиностроения»;

-получить навыки разработки технологических процессов сборки машин и её составных частей и изготовления деталей машин в машиностроительном производстве.

Задачи, решаемые в курсовом проекте:

- освоение методики определения типа производства и размера партии деталей;
- освоение методики разработки технологического процесса сборки машины и её составных частей;
- освоение методики разработки технологического процесса изготовления деталей машин;
- обоснование выбора технологических баз на первой и последующих операциях с целью обеспечения требуемой точности поверхностей заготовки;
- выбор технологического оборудования и технологической оснастки с учётом типа производства;
- применение методики расчета режимов резания на разнохарактерных технологических операциях и проведения технического нормирования операций;
- освоение методики проектирования приспособления и проведение его силового и точностного расчетов;
- освоение разработки технологической документации на процесс сборки машины и на изготовление детали с учётом требований стандартов ЕСТД.

За принятые в проекте решения, правильность проведённых расчётов, оформление пояснительной записки и чертежей в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД, ЕСТД, ЕСТПП, ГСИ и других нормативных документов несёт ответственность студент.

Подпись руководителя удостоверяет, что решения, принятые в проекте, принципиально правильны и выполнены студентом в целом самостоятельно.

2 Тематика, содержание и объем курсового проекта

Студент получает индивидуальное задание на курсовой проект. В задании определяется тема проекта, исходные данные, перечень графических материалов, содержание пояснительной записки и срок сдачи студентом готового курсового проекта.

Каждый студент выполняет курсовой проект по чертежам сборочной единицы машины и детали, выданным при получении задания на курсовую работу по дисциплине «Основы технологии машиностроения» (в седьмом семестре для дневной формы обучения).

В общем виде тема курсового проекта может быть сформулирована следующим образом: разработка технологического процесса сборки машины (её составной части) и изготовления детали машины.

Проект состоит из пояснительной записки в объёме 45-60 страниц и графической части в объёме 4 листов формата А1.

Пояснительную записку предпочтительно оформлять в печатном виде или разборчиво черной или синей пастой.

Графическую часть проекта предпочтительно выполнять с использованием компьютерной графики.

2.1 Графическая часть проекта включает следующие листы:

- технологические схемы и циклограммы сборки сборочных единиц машины;
- анализ точности изготовления детали;
- технологические эскизы обработки заготовки на разных операциях;
- сборочный чертеж приспособления (станочного, сборочного или контрольного).

2.2 Пояснительная записка включает:

- титульный лист (приложение А);
- задание на курсовой проект (приложение Б);
- аннотацию (приложение В);
- введение;
- содержание основных разделов проекта;
- определение типа производства и размера партии деталей;

- технологический процесс сборки сборочных единиц машины:

- 1) разработка технологических схем и циклограмм сборки сборочных единиц машины;
- 2) анализ технологичности конструкций сборочных единиц машины;
- 3) разработка маршрутной и операционной карт технологического процесса сборки сборочных единиц машины;

- технологический процесс изготовления детали:

- 1) выбор технологических баз на первой и последующих операциях механической обработки заготовки и анализ точности механической обработки заготовки;
- 2) разработка технологического маршрута изготовления детали;
- 3) выбор технологического оборудования и технологической оснастки;
- 4) расчет режимов резания;
- 5) техническое нормирование технологических операций;
- 6) разработка маршрутной и операционных карт технологического процесса изготовления детали;

- проектирование приспособления;

- заключение;

- список литературы;

- приложения.

В конкретных случаях заданием может быть предусмотрено выполнение других разделов.

3 Порядок защиты проекта

Студент допускается к защите курсового проекта после проверки и подписания студентом и руководителем всех графических материалов и пояснительной записки.

Проект защищается студентом в период зачетной сессии руководителю проекта.

На защите студент должен грамотно обосновать принятые технические и технологические решения, отражающие основные задачи проекта. Он обязан также ответить на вопросы по существу представленных разработок (по графической части проекта, по технологической документации на сборку составных частей машины и изготовление детали, по всем разделам пояснительной записки).

4 Методические указания

Методические указания даны в кратком изложении, поэтому выполнение проекта возможно лишь при использовании учебной, технической, нормативной и справочной литературы, основная часть которой представлена в прилагаемом списке литературы. Необходимо также использование литературы по общетеоретическим и специальным дисциплинам.

Требования к оформлению пояснительной записки, включая все приложения, должны соответствовать правилам выполнения текстовых и графических документов [59, 69, 71-90, 96, 97, 110, 114].

Графические материалы курсового проекта выполняются в соответствии со стандартами ЕСКД [15, 58, 60-66, 70, 77, 99, 100].

4.1 Аннотация

В аннотации курсового проекта объемом не более одной страницы указываются тема и объем проекта, количество рисунков, таблиц, источников использованной литературы, приложения, объем и содержание графического материала в листах формата А1. В аннотации также отражаются актуальность темы проекта, краткие выводы по выполнению наиболее интересных и важных разделов проекта.

Пример оформления аннотации курсового проекта приведен в приложении В.

4.2 Введение

Во «введении» обосновывается актуальность разрабатываемой темы, её значение для совершенствования технологического процесса сборки машины и технологического процесса изготовления заданной детали, входящей в сборочную единицу машины, а также формулируются основные задачи, решаемые в курсовом проекте.

4.3 Определение типа производства и размера партии деталей

4.3.1 Определение типа производства

Установление типа производства необходимо при разработке любых технологических процессов при изготовлении машин или изделий.

Тип производства – классификационная категория производства, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска изделий.

ГОСТ 14.004-83 [94] устанавливает три основных типа производства: единичное, серийное и массовое

В таблице 1 приведены организационно-технические и технологические признаки, характеризующие три типа производства.

В соответствии с ГОСТ 3.1121-84 [75, пункт 1.2] тип производства характеризуется **коэффициентом закрепления операций** $K_{з.о.}$, который определяется по формуле:

$$K_{з.о.} = \frac{O}{P}, \quad (1)$$

где O - число различных операций;

P - число рабочих мест, на которых выполняются различные операции.

Значение $K_{з.о.}$ принимается для планового периода, равного одному месяцу:

- при единичном производстве $K_{3.0.} > 40$;
- при мелкосерийном производстве $20 < K_{3.0.} \leq 40$;
- при среднесерийном производстве $10 < K_{3.0.} \leq 20$;
- при крупносерийном производстве $1 < K_{3.0.} \leq 10$;
- при массовом производстве $K_{3.0.} = 1$.

Изготовление изделий на машиностроительных предприятиях осуществляется в результате производственного процесса, структура которого приведена на рис. 1.

Важнейшими элементами производственного процесса являются **технологические процессы**, содержащие целенаправленные действия по изменению и определению состояния предмета труда. К предметам труда относятся заготовки и изделия.

Для осуществления практически любого технологического процесса в машиностроительном производстве необходимо применение совокупности орудий производства, называемых средствами технологического оснащения. **Структура средств технологического оснащения** приведена на рис. 2.

Технологические процессы выполняют на рабочих местах. **Рабочим местом** называют элементарную единицу структуры предприятия, где размещены исполнители работы, средства технологического оснащения, подъемно-транспортное оборудование, стеллажи для хранения заготовок, деталей или сборочных единиц. **Рабочее место** – участок производственной площади, оборудованный в соответствии с выполняемой на нем работой.

Технологический процесс изготовления изделия или детали обычно делится на технологические операции. **Технологической операцией** называют законченную часть технологического процесса, выполняемую на одном рабочем месте. Операция охватывает все действия оборудования и рабочих над одним или несколькими совместно обрабатываемыми или собираемыми объектами производства.

Таблица 1 – Организационно-технические и технологические признаки трех типов производства

Наименование признака	Тип производства		
	единичное	серийное	массовое
Широта номенклатуры изделий (деталей)	Широкая	Ограниченная партиями (сериями)	Узкая
Постоянство номенклатуры	Не повторяется	Периодически повторяется	Постоянный выпуск изделий узкой номенклатуры
Объем выпуска изделий (деталей)	Малый объем выпуска (штуки, десятки штук)	Сравнительно большой объем выпуска (от десятков до нескольких тысяч штук)	Большой объем выпуска
Степень специализации рабочих	Разнообразные операции $K_{з.о.}$ не нормируется	Периодически повторяющиеся операции: мелкосерийное производство $20 < K_{з.о.} \leq 40$; среднесерийное производство $10 < K_{з.о.} \leq 20$; крупносерийное производство $1 < K_{з.о.} \leq 10$	Одна постоянно повторяющаяся операция $K_{з.о.} = 1$
Форма организации производства	Непоточное производство. Оборудование расставляется по технологическим группам	Поточное производство (по ходу технологического процесса). Оборудование расставляется по технологическим группам с учетом направления основных грузопотоков по предметно-замкнутым участкам	Поточное производство (по ходу технологического процесса)
Степень специализации оборудования	Универсальное (в основном)	Универсальное, специализированное и частично-специальное	Преимущественно специальное, высокопроизводительное
Степень специализации технологической оснастки	Универсальная	Универсальная, унифицированная и частично специальная	Специальная (высокопроизводительная)
Степень механизации и автоматизации производства	Малая	Средняя (используются станки с ЧПУ, обрабатывающие центры, ГАП)	Высокая (используются автоматы, агрегатные станки, конвейеры и т.д.)
Квалификация основных рабочих	Высокая	Средняя (высокая при наладке станков с ЧПУ и ГАП)	Сравнительно невысокая на поточных линиях
Степень детализации технологической документации	Маршрутное описание технологическо-го процесса (разрабатывается маршрутная карта)	Маршрутно-операционное описание технологического процесса (разрабатывается маршрутная карта и на отдельные, сложные операции-операционные карты)	Операционное описание технологического процесса
Нормирование труда	Опытно-статистический метод нормирования	Опытно-статистический метод нормирования и техническое нормирование	Техническое нормирование (технически обоснованные нормы)
Достижение требуемой точности обработки	Разметкой, методом пробных ходов	Метод пробных ходов и методами автоматического получения размеров	Методами автоматического получения размеров

При обработке на станке операция включает все действия рабочего, управляющего станком, а также автоматические движения станка, осуществляемые в процессе обработки заготовки до момента снятия её со станка и перехода к обработке другой заготовки. Элементы технологических операций приведены на рис. 1.

Коэффициент закрепления операций также характеризует среднюю частоту смены технологических операций на производственном участке и время непрерывной работы по выполнению операции на всех заготовках производственной партии.

Изменение времени непрерывного выполнения одной работы влияет на специализированные навыки рабочих, трудоемкость обработки и оплату труда рабочих подразделений, затраты на переналадки, периодичность в обслуживании со стороны наладчика и оплату простоев рабочих мест в ожидании обслуживания, на затраты по планированию и учету движения продукции. Все эти величины в рублях показывают изменение элементов себестоимости выпускаемой продукции, непосредственно зависящих от размера величины коэффициента закрепления операций ($K_{з.о.}$).

Так как величина $K_{з.о.}$ отражает частоту смены различных технологических операций и связанную с этим периодичность обслуживания рабочего информационными и вещественными элементами производства, то $K_{з.о.}$ оценивается применительно к явочному числу рабочих подразделения из расчета на одну смену:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum P_{oi}}{\sum P_{яi}} = \frac{K_B \cdot \Phi \sum P_{oi}}{\sum N_i \cdot t_i}, \quad (2)$$

где $\sum P_{oi}$ - суммарное число различных операций;

$\sum P_{яi}$ - явочное число рабочих подразделения, выполняющих различные операции;

K_B - коэффициент выполнения норм;

Φ - месячный фонд времени рабочего при работе в одну смену;

$\sum N_i \cdot t_i$ - суммарная трудоемкость программы выпуска;

N_i - программа выпуска каждой i -й позиции номенклатуры;

t_i - трудоемкость i -й позиции.

При учебном технологическом проектировании рекомендуется условное число однотипных операций Π_{Oi} , выполняемых на одном станке в течение месяца при работе в одну смену определять по формуле:

$$\Pi_{Oi} = \frac{\eta_n}{\eta_z}, \quad (3)$$

где η_n - планируемый или нормативный коэффициент загрузки станка всеми закрепленными за ним однотипными операциями. При расчетах его величину принимают равной 0,8;

η_z - коэффициент загрузки станка одной, заданной для проектирования операции:

$$\eta_z = \frac{T_{ш.к.} \cdot N_m}{60 F_m \cdot K_B}, \quad (4)$$

где $T_{ш.к.}$ - штучно-калькуляционное время, необходимое для выполнения проектируемой операции, мин;

N_m - месячная программа выпуска данной детали при работе в одну смену, шт.;

F_m - месячный фонд времени работы оборудования в одну смену, ч;

K_B - коэффициент выполнения норм, равный 1,3.

Месячная программа выпуска данной детали определяется из выражения:

$$N_m = \frac{N_g}{12},$$

где N_g - годовой объем выпуска заданной детали, шт./год.

Номинальный годовой фонд времени работы оборудования составляет 2070 ч для работы в одну смену, 4140 ч для двух смен и 6210 ч для трех смен.



Рисунок 1 – Структура производственного процесса



Рисунок 2 – Структура средств технологического оснащения

Действительный фонд времени работы оборудования учитывает потери времени на наладку и ремонт оборудования и этим отличается от номинального (календарного) фонда времени.

Действительный годовой фонд времени работы оборудования для одной, двух и трех смен составляет соответственно 2030, 4015 и 5965 ч.

Месячный фонд времени работы оборудования в одну смену составляет:

$$F_{\text{м}} = \frac{2030}{12} = 169 \text{ ч.}$$

Число различных операций за месяц по участку из расчета на одного сменного мастера определяется суммированием значений Π_{oi} :

$$\sum \Pi_{oi} = \Pi_{o1} + \Pi_{o2} + \Pi_{o3} + \dots + \Pi_{on},$$

где $\sum \Pi_{oi}$ - суммарное число различных операций;

1,2,3...n – номера рабочих мест.

Число рабочих на один станок, загруженный до $\eta_n = 0,8$ при работе в одну смену, определяется по формуле:

$$P_{\text{я}i} = \frac{N_i \cdot T_{\text{ш.к.}}}{K_B \Phi 60} = \frac{\Pi_{oi} N_{\text{м}} T_{\text{ш.к.}}}{K_B \Phi 60}, \quad (5)$$

где $N_i = \Pi_{oi} N_{\text{м}}$ - приведенный объем выпуска деталей, шт./мес.;

$T_{\text{ш.к.}}$ - штучно-калькуляционное время на выполнение заданной операции, мин;

Φ - месячный фонд времени рабочего при 22 рабочих днях в месяц, ч,

$$\Phi = 22 \cdot 8 = 176 \text{ ч.}$$

Явочное число рабочих участка при работе в одну смену определяется суммированием значения $P_{\text{я}i}$:

$$\sum P_{\text{я}i} = P_{\text{я}1} + P_{\text{я}2} + P_{\text{я}3} + \dots + P_{\text{я}n}.$$

Оплата затрат подготовительно-заключительного времени может быть подсчитана по формуле:

$$З_{пз} = 12T_{п.з.} \cdot \sum P_{яi} \cdot C_{ц} \cdot K_{з.о.}, \quad (6)$$

где $T_{п.з.}$ - подготовительно-заключительное время операции, ч, определяемое по общемашиностроительным нормативам [49, 51-53, 55];

$\sum P_{яi}$ - явочное число рабочих участка, чел.;

$C_{ц}$ - оплата одного нормо-часа с учетом дополнительной зарплаты и отчислений на соцстрахование, руб.;

$K_{з.о.}$ - коэффициент закрепления операций.

Оборотные средства в незавершенном производстве рассчитываются по формуле:

$$H_o = \frac{E_n \cdot 3 \cdot n (C_z + \frac{C}{N_r} \cdot 0,5)}{K_{з.о.}}, \quad (7)$$

где E_n - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, равный 0,15;

3 - число партий заготовок, приходящееся в среднем на одно рабочее место, равное трем (одна партия в ожидании обработки, вторая - на станке в работе, третья - на транспортировке, либо на контроле);

n - размер партии заготовок, обрабатываемых на одной наладке (определяется по методике, описанной в подразделе 4.3.2);

C_z - стоимость заготовки, руб.;

C - себестоимость механической обработки годового выпуска деталей одного наименования, руб.;

N_r - годовой объем выпуска заданной детали, шт./год;

$K_{з.о.}$ - коэффициент закрепления операций.

Оплата затрат по планированию и учету движения продукции определяется по формуле:

$$З_r = 12 \cdot \sum P_{яi} \cdot K_{з.о.} \cdot (C_n + \frac{C_p}{O_o}), \quad (8)$$

где C_n - оплата нормирования и учета одной операции, руб.;

C_p - оплата нормирования и учета одной детали, руб.;

O_d - среднее число операций в одной детали по участку.

Можно принять $C_n=15$ руб , $C_p=12$ руб.

Стоимость заготовки (C_p) определяется по формулам, приведенным в методических указаниях по курсовой работе [1] .

Себестоимость механической обработки годового выпуска деталей одного наименования определяется по методикам, изложенным в литературе [2,3, 11, 34] .

Тип производства по коэффициенту закрепления операций может быть определен по описанной методике после разработки технологического процесса изготовления детали и получения результатов технического нормирования всех технологических операций.

Поэтому на начальном этапе курсового проектирования дается предварительная оценка типа производства по программе выпуска, массе, сложности изделия, планируемому интервалу времени выпуска изделия данной конструкции и с учетом технологических признаков. При проектировании механических цехов и участков изготовления деталей можно руководствоваться данными табл. 2.

Таблица 2 – Количество изготавливаемых в год деталей одного наименования и типоразмера для разных производств

Тип производства	Крупные изделия тяжелого машиностроения весом более 300кг	Изделия средних размеров весом 20-300кг	Мелкие изделия весом до 20кг
Единичное	<5	<10	<100
Мелкосерийное	5-100	10-200	100-500
Среднесерийное	100-300	200-500	500-5000
Крупносерийное	300-1000	500-5000	5000-50000
Массовое	>1000	>5000	>50000

Значение коэффициента $K_{з.о.}$ на этой стадии курсового проектирования можно определить по формуле:

$$K_{з.о.} = \frac{t_{\partial}}{t_{ш}},$$

где t_{∂} - такт выпуска деталей или изделий;

$t_{ш}$ - среднее штучное время по всем технологическим операциям.

Такт выпуска представляет собой интервал времени, через который периодически производится выпуск деталей или изделий определенного наименования, типоразмера и исполнения.

Такт выпуска определяется по формуле:

$$t_{\partial} = \frac{60\Phi}{N},$$

где Φ - фонд выпуска при заданном интервале времени (год, месяц и т.д.), ч;

N - количество деталей или изделий, которые необходимо выпустить в заданный интервал времени (год, месяц), шт.

4.3.2 Определение размера партии деталей

В соответствии с ГОСТ 14.004-83 [94] **производственной партией** называется определенное количество заготовок или деталей одного наименования и типоразмера, одновременно запускаемое в обработку на одно рабочее место в течение определенного интервала времени.

Размер партии оказывает существенное влияние на экономику производства изделий. С увеличением размера партии растет производительность труда и снижается себестоимость детали. Однако с ростом партии увеличиваются длительность производственного цикла и величина связывания оборотных средств в незавершенном производстве.

В практике машиностроения широкое применение получили методы поэтапного расчета и согласования размеров партии деталей. Эти расчеты,

базирующиеся на использовании коэффициента закрепления операций $K_{з.о.}$, являющегося определяющей характеристикой типа производства и его технико-организационного уровня, принято называть дифференцированным.

В предлагаемом методе определения размера партии деталей одного наименования и типоразмера рекомендуется вести в два этапа.

Этап 1. Производят расчеты двух предельно допустимых параметров партии i -х деталей – n_1 и n_2 .

Первый параметр n_1 определяют по формуле:

$$n_1 = \frac{F_{э.м.} \cdot K_O \cdot K_B}{K_{з.о.} \cdot \sum_{i=1}^{K_O} T_i}, \quad (9)$$

где $F_{э.м.}$ - эффективный месячный фонд времени участка, мин;

K_O - число операций по технологическому процессу;

K_B - средний коэффициент выполнения норм по участку;

$K_{з.о.}$ - коэффициент закрепления операций;

T_i - средняя трудоемкость одной операции, мин;

$\sum_{i=1}^{K_O} T_i = T_i \cdot K_O$ - суммарная трудоемкость техпроцесса.

Параметр n_1 отражает достигнутый участком уровень специализации рабочих мест, показатели производительности труда и себестоимости изготовления детали.

Второй параметр n_2 рассчитывается по формуле:

$$n_2 = \frac{F_{э.м.} \cdot K_{сл} \cdot K_B}{K_{м.о.} \cdot \sum_{i=1}^{K_O} T_i}, \quad (10)$$

где $K_{сл}$ - коэффициент, учитывающий сложность и трудоемкость детали;

$K_{м.о.}$ - коэффициент, учитывающий затраты межоперационного времени.

Второй параметр n_2 учитывает и ограничивает допустимый объем незавершенного производства и связывания оборотных средств.

Этап 2. Найденные выше расчетные параметры n_1 и n_2 анализируют и корректируют с целью удовлетворения требованиям технико-организационного порядка.

Важнейшим требованием является обеспечение кратности партии деталей размеру партии изделий на сборочной стадии $n_{сб}$, а также месячной

программе выпуска N_m , т.е. $N_m = \frac{N_{\Gamma}}{12}$.

а) **Кратность партии деталей** её размеру на сборочной стадии обеспечивается подбором целочисленного значения коэффициента кратности

$$\frac{n}{n_{сб}} = K_n = 1, 2, 3, \dots, m.$$

При этом для расчета берется минимальное значение n из двух, ранее найденных значений параметров партии n_1 и n_2 , $n = n_{\min}$.

Кратность партии деталей ее размеру на сборочной стадии определяется по выражению:

$$n' = K_n \cdot n_{сб}.$$

б) **Кратность партии деталей** месячной программе выпуска N_m обеспечивается установлением для неё нормативной периодичности повторения производства I_n .

Под периодом повторения производства или ритмом партии понимают отрезок времени между сроками запуска и выпуска двух смежных партий данного изделия.

Расчетная периодичность запуска деталей будет

$$I_p = \frac{n' \cdot 22}{N_m}.$$

Полученную расчетом периодичность необходимо согласовать с ее допустимыми нормативными значениями I_n .

За принимаемую периодичность повторения производства деталей I_{np} берется большее ближайшее из значений I_n .

После этого выполняют вторую коррекцию принимаемого размера партии согласно условию

$$n'' = \frac{I_{np} \cdot N_m}{22} < n_{\max}.$$

Размеры партий рассчитывают по всей номенклатуре деталей участка. При этом полученные значения периодичностей I_{np} в пределах данного участка не должны различаться более чем на 3-4 последовательно кратных значений, например, $I_n = 2,5; 5$ дней и т.д.

Из двух взаимосвязанных показателей – периодичность повторения I_{np} и размер партии n'' главным является I_{np} . Размер партии в штуках n'' является величиной, корректируемой в зависимости от объема выпуска.

При выполнении расчетов размера партии деталей рекомендуются следующие значения параметров, входящих в расчетные формулы:

- эффективный месячный фонд времени участка $F_{э.м.} = 10560$ мин;
 - средний коэффициент выполнения норм по участку $K_B = 1,3$;
 - коэффициент, учитывающий затраты межоперационного времени, $K_{м.о.}$, принимается в зависимости от габаритов, сложности и количества операций обработки детали K_O :
- крупногабаритные сложные детали K_O св.12; $K_{м.о.}=0,75$;
среднегабаритные сложные детали $4 \leq K_O \leq 12$; $K_{м.о.}=1,5$;
мелкие простые детали $1 \leq K_O \leq 3$; $K_{м.о.}=2,5$.

Ряд допустимых (нормативных) периодичностей запуска партий деталей I_n :
месяцы: 1/22; 1/8; 1/4; 1/2; 1; (2); (3); (4); 6; (8); 12
дни: 1; 2,5; 5; 11; 22; (44); (66); (88); 132; (176); 264.
Предпочтительные значения I_n даны без скобок.

Коэффициент, учитывающий сложность детали $K_{сл}$, принимается для сложных и трудоемких деталей равным 1, а для деталей средней сложности и трудоемкости равным 0,75.

После определения $n_1 = n_{\max}$, $n_2 = n_{\min}$ и n'' проверяем выполнение условия

$$n_{\min} < n'' < n_{\max}.$$

4.4 Технологический процесс сборки изделия

Сборка – образование соединений составных частей изделия. Соединения могут быть разъемными и неразъемными (соединение свинчиванием, запрессовкой, сваркой, склеиванием и другими способами).

Сборочные работы составляют значительную долю общей трудоемкости изделия. В зависимости от типа производства трудоемкость сборки составляет от (20...30)% в массовом и до (30...40)% в единичном производстве. Значительная часть слесарно-сборочных работ представляет собой ручные работы, требующие больших затрат труда и высокой квалификации рабочих.

При изготовлении изделия (машины) сборке принадлежит ведущая роль. Технологические процессы изготовления деталей в большинстве случаев подчинены технологии сборки машины. Следовательно, сначала должна разрабатываться технология сборки изделия, а затем – технология изготовления деталей.

По ГОСТ 14.004-83 [94] **технологический процесс сборки изделия** представляет собой часть производственного процесса, характеризующегося последовательным соединением готовых деталей в сборочные единицы и готовые изделия, полностью отвечающие установленным для них техническим требованиям.

4.4.1 Последовательность разработки технологического процесса сборки изделия

Разработка технологического процесса сборки изделия выполняется при курсовом проектировании в следующей последовательности.

Вначале **проводится ознакомление со служебным назначением** и описанием работы изделия и его составных частей в соответствии с рекомендациями, приведенными в работе [1, разд. 4.3].

Затем на основе ранее выполненного в курсовой работе анализа размерных связей в рассматриваемом изделии [1, разд. 4.4] **выбирается метод достижения требуемой точности** при его сборке по результатам расчета сборочных размерных цепей с замыкающими звеньями, точность которых обусловлена техническими требованиями к изделию.

По сборочным чертежам и спецификациям изделия и его составных частей **выявляются все сборочные единицы**, составляющие изделие или его механизм, в которую входит ранее рассмотренная сборочная размерная цепь. Её расчеты выполнены в курсовой работе по основам технологии машиностроения. Классификация сборочных единиц представлена на рис. 3.

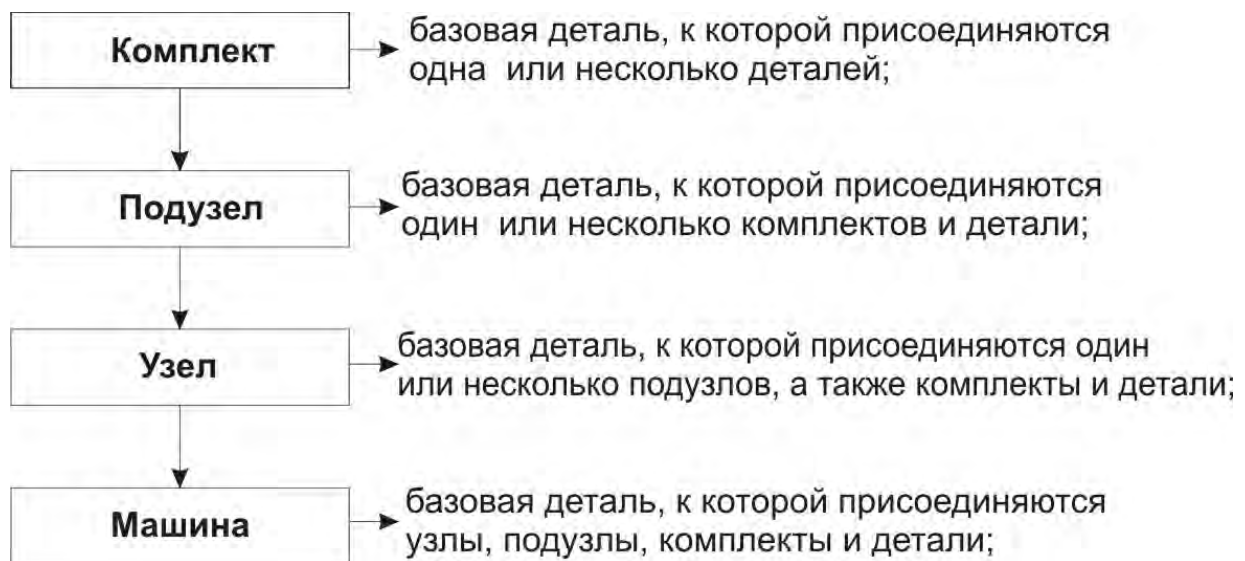


Рисунок 3 – Классификация сборочных единиц

Последовательность сборки удобно изображать в виде графических схем сборки отдельных сборочных единиц изделия или его механизма в целом, представляющих собой условное изображение последовательности соединения деталей, комплектов, подузлов и узлов.

Рекомендации по составлению технологических схем сборки и по проектированию технологических процессов сборки приведены в литературе [4,5,6,7,8].

Технологические схемы сборки изделия и его сборочных единиц являются оперативным документом, по которому персонал сборочного участка или цеха знакомится с последовательностью сборки изделия и организует выполнение сборочного процесса.

Процесс сборки изображается на схеме горизонтальной прямой, которую проводят в направлении от базового элемента (базовой детали или выполняющую ее роль сборочной единицы) к собранному объекту. Сверху располагаются в порядке последовательности сборки обозначения непосредственно входящих в изделие (сборочную единицу) деталей, а снизу сборочных единиц.

Технологические схемы составляют отдельно для каждой сборочной единицы, входящей в рассматриваемый механизм изделия и для общей сборки механизма (если это требуется заданием на курсовое проектирование).

На примере механизма периодического поворота машины укладочной универсальной типа ИНА 125, фрагмент которого изображен на рис. 4, приведены технологические схемы сборки отдельных сборочных единиц на рис. 5-8.

На технологических схемах каждый элемент обозначен прямоугольником, разделенным на три части. В верхней части прямоугольника указано наименование элемента (детали, сборочной единицы). В левой нижней части – номер позиции элемента по чертежу, в правой нижней части – количество собираемых элементов.

Обратите внимание. **Построение любой технологической схемы сборки начинается с базовой детали** или выполняющую ее роль сборочной единицы.

Под базовой деталью понимают деталь с базовыми поверхностями, выполняющую роль соединительного звена, обеспечивающего при сборке

соответствующее положение одних деталей относительно других, требуемое служебным назначением изделия.

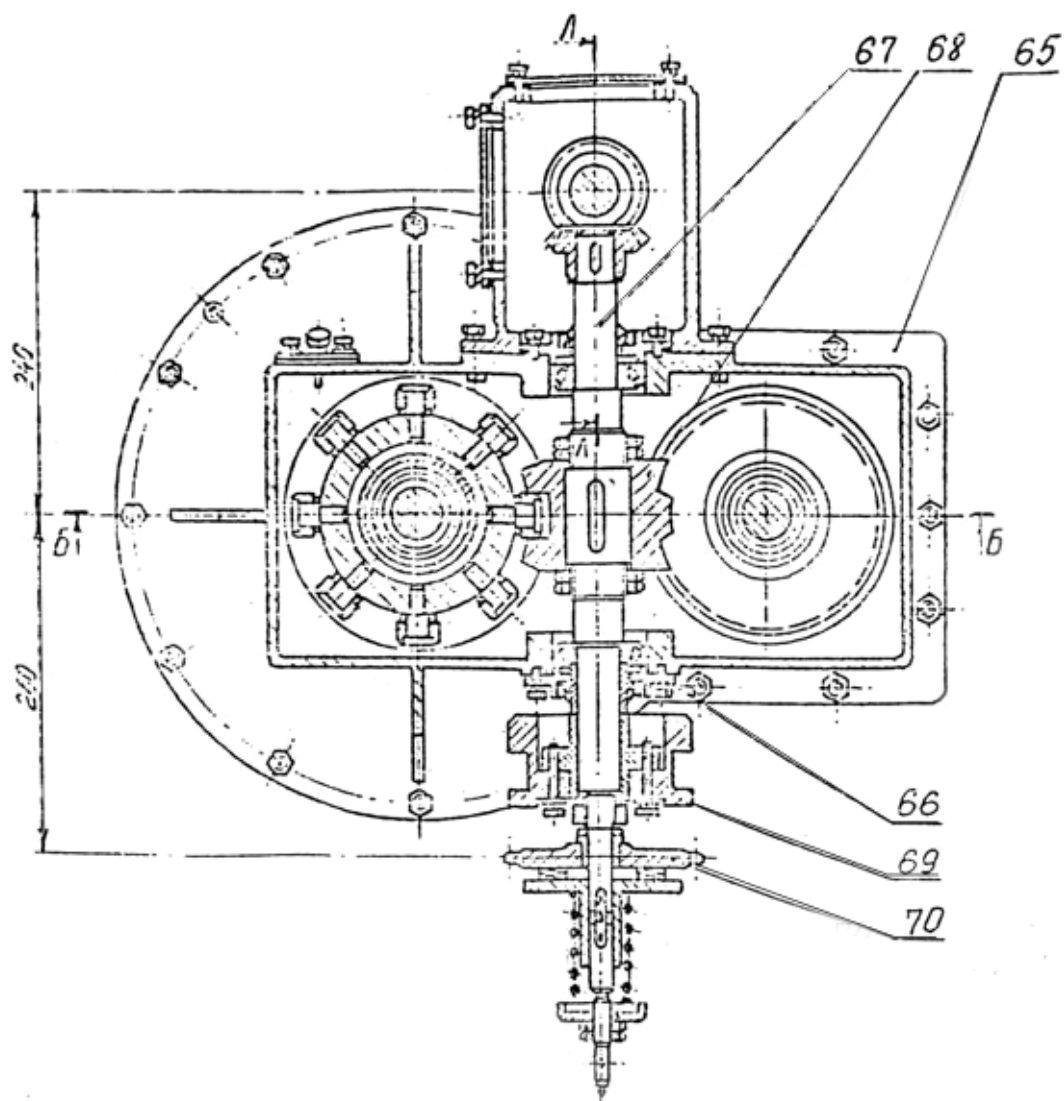


Рисунок 4 – Фрагмент механизма периодического поворота машины укладочной, универсальной типа ИНА125



Рисунок 5 – Технологическая схема комплектной сборки пальца (поз.64)



Рисунок 6 – Технологическая схема комплектной сборки вала (поз.67)

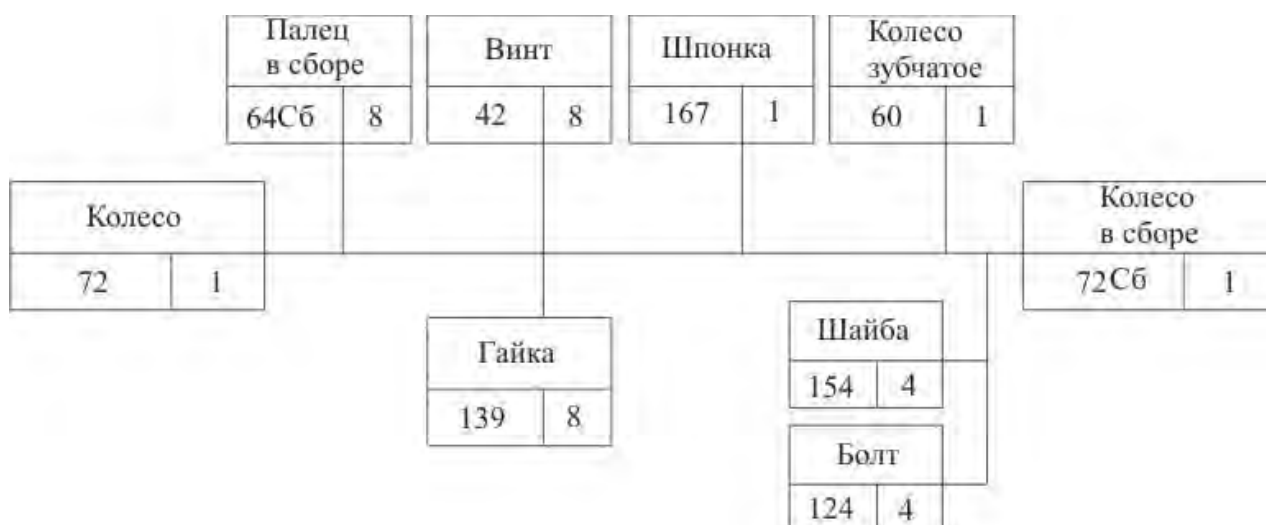


Рисунок 7 – Технологическая схема подузловой сборки колеса (поз.72)



Рисунок 8 – Технологическая схема подузловой сборки
стакана (поз.63)

При разработке технологических схем и технологического процесса сборки изделия надо придерживаться следующих рекомендаций:

- сборку составных частей изделия и его общую сборку следует начинать с установки на сборочном стенде базовой детали;
- смонтированные в первую очередь сборочные единицы и детали не должны мешать установке последующих деталей и сборочных единиц;
- вначале необходимо собирать сборочные единицы и детали, выполняющие наиболее ответственные функции в работе изделия;
- при наличии параллельно связанных размерных цепей в изделии сборку следует начинать с установки тех сборочных единиц и деталей, размеры или относительные повороты поверхностей которых являются общими звеньями и принадлежат большему числу размерных цепей;
- затем следует постепенно переходить к сборке тех сборочных единиц и деталей, размеры и относительные повороты поверхностей которых являются общими звеньями, принадлежащими постепенно уменьшающему количеству размерных цепей;
- в каждой из размерных цепей сборку следует начинать с тех сборочных единиц и деталей, размеры или относительные повороты

поверхностей которых являются звеньями основной ветви размерной цепи, т.е. ветви, не содержащей исходного (замыкающего) звена;

- при прочих равных условиях сборку следует начинать с той размерной цепи, с помощью которой решается наиболее ответственная задача;

- в размерных цепях, где конструкцией изделия предусмотрено получить требуемую точность замыкающего звена методом регулирования, находят компенсирующие звенья и детали, выполняющие роль неподвижных или подвижных компенсаторов;

- сборочным операциям должны предшествовать подготовительные и пригоночные работы, связанные со срезанием металла, которые сводятся в отдельные операции;

- сборочная единица не должна состоять из большого числа деталей и сопряжений, но и излишнее «дробление» изделия на сборочные единицы и детали также нерационально, так как это усложняет процесс сборки и ее трудоемкость может возрасти;

- большинство деталей изделия должно войти в те или иные сборочные единицы с тем, чтобы сократить число отдельных деталей, подаваемых непосредственно на сборку (исключение составляют базовые детали, крепежные детали и др.);

- изделие следует расчленять таким образом, чтобы конструктивные условия позволяли осуществлять сборку наибольшего числа сборочных единиц независимо одну от другой (без ущерба для эксплуатации изделия) для лучшей ремонтпригодности изделия и для реализации по возможности принципа блочности сборки или агрегатной сборки.

В пояснительной записке приводятся технологические схемы рассматриваемых сборочных единиц в виде рисунков и даются пояснения по сборке механизма изделия, указанного в задании на курсовое проектирование.

В графической части проекта на иллюстрированном листе изображаются технологические схемы и циклограммы сборки сборочных единиц, входящих в механизм изделия.

На основании разработанных технологических схем сборки изделия формируется технологический маршрут сборки изделия, который представляет собой последовательность сборочных операций, включая контрольные и вспомогательные операции (очистка деталей, регулирование, пригонка, балансировка и др.).

Определяется целесообразная степень дифференциации или концентрации сборочных операций.

Разрабатываются (или выбираются) наиболее производительные, экономичные и технически обоснованные способы сборки, способы контроля и испытаний.

В пояснительной записке следует дать описание особенностей достижения требуемой точности при монтаже типовых деталей и соединений машин, в частности, при монтаже валов на опорах скольжения или качения, зубчатых передач, манжетных уплотнений, фланцевых и других деталей с помощью крепежных деталей и т.д. [8,9].

С целью выбора наиболее эффективного варианта технологического маршрута сборки проводится нормирование сборочных операций для определения трудоемкости сборочных работ и построения циклограммы сборки с помощью общемашиностроительных нормативов для технического нормирования слесарных и слесарно-сборочных работ [10].

Циклограммы сборки изделия и его составных частей позволяют:

- установить возможно более короткий цикл сборки путем совмещения во времени выполнения отдельных переходов;
- соединить переходы в сборочные операции, выполняемые на отдельных рабочих позициях (или местах) в промежутки времени, по возможности равные или кратные установленному такту;
- внести необходимые изменения в конструкцию изделия (повышающих ее технологичность), в технологический процесс сборки или технологическую оснастку.

Такт сборки определяют по формуле:

$$T = \frac{\Phi}{N},$$

где Φ - фонд времени за определенный период времени (год, месяц) в часах;

N - программа выпуска изделий за тот же период времени в штуках.

Циклограмма сборки является оперативным документом для организации и планирования работы сборочного участка или цеха. Примеры оставления циклограмм сборки составных частей механизма периодического поворота машины ИНА 125 приведены в табл. 3 и 4.

На циклограммах сборки сборочных единиц указано оперативное время выполнения каждого технологического перехода, состоящее из суммы основного и не перекрываемого им вспомогательного времени, и номер карты по общемашиностроительным нормативам для технического нормирования слесарных и слесарно-сборочных работ [10]. **При расчете штучного времени** на выполнение слесарных и сборочных операций суммарное оперативное время на всю операцию дополняется временем обслуживания рабочего места и дополнительным (на личные надобности) временем в процентах от суммарного оперативного времени на всю операцию, которое приводится в указанных нормативах [10].

Штучное время на сборочную операцию определяется по формуле:

$$T_{ш} = \sum_{i=1}^m Ton_i \left[1 + \frac{T_{обс} + T_{отд}}{100} \right],$$

где Ton_i - оперативное время на выполнение i -го технологического перехода, мин;

$T_{обс}$ - время на обслуживание рабочего места в процентах от оперативного времени, %;

$T_{отд}$ - время на отдых и личные надобности в процентах от оперативного времени, %;

m - количество технологических переходов в сборочной операции;

i – порядковый номер перехода.

Таблица 3 – Циклограмма сборки стакана (поз.63)

	Наименование перехода	Топ, мин		Цикл сборки
1	Установить стакан поз.63 в приспособление	0,22	28	
2	2 наружные обоймы подшипника поз.179 тщательно промыть	0,44	78	
3	Установить наружную обойму подшипника поз.179 в стакан поз.63	0,082	81	
4	Установить вал в сборе поз.67	0,062	82	
5	Установить наружную обойму подшипника поз.179 в стакан поз.63	0,082	81	
6	Проверить плавность вращения вала поз.67	0,07	94	
Оперативное время на операцию сборки стакана Топ =0,956мин				

Таблица 4 – Циклограмма сборки вала (поз.64)

	Наименование перехода	Топ, мин		Цикл сборки
1	Установить вал поз.64 в приспособление	0,22	28	
2	Установить отражатель поз.52	0,082	81	
3	Тщательно промыть 2 внутренние обоймы подшипника поз.179	0,44	78	
4	2 внутренние обоймы подшипника поз.179 нагреть в масляной ванне в течение 15-20 минут	15		
5	Запрессовать 2 внутренние обоймы подшипника поз.179 на вал поз.64	0,14	32	
6	Смазать поверхность подшипника поз.179 маслом	0,063	18	
7	Установить шпонку поз.169 на вал поз.64	0,55	75	
Оперативное время на операцию сборки вала Топ =16,50 мин				

При сборке партиями определяется **штучно-калькуляционное время** по формуле:

$$T_{ш.к.} = Tш_{изд} + \frac{T_{п.з.}}{n},$$

где $Tш_{изд}$ – штучное время на сборку изделия, мин;

$T_{п.з.}$ – подготовительно-заключительное время на партию изделий, мин;

n – количество изделий в партии.

Трудоемкость сборки изделия и его составных частей определяется суммированием штучного времени всех слесарных и сборочных операций технологического процесса сборки изделия:

$$Tш_{изд} = \sum_{i=1}^k Tш_i,$$

где $Tш_i$ – штучное время на i -ю сборочную или слесарную операцию;

k – количество операций сборки.

На основе изучения назначения изделия, его сборочных и рабочих чертежей, а также намеченного объема выпуска изделия и его сборочных единиц студенты выбирают и обосновывают вид и организационную форму процесса сборки заданного изделия или его составной части.

В соответствии с делением изделия на сборочные единицы и детали различают:

- общую сборку изделия;
- комплектную сборку;
- подузловую сборку;
- узловую сборку.

Под общей сборкой понимают технологический процесс, при котором соединяют и фиксируют с требуемой точностью все составляющие изделие узлы, подузлы, комплекты и детали.

Под комплектной сборкой понимают соединение, координирование и фиксацию с требуемой точностью всех деталей, составляющих комплект.

Под подузловой сборкой понимают соединение, координирование и фиксацию с требуемой точностью комплектов и деталей, составляющих подузел.

Под узловой сборкой понимают соединение, координирование и фиксацию с требуемой точностью подузлов, комплектов и деталей, составляющих узел.

Организационные формы сборки изделия приведены на рис. 9.

При организации производства сборка подразделяется на непоточную и поточную, а по перемещению собираемого изделия – на стационарную и подвижную.

Непоточная стационарная сборка без расчленения сборочных работ характеризуется тем, что весь процесс сборки изделия или его составной части выполняется на одном рабочем месте при неизменном положении собираемого объекта.

Непоточная стационарная сборка с расчленением сборочных работ предусматривает дифференциацию процесса сборки на виды сборки сборочных единиц и общую сборку изделия или его составной части.



Рисунок 9 – Организационные формы технологических процессов сборки изделия

Сборка сборочных единиц и общая сборка выполняются в одно и то же время разными бригадами сборщиков. При такой организации длительность процесса сборки изделия значительно сокращается.

Непоточную стационарную сборку экономично использовать в единичном и мелкосерийном производствах. С увеличением числа собираемых объектов целесообразно переходить к непоточной подвижной сборке.

Непоточная подвижная сборка характеризуется последовательным перемещением собираемого изделия от одного рабочего места к другому. Перемещение собираемого объекта от одного рабочего места к другому может быть свободным или принудительным.

Непоточную подвижную сборку экономично применять при серийном производстве.

Поточная стационарная сборка характеризуется тем, что собираемые объекты остаются на сборочных местах, а рабочие одновременно переходят от одних собираемых объектов к другим через определенные промежутки времени. Каждый рабочий выполняет определенную операцию.

Поточная подвижная сборка характеризуется тем, что собираемый объект перемещается непрерывно или периодически через равные промежутки времени, равные такту или кратные такту.

Поточная сборка может быть организована со свободным, периодическим или принудительным перемещением объекта сборки.

Главным условием организации поточной сборки является обеспечение взаимозаменяемости сборочных изделий и отдельных деталей, входящих в поточную сборку.

Поточная сборка является экономичной при достаточно большом объеме выпуска собираемых изделий, т.е. при крупносерийном и массовом производствах.

4.4.2 Анализ технологичности конструкции изделия

Одним из основных этапов проектирования, в большой степени определяющих эффективность технологических процессов сборки, является анализ технологичности конструкции изделия и его составных частей.

В соответствии со стандартами единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП) [94-97,107] **требования к технологичности изделия разбиты на 3 группы:**

- 1) требования к составу изделия;
- 2) требования к конструкции соединения составных частей;
- 3) требования к точности и методу сборки.

Требования к составу изделия:

- изделие должно расчленяться на рациональное число составных частей (сборочных единиц) с учетом принципов блочности и агрегатирования;

- конструкция сборочной единицы должна обеспечивать возможность компоновки из стандартных и унифицированных частей;

- сборка изделия не должна обуславливать применение сложного технологического оснащения;

- конструкция изделия должна обеспечивать возможность параллельной и независимой сборки как можно большего числа отдельных сборочных единиц;

- виды используемых соединений, их конструкции и месторасположение должны соответствовать требованиям механизации и автоматизации сборочных работ;

- поступающие на сборку сборочные единицы должны быть проверены и испытаны в условиях их работы в изделии;

- в конструкции сборочной единицы и ее составных частей, имеющих массу более 20 кг, должны предусматриваться конструктивные элементы для удобного захвата грузоподъемными средствами, используемыми в процессе сборки, разборки и транспортирования;

- конструкция сборочной единицы должна предусматривать базовую составную часть, которая является основой для расположения остальных составных частей;

- компоновка конструкции сборочной единицы должна позволять выполнять сборку при неизменном базировании составных частей;

- в конструкции базовой составной части необходимо предусматривать возможность использования основных конструкторских баз в качестве технологических и измерительных, т.е. реализовывать принцип единства баз;

- компоновка сборочной единицы должна обеспечивать общую сборку без промежуточной разборки и повторных сборок составных частей;

- компоновка составных частей сборочной единицы должна обеспечивать удобный доступ к местам, требующим контроля, регулировки и проведения других работ, регламентированных технологией подготовки изделия к функционированию и технологическому обслуживанию;

- компоновка сборочной единицы должна предусматривать рациональное расположение такелажных узлов, монтажных опор и других устройств для обеспечения транспортабельности изделия.

Требования к конструкции соединений составных частей:

- количество поверхностей и мест соединений составных частей в общем случае должно быть наименьшим;

- места соединений составных частей должны быть доступны для механизации сборочных работ и контроля качества соединений;

- соединение составных частей не должно требовать сложной и необоснованно точной обработки сопрягаемых поверхностей;

- конструкции соединений составных частей не должны требовать дополнительной обработки в процессе сборки.

Требования к точности и методу сборки:

- точность расположения составных частей должна быть обоснована и взаимосвязана с точностью изготовления составных частей;

- выбор места сборки для данного объема выпуска и типа производства должен проводиться на основании расчета и анализа размерных цепей;

- точность расположения составных частей изделия или сборочных единиц должна обеспечиваться, как правило, методами полной или неполной взаимозаменяемости и методами пригонки или регулирования, если эти методы предусмотрены конструкцией изделия;

- на чертежах составных частей изделия должна быть предусмотрена рациональная простановка размеров, входящих в сборочные размерные цепи изделия.

Надо иметь в виду, что **метод полной взаимозаменяемости** основан на расчете размерных цепей способом максимума – минимума. Метод прост и обеспечивает 100%-ную взаимозаменяемость при расчете относительно коротких размерных цепей (не более пяти звеньев) с достаточно высокой точностью замыкающего звена, как правило, не выше 8 квалитета. Недостатком метода является назначение небольших по величине допусков на составляющие звенья, что приводит к увеличению трудоемкости и себестоимости изготовления изделия.

В большинстве случаев, при решении сборочных размерных цепей рекомендуется применять **метод неполной взаимозаменяемости**. При этом методе допуски на размеры деталей, составляющие сборочную размерную цепь, преднамеренно расширяют для удешевления производства. В основе метода лежит положение теории вероятности, согласно которому крайние значения погрешностей составляющих звеньев размерной цепи встречаются значительно реже, чем средние значения. Такая сборка целесообразна в серийном и массовом производствах в многозвенных цепях и обеспечивает более высокую точность замыкающего звена по сравнению с методом полной взаимозаменяемости.

Метод групповой взаимозаменяемости применяют при сборке прецизионных соединений, имеющих короткие размерные цепи (не более четырех звеньев) и очень высокую точность. В этом случае детали

изготавливают по расширенным допускам и сортируют по размерам на группы так, чтобы при соединении деталей, входящих в группу, было обеспечено достижение установленного конструктором допуска замыкающего звена. В пределах одной группы деталей точность замыкающего звена обеспечивается методом полной взаимозаменяемости.

Недостатком данной сборки являются дополнительные затраты на организацию сортировки деталей по группам с очень высокой точностью размеров, на организацию технологической подготовки производства высокой культуры, хранения и учета деталей при движении их по технологическому маршруту.

Сборка методом групповой взаимозаменяемости применяется в массовом и крупносерийном производствах при сборке соединений, обеспечение точности которых другими методами требует больших затрат.

Сборка методом пригонки трудоемка и применяется в единичном и мелкосерийном производствах.

Метод регулирования при сборке применяется в мелко- и среднесерийном производствах.

При методе регулирования точность замыкающего звена размерной цепи достигается изменением размера или положения компенсирующего звена в виде неподвижного или подвижного компенсатора.

Метод регулирования имеет ряд преимуществ:

- обеспечивает высокую точность замыкающего звена при экономичных допусках на все составляющие звенья сборочной размерной цепи;
- отсутствуют пригоночные работы, что упрощает сборку;
- обеспечивает возможность периодически или непрерывно сохранять требуемую точность замыкающего звена размерной цепи изделия в процессе его эксплуатации.

Недостатками этого метода являются повышение затрат времени на регулирование, потребность в сборках высокой квалификации, введение в конструкцию изделия дополнительных деталей.

4.4.3 Оформление технологической документации сборки изделия

Формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы (операции), специализированные по методам сборки, устанавливаются ГОСТ 3.1407-86[82].

Комплект документов на технологический процесс сборки изделия или его составной части включает:

- титульный лист (ТЛ) по ГОСТ 3.1105-84[69];
- маршрутную карту (МК) процесса сборки по ГОСТ 3.1118-82 формы 2 и 16[72];
- операционные карты (ОК) сборки сборочных единиц по ГОСТ 3.1407-86 формы 1 и 1а [82];
- карты эскизов (КЭ) по ГОСТ 3.1105-84 формы 6 и 6а, 7 и 7а, 8 и 8а [69].

Общие правила записи технологической информации в документах на технологические процессы и операции машиностроения установлены ГОСТ 3.1129-93[78].

Общие требования к формам и бланкам технологических документов установлены ГОСТ 3.1130-93[79].

В курсовом проекте технологические документы заполняют с помощью печатающих устройств, ЭВМ или рукописным способом с высотой букв и цифр не менее 2,5мм на соответствующих бланках черной пастой или тушью.

Термины и определения основных понятий и определений технологических процессов изготовления изделий машиностроения должны соответствовать ГОСТ 3.1109-82[71], условные обозначения, наименования, сокращения слов и словосочетаний, применяемых в описании технологии сборки – ГОСТ 3.1703-79[87].

При необходимости выполняют эскизы отдельных технологических операций и переходов сборки в пояснительной записке на картах эскизов по форме 7 ГОСТ 3.1105-84[69] или на листах графической части проекта.

Правила записи операций и переходов на слесарные и слесарно-сборочные работы технологических процессов сборки регламентированы

ГОСТ 3.1703-79[87]. Перечень операций сборки приведен в табл. 5, а примеры записи операций и переходов сборки, ключевых слов технологических переходов и записи наименований обрабатываемых поверхностей, конструктивных элементов и дополнительной информации даны в табл. 6-8.

Формы и правила оформления маршрутных карт при разработке технологических процессов сборки изделия и его составных частей установлены ГОСТ 3.1118-82[72].

Для изложения технологического процесса сборки в маршрутной карте информацию вносят построчно несколькими типами строк. Каждому типу строки соответствует свой служебный символ. В качестве обозначения служебных символов приняты буквы русского алфавита, проставляемые перед номером соответствующей строки и выполняемые прописной буквой, например, М01, А1, Б2 и т.д.

Указание соответствующих служебных символов для типов строк, в зависимости от размещаемого состава информации, в графах МК и ОК следует выполнять согласно табл. 9.

Таблица 5 – Перечень операций сборки (ГОСТ 3.1703-79) [87]

Слесарные работы	Сборочные операции
1	2
1. Слесарная	1. Сборка
2. Гибка	2. Базирование
3. Гравировальная	3. Балансировка
4. Доводочная	4. Застегивание
5. Зачистка	5. Закрепление
6. Зенкерование	6. Запрессовывание
7. Завивка	7. Клепка
8. Калибрование	8. Контровка
9. Керновка	9. Маркирование
10. Нарезка	10. Пломбирование
11. Навивка	11. Склеивание
12. Отрубка	12. Стопорение
13. Отрезка	13. Свинчивание
14. Опиловочная	14. Установка
15. Очистка	15. Центровка

1	2
16. Полирование 17. Правка 18. Разметка 19. Разрезка 20. Развертывание 21. Развальцовка 22. Сверлильная 23. Смазывание 24. Шабровка	16. Шлифование 17. Шплинтование 18. Разборка 19. Распрессовывание 20. Расшплинтование 21. Расштифтование 22. Распломбирование 23. Развинчивание

Таблица 6 – Пример записи операций и переходов сборки (ГОСТ 3.1703-79) [87]

Запись операций и перехода	
Полная	Сокращенная
Гнуть деталь, выдерживая размеры 1 и 2	Гнуть деталь согласно эскизу
Зачистить буртик 1 от краски	Зачистить буртик согласно эскизу
Калибровать отверстие 2, выдерживая размер 1	Калибровать отверстие 2 согласно эскизу
Маркировать деталь, выдерживая размеры 1 и 2	Маркировать деталь согласно эскизу
Нарезать резьбу, выдерживая размер 1	Нарезать резьбу согласно эскизу
Опилить заготовку, выдерживая размеры 1,2 и 3	Опилить заготовку согласно чертежу
Развернуть отверстие 2, выдерживая шероховатость	Развернуть отверстие 2 согласно чертежу
Разметить деталь, выдерживая размеры 2, 3 и 1	Разметить деталь согласно чертежу
Развальцевать поверхность 1, выдерживая размер 2	Развальцевать поверхность 1 согласно чертежу
Разрезать заготовку, выдерживая $l_1=20\text{мм}$, $l_2=35\text{мм}$	Разрезать заготовку согласно эскизу
Разобрать изделие (позиции 1,3,5)	Разобрать изделие согласно чертежу
Сверлить отверстие, выдерживая размеры 1 и 2	Сверлить отверстие согласно чертежу
Свинтить детали 1 и 3, выдерживая размер 1	Свинтить детали 1 и 3 согласно чертежу
Установить деталь, выдерживая угол 15°	Установить деталь согласно чертежу
Шабрить поверхность 1 с точностью 8-10 пятен	Шабрить поверхность 1 согласно эскизу

Таблица 7 – Ключевые слова технологических переходов сборки и их коды
(ГОСТ 3.1703-79) [87]

Код	Ключевое слово	Код	Ключевое слово
01	Балансировать	26	Нанести
02	Базировать	15	Опилить
05	Гнуть	27	Отрубить
04	Гравировать	28	Очистить
03	Завить	16	Отрезать
06	Застегнуть	17	Править
81	Закрепить	20	Притереть
08	Запрессовать	30	Пломбировать
07	Зачистить	19	Полировать
12	Застопорить	31	Разметить
13	Зенковать	21	Разрезать
09	Калибровать	24	Развернуть
14	Кернить	32	Развинтить
22	Контрить	25	Развальцевать
18	Клепать	33	Распрессовать
23	Маркировать	34	Расшплинтовать
13	Нарезать	35	Разобрать
11	Навить	36	Распломбировать
37	Расштифтовать	91	Установить
29	Сверлить	38	Центровать
89	Смазать	42	Шабрить
39	Свинтить	43	Шплинтовать
40	Склеить	44	Штифтовать
41	Собрать	45	Довести

Таблица 8 – Пример записи наименований обрабатываемых
поверхностей, конструктивных элементов, предметов производства и
дополнительной информации (ГОСТ 3.1703-79) [87]

Код	Запись	
	полная	сокращенная
001	Буртик	Бурт.
003	Выточка	Выт-ка
007	Деталь	Дет.
009	Заготовка	Загот.
010	Изделие	Изд.
014	Контур	К-р

Код	Запись	
	полная	сокращенная
015	Конус	Кон.
016	Лыска	Л-ка
018	Отверстие	Отв.
020	Паз	-
022	Поверхность	Поверхн.
026	Резьба	Р-ба
028	Ступень	Ступ.
029	Сфера	-
030	Торец	Т-ц
032	Фаска	Ф-ка
01	Согласно чертежу	Согл. черт.
02	Согласно эскизу	Согл. эск.
03	По разметке	По разм.
04	По трафарету	По траф.
05	С точностью	С точн.
06	Обеспечивая герметичность	Обеспеч. гермет.
07	Обеспечивая прилегание	Обеспеч. прилег.
08	Обеспечивая параллельность	Обеспеч. парал.
09	По шаблону	По шabl.
10	По реперным точкам	По реперн. тчк.
13	От ржавчины	От ржавч.

При заполнении информации на строках, имеющих **служебный символ О**, следует руководствоваться требованиями государственных стандартов ЕСТД, устанавливающих правила записи операций и переходов[12, 13, 71, 72, 82, 87,88].

Простановка служебных символов на маршрутных и операционных картах является обязательной и не зависит от применяемого метода проектирования документов. Допускается не проставлять служебный символ на последующих строках, несущих ту же информацию, при описании одной и той же операции, на данном месте документа.

Запись информации следует выполнять в технологической последовательности по всей длине строки с возможностью, при необходимости, переноса информации на следующие строки. При операционном описании технологического процесса на МК номер перехода следует проставлять вначале строки.

Таблица 9 – Служебные символы, применяемые на строках в маршрутной карте (МК) и операционной карте (ОК)

Обозначение служебного символа	Содержание информации, вносимой в графы, расположенные на строке
А	Номер цеха, участка, рабочего места, где выполняется операция, код и наименование операции, обозначение документов, применяемых при выполнении операции
Б	Код, наименование оборудования и информация по трудозатратам
К	Информация по комплектации изделия (сборочной единицы) составными частями с указанием наименования деталей, сборочных единиц, их обозначений, количества на изделие и нормы расхода.
М	Информация о применяемом основном материале и исходной заготовке, информация о применяемых вспомогательных и комплектующих материалах с указанием наименования и кода материала, кода единицы величины, единицы нормирования, количества на изделие и нормы расхода
О	Содержание операции (перехода)
Т	Информация о применяемой при выполнении операции технологической оснастке

При заполнении информации на строках, имеющих **служебный символ Т**, следует руководствоваться требованиями соответствующих классификаторов, государственных стандартов на кодирование (обозначение) и наименование технологической оснастки. Запись информации по технологической оснастке следует выполнять по всей длине строки с возможностью переноса информации на следующие строки.

Информацию по применяемой на операции технологической оснастке записывают в следующей последовательности:

- стапели – СТ;
- приспособления – ПР;
- вспомогательный инструмент – ВИ;
- слесарный и слесарно-монтажный инструмент – СЛ;
- режущий инструмент – РИ;

- специальный инструмент, применяемый при выполнении специфических технологических процессов (операций), например при сварке и т.п. – СП.

Допускается выполнять отдельную запись информации по видам технологической оснастки с применением условных обозначений её видов.

Формы операционных карт (ОК) на первый или заглавный лист и на последующие листы на слесарные и сборочные операции приведены на рис. 10 и 11. В табл.10 указаны содержание граф при заполнении бланков операционных карт. На рис. 12 приведен пример оформления операционной карты на сборку. В приложении Г приведен в качестве примера комплект документов на технологический процесс сборки узла механизма периодического поворота машины укладочной универсальной типа ИНА125.

Таблица 10 – Наименование и содержание граф операционных карт по ГОСТ 3.1407-86[82]

Номер графы	Номер формы ОК	Наименование (условные обозначения) графы	Содержание графы
1	1	-	Обозначение служебного символа и порядковый номер строки
2	1	Код, наименование операции	Код операции по технологическому классификатору операций [12], наименование операции. Допускается код операции не указывать
3	1	Обозначение документа	Обозначение документов, применяемых при выполнении данной операции
4	1	МИ	Масса изделия по конструкторскому документу
5	1	-	Резервная графа. Графу можно использовать для записи информации об оборудовании

Номер графы	Номер формы ОК	Наименование (условные обозначения) графы	Содержание графы
6	1	Код, наименование оборудования	Код, краткое наименование оборудования. Допускается указывать модель оборудования.
7	1	T_B	Вспомогательное время на операцию
8	1	T_O	Основное время на операцию
9	1, 1a	Наименование детали, сб.единицы или материала	Наименование деталей, сборочных единиц, материалов, применяемых при выполнении операции
10	1, 1a	Код, обозначение	Обозначение (код) деталей, сборочных единиц по конструкторскому документу или материала по классификатору
11	1, 1a	ОПП	Обозначение подразделения (склада, кладовой и т.п.) откуда поступают комплектующие детали, сборочные единицы или материалы
12	1, 1a	ЕВ	Код единицы величины (массы, длины и т.п.) детали, заготовки, материал по классификатору. Допускается указывать единицы измерения величины
13	1, 1a	ЕН	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала, например 1,10,100
14	1, 1a	КИ	Количество деталей. Сборочных единиц, применяемых при сборке изделия; при разборке - получаемых
15	1, 1a	Н.расх.	Норма расхода материала

ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА
(первый или заглавный лист)

ГОСТ 3.1407-86 Форма 1														
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														
По ГОСТ 3.1103-82														
1	2	3	Обозначение документа										МН	
01	02	03	Код, наименование операции										04	
04	05	06	Код, наименование оборудования										07	
07	08	09	Код, наименование детали, единицы или материала										10	
10	11	12	Код, обозначение										13	
11	12	13	Код, обозначение										14	
12	13	14	Код, обозначение										15	
13	14	15	Код, обозначение										16	
14	15	16	Код, обозначение										17	
15	16	17	Код, обозначение										18	
16	17	18	Код, обозначение										19	
17	18	19	Код, обозначение										20	
18	19	20	Код, обозначение										21	
19	20	21	Код, обозначение										22	
20	21	22	Код, обозначение										23	
21	22	23	Код, обозначение										24	
22	23	24	Код, обозначение										25	
23	24	25	Код, обозначение										26	
24	25	26	Код, обозначение										27	
25	26	27	Код, обозначение										28	
26	27	28	Код, обозначение										29	
27	28	29	Код, обозначение										30	
28	29	30	Код, обозначение										31	
29	30	31	Код, обозначение										32	
30	31	32	Код, обозначение										33	
31	32	33	Код, обозначение										34	
32	33	34	Код, обозначение										35	
33	34	35	Код, обозначение										36	
34	35	36	Код, обозначение										37	
35	36	37	Код, обозначение										38	
36	37	38	Код, обозначение										39	
37	38	39	Код, обозначение										40	
38	39	40	Код, обозначение										41	
39	40	41	Код, обозначение										42	
40	41	42	Код, обозначение										43	
41	42	43	Код, обозначение										44	
42	43	44	Код, обозначение										45	
43	44	45	Код, обозначение										46	
44	45	46	Код, обозначение										47	
45	46	47	Код, обозначение										48	
46	47	48	Код, обозначение										49	
47	48	49	Код, обозначение										50	
48	49	50	Код, обозначение										51	
49	50	51	Код, обозначение										52	
50	51	52	Код, обозначение										53	
51	52	53	Код, обозначение										54	
52	53	54	Код, обозначение										55	
53	54	55	Код, обозначение										56	
54	55	56	Код, обозначение										57	
55	56	57	Код, обозначение										58	
56	57	58	Код, обозначение										59	
57	58	59	Код, обозначение										60	
58	59	60	Код, обозначение										61	
59	60	61	Код, обозначение										62	
60	61	62	Код, обозначение										63	
61	62	63	Код, обозначение										64	
62	63	64	Код, обозначение										65	
63	64	65	Код, обозначение										66	
64	65	66	Код, обозначение										67	
65	66	67	Код, обозначение										68	
66	67	68	Код, обозначение										69	
67	68	69	Код, обозначение										70	
68	69	70	Код, обозначение										71	
69	70	71	Код, обозначение										72	
70	71	72	Код, обозначение										73	
71	72	73	Код, обозначение										74	
72	73	74	Код, обозначение										75	
73	74	75	Код, обозначение										76	
74	75	76	Код, обозначение										77	
75	76	77	Код, обозначение										78	
76	77	78	Код, обозначение										79	
77	78	79	Код, обозначение										80	
78	79	80	Код, обозначение										81	
79	80	81	Код, обозначение										82	
80	81	82	Код, обозначение										83	
81	82	83	Код, обозначение										84	
82	83	84	Код, обозначение										85	
83	84	85	Код, обозначение										86	
84	85	86	Код, обозначение										87	
85	86	87	Код, обозначение										88	
86	87	88	Код, обозначение										89	
87	88	89	Код, обозначение										90	
88	89	90	Код, обозначение										91	
89	90	91	Код, обозначение										92	
90	91	92	Код, обозначение										93	
91	92	93	Код, обозначение										94	
92	93	94	Код, обозначение										95	
93	94	95	Код, обозначение										96	
94	95	96	Код, обозначение										97	
95	96	97	Код, обозначение										98	
96	97	98	Код, обозначение										99	
97	98	99	Код, обозначение										100	

Рисунок 10 – Операционная карта

[illegible]

50

ГОСТ 3.1407-86 Форма 1									
Дцбл.									
Взам.									
Подл.									
К. 01188.01445						1	1		
Разработ.	Захаров.		04.04.86	НПО "РИТМ"	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	—	К. 60105.00246		
Н.контр.	Моисеев.		09.04.86	Крышка ротора			15	02	40 025
01	Код, наименование операции				Обозначение документа				МН
	Сборка				НОТ № 1875-82				10,0 кг
02					Код, наименование оборудования				Тв То
					Верстак специальный				0,12 0,56
К/М	Наименование детали, соединения или материала			Код, обозначение		ОП	ЕВ	ЕН	КИ Н. расх.
0									
К 03	Крышка ротора			АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ		12	ХХХ	1	1 —
04	Пакладка уплотнительная			АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ		12	ХХХ	1	1 —
05	Стержень			АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ		12	ХХХ	1	1 —
М 06	бензин "Калаша"			ХХХХХХ.ХХХХ		11	ХХХ	1	— 0,031
0 07	1. Проверить наличие клейм на деталях и состояние сопроводительной документации								0,12
08	2. Промыть детали в бензине "Калаша"								0,10
Т 09	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ ванна; АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ щетка								
0 10	3. Обдуть детали сухим сжатым воздухом								0,13
Т 11	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ приспособление специальное								
0 12	4. Закрепить стержень в крышке								0,20
Т 13	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ ключ специальный								
0 14	5. Установить пакладку								0,09
15	6. Контроль исполнителем								0,04
ОК									

Рисунок 12 – Пример оформления операционной карты на сборку

4.5 Технологический процесс изготовления детали

Технологический процесс изготовления детали, чертеж которой был выдан студентам дневной формы обучения в 7-м семестре, разрабатывается на основе материалов курсовой работы по дисциплине «Основы технологии машиностроения», выполненной в этом же семестре. Кроме того, технология изготовления детали должна быть увязана с технологией сборки механизма машины, в которую входит деталь, выданная для курсового проектирования. При необходимости технология изготовления детали может быть скорректирована.

Разработку технологического процесса изготовления детали следует начинать с уточнения её служебного назначения и технических требований, предъявляемых к детали, с учетом результатов расчета сборочной размерной цепи, выполненной в курсовой работе, и требований технологии сборки,

разработанной в курсовом проекте. Следует также критически оценить результаты анализа технологичности конструкции детали, ранее выполненной в курсовой работе.

В курсовом проекте, при необходимости, может быть пересмотрен выбор метода получения заготовки, с целью снижения трудоемкости изготовления детали.

Целью технологического процесса является изготовление качественной детали при наименьших затратах труда и при высокой его производительности. Под качеством детали понимается соответствие её служебному назначению, свойствам материала (химического состава, структуры, качества поверхностных слоев, структуры остаточных напряжений в объеме материала) и показателям геометрической точности (размеров, расстояний, относительного поворота, геометрической формы и параметров шероховатости поверхностей).

Разработка технологического процесса изготовления детали ведется в определенной последовательности и включает в себя:

- уточнение служебного назначения детали, технических требований и норм точности, предъявляемых к ней и технологичности конструкции детали;
- окончательный выбор заготовки и технологического процесса её получения;
- выбор вида и формы организации производственного процесса;
- разработку технологического маршрута изготовления детали;
- обоснование выбора технологических баз на операциях механической обработки заготовки;
- анализ точности механической обработки заготовки;
- компоновку из переходов технологических операций и выбор технологического оснащения (технологического оборудования и технологической оснастки);
- назначение и расчет режимов резания;
- техническое нормирование переходов технологических операций;

- оформление технологической документации;
- оформление технологического задания на проектирование специальной технологической оснастки или специального технологического оборудования.

В соответствии со стандартами ЕСТПП [94-97] **основой для проектирования единичного технологического процесса является типовой технологический процесс** для детали определенного класса и типа. Класс деталей объединяет совокупность деталей, имеющих общие конструктивные и технологические признаки, т.е. одинаковый технологический маршрут и однородное технологическое оборудование.

Основными признаками для классификации деталей являются: форма детали, габаритные размеры, точность и качество поверхностей, степень точности для зубчатых и червячных передач, материал детали, объем выпуска, тип производства.

К классу валов относят детали, образованные наружными и внутренними поверхностями вращения, имеющими общую прямолинейную ось, при значительном превышении линейных размеров над диаметральными. Например, ступенчатые валы, оси, шпиндели, ходовые винты и др.

К классу втулок относят детали, образованные наружными и внутренними поверхностями вращения, имеющие одну общую прямолинейную ось, при значительном превышении диаметральных размеров над линейными. Например, втулки, гильзы, стаканы, муфты и т.д.

К корпусным деталям относят детали, содержащие систему сопряженных отверстий и плоскостей, координированных друг относительно друга.

К классу дисков относят детали, образованные наружными и внутренними поверхностями вращения, имеющими одну общую прямолинейную ось, при значительном превышении диаметральных размеров над линейными. Например, диски, шкивы, маховики, фланцы, крышки и др.

К классу деталей зубчатых передач относят цилиндрические, конические и червячные колеса и червяки разных степеней точности.

К классу рычагов относят детали, состоящие из совокупности втулок, соединенных между собой стержнями, которые не обрабатываются или обрабатываются с невысокой точностью. Например, рычаги, подвески, балансиры, коромысла, вилки, шатуны и др.

На все отмеченные классы деталей в литературе [2, 4, 5, 8, 17, 26, 27, 31] приведены типовые технологические процессы, которые следует принять за основу при разработке единичного технологического процесса заданной в курсовом проекте детали.

4.5.1 Разработка технологического маршрута изготовления детали

Технологический маршрут проектируют на основе выбранного аналога – типового технологического маршрута, который является информационной основой для проектируемого. При изменении и дополнении типового маршрута следует разделить технологический процесс на этапы.

Первый этап – проектирование технологических операций по изготовлению заготовки.

Второй этап – проектирование технологических операций, связанных вначале с черновой обработкой, затем получистовой и чистовой обработкой поверхностей заготовки.

При черновой обработке снимают основную массу металла и обеспечивают взаимное положение обработанных и необработанных поверхностей.

Так как на этой стадии обработки действуют силовые и температурные факторы, то после неё обычно вводятся операции термообработки для снятия внутренних напряжений (нормализация, улучшение, старение).

При получистовой и чистовой обработке обеспечивается достижимая на этой стадии точность поверхностей детали и их взаимного расположения и устраняется влияние технологической наследственности.

Третий этап – проектирование термической операции при необходимости обеспечения требуемой твердости детали по чертежу (объемная или поверхностная закалка).

Четвертый этап – проектирование отделочных операций для обеспечения требуемой точности детали и качества поверхностного слоя.

При проектировании технологического маршрута используют следующие общие рекомендации:

- обрабатывают поверхности, принятые за конструкторские и измерительные базы, при этом черновыми технологическими базами служат необработанные поверхности;

- определяют дальнейшую последовательность обработки поверхностей, руководствуясь системой простановки размеров и требованиями к точности расположения исполнительных поверхностей и конструкторских баз. В первую очередь обрабатывают поверхности, относительно которых координировано большинство других поверхностей;

- при обработке точных поверхностей технологический маршрут разбивают на черновой, чистовой и отделочные этапы.

Все определения, касающиеся структуры технологического процесса и операции (см. рис. 1) даны ниже в соответствии со стандартом ГОСТ 3.1109-82 [71].

Технологический процесс – часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда. Таким образом, при реализации технологического процесса происходит изменение качественного состояния объекта производства (химических и физических свойств материала, размеров, форм, качества поверхности, внешнего вида объекта).

Операция – законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте (или с использованием одной технологической системы).

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

Позиция – фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной обрабатываемой заготовкой или собираемой сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования при выполнении определенной части операции.

На рис. 13 и 14 приведены два варианта построения горизонтально-фрезерной операции при обработке на заготовке двух уступов. На рис. 13 заготовка обрабатывается за два установа. На рис. 14 заготовка обрабатывается в специальном приспособлении за один установ в двух позициях.

При построении технологических операций следует стремиться обрабатывать заготовку за меньшее количество установов, отдавая предпочтение позиционной обработке заготовки.

Технологический переход – законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных технологических режимах и установке.

Структура средств технологического оснащения представлена на рис. 2.

Под технологическим режимом понимают совокупность значений параметров технологического процесса в определенном интервале времени. Например, к параметрам технологического процесса относят: скорость резания, подача, глубина резания, температура нагрева или охлаждения и т.д.

Под установкой понимают придание заготовке определенного положения относительно координатной системы станка и инструмента и фиксация этого положения.

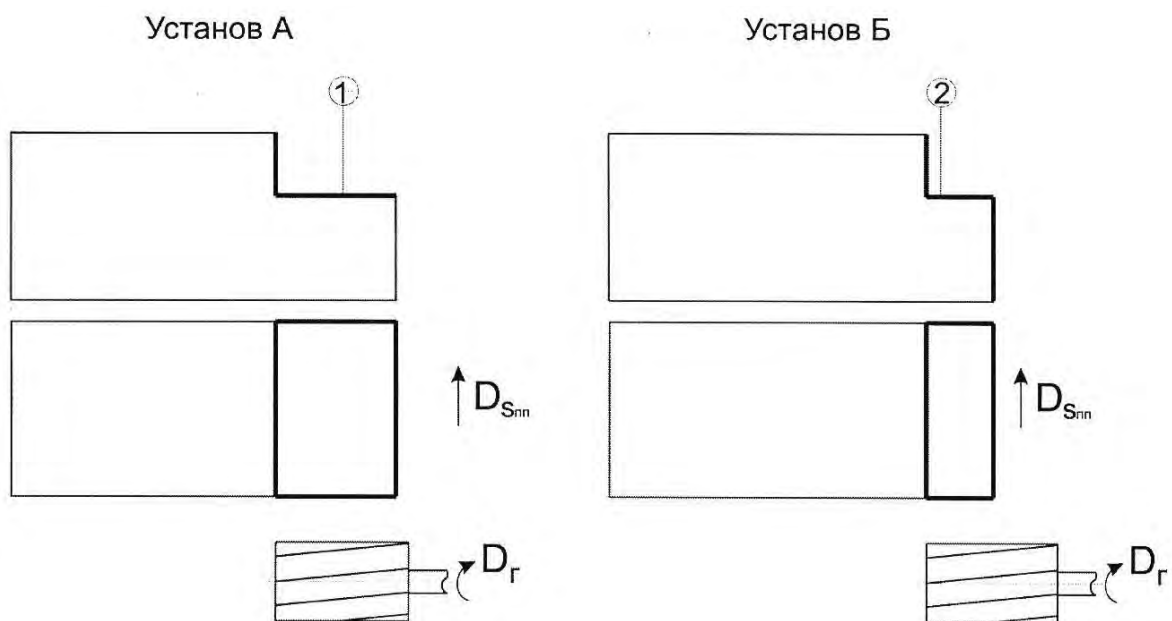


Рисунок 13 – Эскизы обработки на горизонтально-фрезерной операции за два установка

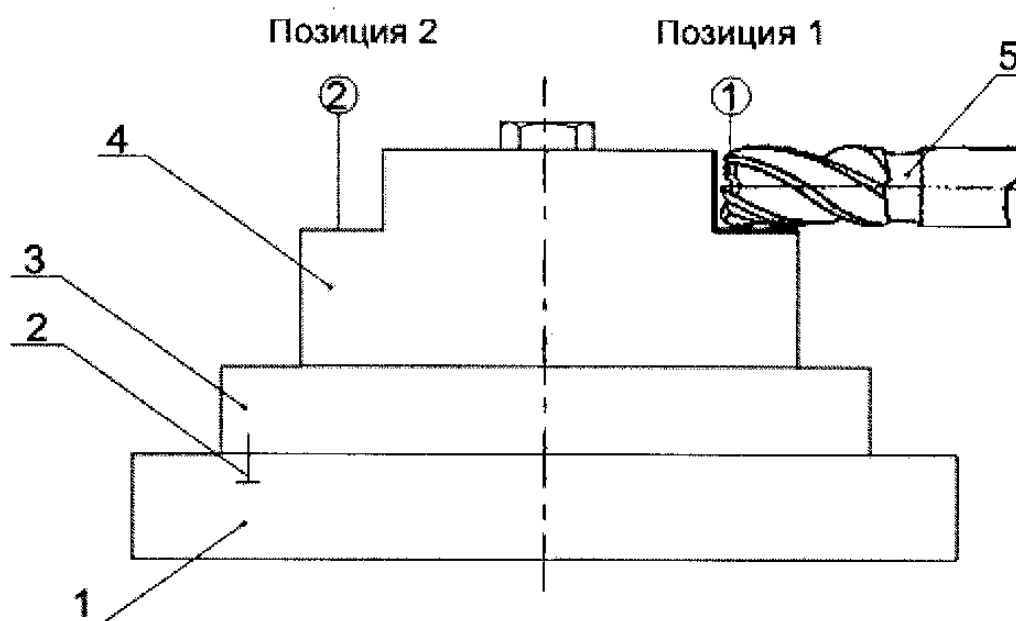


Рисунок 14 – Схема обработки уступов на заготовке в специальном приспособлении на горизонтально-фрезерной операции: 1 – основание приспособления; 2 – фиксатор; 3 – поворотная часть приспособления; 4 – заготовка; 5 – фреза концевая

На рис. 15 приведен эскиз обработки заготовки на токарно-винторезной операции на установке А за шесть технологических переходов, которые выполняются в следующей последовательности:

- 1) подрезать торец 3 токарным проходным отогнутым резцом 1;
- 2) точить поверхность 1 токарным проходным упорным отогнутым резцом 2;
- 3) точить фаску 2 токарным проходным отогнутым резцом 1;
- 4) сверлить отверстие 6 сверлом 3;
- 5) расточить выточку 4 с подрезкой дна выточки 5 предварительно токарным расточным резцом 4;
- 6) расточить выточку 4 с подрезкой дна выточки 5 чисто токарным расточным резцом 4.

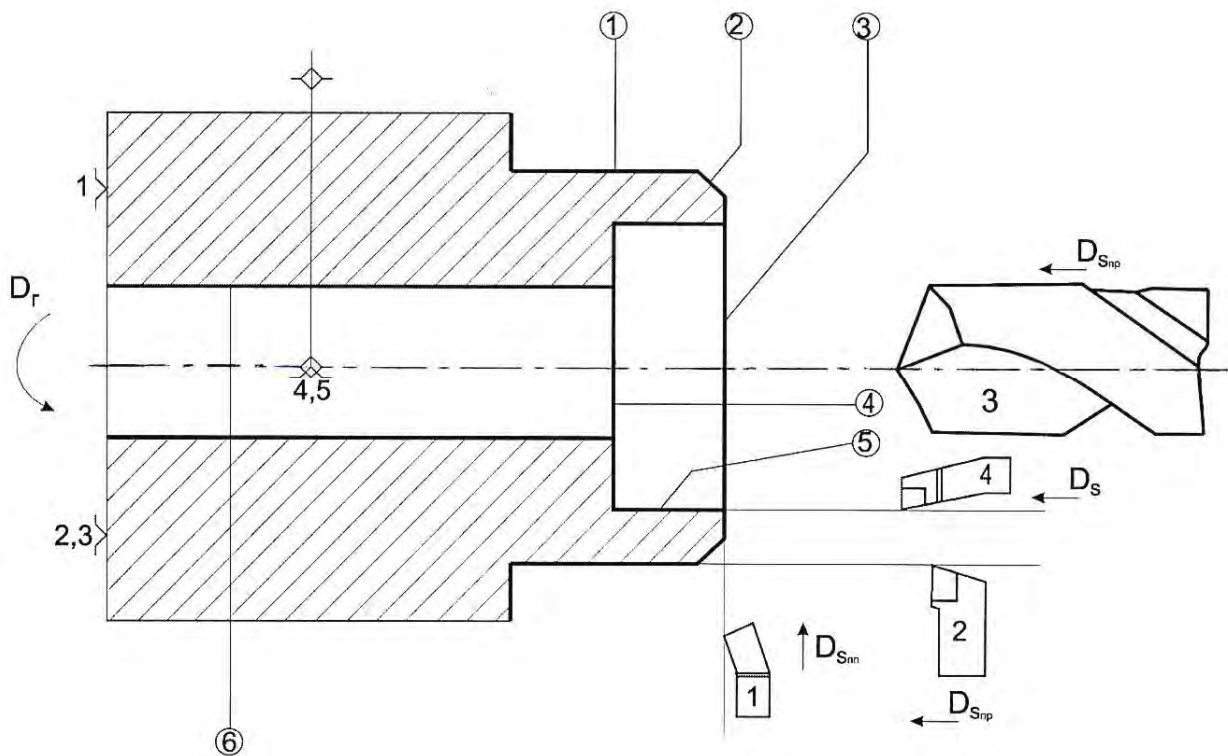


Рисунок 15 – Эскиз обработки заготовки на токарно-винторезной операции

Вспомогательный переход – законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и (или) оборудования, которые не сопровождаются изменением свойств предметов труда, но необходимы для выполнения технологического перехода.

Примерами вспомогательных переходов являются закрепление заготовки, смена и подвод инструмента, измерение детали на станке и т.д.

Рабочий ход – законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, качества поверхности и свойств заготовки.

Вспомогательный ход – законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, необходимого для подготовки рабочего хода.

При разработке маршрута изготовления детали и его структуры рекомендуется следующая последовательность работы:

- выбрать окончательно метод получения заготовки;
- провести технологическую разметку чертежа детали, пронумеровав все поверхности, подвергаемые механической обработке;
- в соответствии с рекомендациями таблиц среднеэкономических достижимых точностей обработки [20, 21, т. 1, гл.1, табл.4,5], приложения Е и Ж выбрать для каждой из пронумерованных поверхностей требуемое количество операций (переходов);
- составить из выбранных таким образом операций маршрут изготовления детали и представить его в виде табл. 11;
- в соответствии с примером разработать структурную схему маршрута изготовления детали, представленной на рис. 16.

На эскизе вала не полностью приведены его элементы и технические требования.

Название и краткое содержание операций, представленных в табл. 11, соответствуют требованиям ГОСТ 3.1702-79 [86].

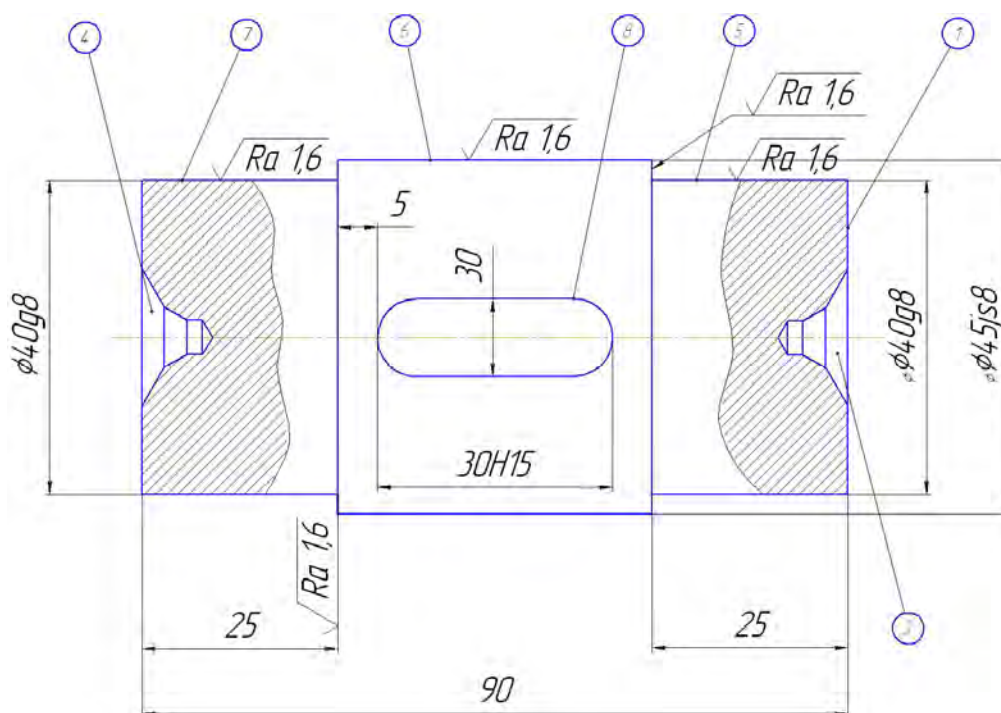


Рисунок 16 – Эскиз вала

Таблица 11 – Пример оформления маршрута изготовления вала

Номер операции	Наименование операций и их краткое содержание	Оборудование
05	Фрезерно-центровая Фрезеровать торцы 1 и 2 и сверлить центровые отверстия 3 и 4	Фрезерно-центровальный станок мод. МР-71М
10	Токарно-винторезная Точить поверхности 5,6 и 7	Токарно-винторезный станок мод. 16К20
15	Вертикально-фрезерная Фрезеровать шпоночный паз 8	Вертикально-фрезерный станок мод. 6Т104
20	Кругло-шлифовальная Шлифовать поверхности 5,6 и 7	Кругло-шлифовальный станок мод. 3М150

В табл. 11 приведена только часть необходимых операций как пример оформления маршрута изготовления детали в виде таблицы.

Маршрут изготовления детали проектируется по двум принципам построения операций в зависимости от типа производства и конкретных производственных условий.

Принцип концентрации технологических операций предусматривает объединение нескольких простых технологических переходов в одну сложную операцию.

Технологический процесс, построенный по принципу концентрации операций, состоит из небольшого числа сложных операций.

Концентрированные операции обычно проектируются в большей степени в условиях единичного и мелкосерийного производства.

Усложнение операции может производиться за счет:

- объединения предварительных (черновых) и окончательных (чистовых) переходов;
- замены нескольких установов позициями;
- усовершенствования, автоматизации станков, использования многошпиндельных автоматов и полуавтоматов, станков с ЧПУ, агрегатных, многопозиционных и многолезвьевых станков (в серийном и массовом производствах).

Вместо простых одноинструментальных переходов осуществляются сложные совмещенные переходы с многоинструментальной и многолезвийной обработкой одной или нескольких поверхностей. При этом повышается точность взаимного расположения поверхностей, обрабатываемых при одном установе, и резко повышается производительность труда за счет сокращения времени обработки.

Принцип дифференциации операций заключается в построении операции из небольшого числа простых технологических переходов.

Технологический процесс, построенный по принципу дифференциации операций, состоит из большого числа простых операций.

Применение принципа дифференциации операций позволяет разделить сложную и точную чистовую обработку, требующую высокой квалификации рабочих и высокоточных станков от предварительной (черновой) неточной обработки, которая может быть осуществлена простейшими и высокопроизводительными способами на простых и дешевых станках рабочими более низкой квалификации.

Дифференция экономически целесообразна в крупносерийном и массовом производствах.

В современном производстве машин эти две тенденции (концентрация и дифференциация) существуют параллельно. Используются также и комбинированные решения.

4.5.1.1 Выбор методов обработки поверхностей детали

При выборе метода обработки поверхности исходят из его технологических возможностей: обеспечения точности и качества поверхности; величины снимаемого припуска; времени обработки в соответствии с заданной производительностью.

Обработка каждой поверхности детали представляет собой совокупность методов обработки, выполняемых в определенной последовательности.

Последовательность методов обработки поверхностей заготовки устанавливается на основе требований рабочего чертежа детали и исходной заготовки:

- заданные точность и качество поверхностей позволяют выбрать методы (один или несколько) их окончательной обработки;
- вид исходной заготовки определяет методы начальной обработки;
- методы окончательной и начальной обработки позволяют выбрать промежуточные методы. Каждый метод окончательной обработки требует определенного набора методов предшествующих;
- вид заданной термической обработки определяет её место в последовательности обработки поверхности.

Для одной и той же поверхности могут применяться различные варианты обработки. Выбор наилучшего варианта является трудоемкой, но необходимой задачей. Эта задача окончательно решается на основании экономического анализа. Предварительные решения по выбору рационального варианта принимаются либо на основе таблиц

среднеэкономических достижимых точностей обработки разными методами (табл. 12-15), либо на основе расчетов точности.

Последовательность выбора методов обработки поверхностей рекомендуется следующая:

1) выбираются методы обработки поверхности на первом переходе (операции) в зависимости от способа получения заготовки и её точности;

2) определяются методы окончательной обработки поверхности на последнем переходе (операции) в зависимости от комплекса требований по точности рассматриваемой поверхности (данные из чертежа);

3) назначаются методы обработки поверхности на промежуточных переходах (операциях) на основе уже выбранных первого и последнего методов обработки.

При этом следует учитывать, что каждому методу окончательной обработки предшествуют обычно несколько предварительных (менее точных) методов. Например, чистовому развертыванию отверстия предшествует предварительное развертывание, а предварительному развертыванию - чистовое растачивание, зенкерование или сверление.

При назначении промежуточных методов исходят из того, что каждый последующий метод должен быть точнее предыдущего в среднем на один квалитет точности.

Допуск на промежуточный параметр точности должен всегда находиться в тех пределах, при которых возможно использование последующего метода обработки.

Разрабатывая маршрут обработки поверхности, необходимо помнить, что одна и та же точность обработки может быть достигнута несколькими методами.

Количество возможных вариантов маршрута обработки одной поверхности достаточно велико.

Однако его можно значительно уменьшить, если учесть габариты детали, её жесткость, способы установки для обработки, тип производства и т. п.

Предварительный выбор маршрута обработки поверхности был осуществлен, когда технологический маршрут разбивался на этапы обработки (черновой, термической, получистовой и т. д.). Более точная разбивка на этапы может быть проведена с помощью подробных таблиц технологических характеристик методов обработки.

Окончательный маршрут обработки выбирают с помощью соответствующих таблиц приложения Е и Ж [34], в которых представлены численные величины погрешностей размеров, формы, взаимного расположения и шероховатости поверхности. Для отдельных поверхностей численные величины погрешностей определяются расчетом.

Таблица 12 – Основные методы и виды обработки наружных цилиндрических поверхностей

Точение	Черновое	IT	14...12
		Ra	50...12,5
	Получистовое	IT	13...11
		Ra	25...3,2
	Чистовое	IT	10...8
		Ra	6,3...1,6
Шлифование	Тонкое	IT	8...7
		Ra	1,6...0,4
	Предварительное	IT	9...8
		Ra	6,3...0,4
	Чистовое	IT	7...6
		Ra	1,6...0,4
Отделочная обработка	Тонкое	IT	6...5
		Ra	1,6...0,1
	Хонингование	IT	5...4
		Ra	0,4...0,08
	Доводка (тонкая притирка)	IT	5...3
		Ra	0,16...0,01
Обработка давлением	Суперфиниш	IT	5...3
		Ra	0,1...0,01
	Полирование	IT	4...3
		Ra	0,1...0,01
	Обкатывание	IT	10...8
		Ra	0,08...0,01
	Выглаживание	IT	7...6
		Ra	0,8...0,05

Таблица 13 – Основные методы и виды обработки внутренних цилиндрических поверхностей (отверстий)

Обработка лезвийным инструментом	Сверление и рассверливание		IT	13...9
			Ra	25...1,6
	Зенкерование	Черновое	IT	13...12
			Ra	25...6,3
		Однократное	IT	13...11
			Ra	25...6,3
		Чистое	IT	10...8
			Ra	6,3...0,8
	Развертывание	Нормальное	IT	11...10
			Ra	12,5...0,8
		Точное	IT	9...7
			Ra	6,3...0,4
		Тонкое	IT	6...5
			Ra	3,2...0,1
	Растачивание	Черновое	IT	13...11
			Ra	25...1,6
		Чистовое	IT	10...8
			Ra	6,3...0,4
		Тонкое	IT	7...5
			Ra	3,2...0,2
	Протягивание	Черновое	IT	11...10
			Ra	12,5...0,8
		Чистовое	IT	9...6
			Ra	6,3...0,2
Обработка абразивным инструментом	Шлифование	Предварительное	IT	9...8
			Ra	6,3...0,4
		Чистовое	IT	7...6
			Ra	3,2...0,3
		Тонкое	IT	6...5
			Ra	1,6...0,1
	Отделочные методы	Притирка	IT	5...4
			Ra	1,6...0,1
		Хонингование	IT	6...5
			Ra	1,6...0,1
Обработка давлением	На металлорежущем оборудовании	Раскатывание	IT	10...8
			Ra	6,3...0,4
		Колибрование	IT	8...6
			Ra	6,3...0,1
		Выглаживание	IT	6...5
			Ra	0,4...0,1

Таблица 14 – Основные методы и виды обработки
плоских поверхностей

Строгание и долбление	Черновое	IT	13...11
		Ra	12,5...3,2
	Чистовое	IT	13...11
		Ra	1,6...0,8
	Тонкое	IT	10...9
		Ra	1,6...0,2
Фрезерование	Черновое	IT	13...11
		Ra	12,5...3,2
	Получистовое	IT	12...10
		Ra	3,2...1,6
	Чистовое	IT	10...8
		Ra	1,6...0,8
	Тонкое	IT	8...6
		Ra	1,6...0,2
Протя- гивание	Черновое	IT	11...10
		Ra	3,2...1,6
	Чистовое	IT	9...6
		Ra	1,6...0,4
Шабре- ние	Ручное	IT	7...6
		Ra	0,63...0,08
	Механическое	IT	8...7
		Ra	0,8...0,1
Шлифование	Черновое	IT	9...8
		Ra	1,6...0,4
	Чистовое	IT	8...7
		Ra	0,4...0,1
	Тонкое	IT	7...6
		Ra	0,2...0,05
	Предварительное	IT	3...4
		Ra	0,63...0,16
Довод- ка	Окончательное	IT	5...3
		Ra	0,32...0,04

Особое внимание следует обращать на характеристику методов с точки зрения обеспечения точности взаимного расположения. Например, как правило, отделочные методы не исправляют погрешности формы и

взаимного расположения, а служат лишь для уменьшения шероховатости.

Пример. Обработать отверстие, полученное литьем по Н8. На первом переходе (операции) могут применяться предварительное растачивание или предварительное зенкерование, обеспечивающие точность расположения и прямолинейность оси отверстия. В качестве окончательных переходов (операций), обеспечивающих точность размеров, формы и качество поверхностного слоя, можно назначить развертывание, тонкое растачивание и протягивание.

На выбор конкретного варианта обработки в данном случае значительное влияние оказывают тип производства и конкретная производственная обстановка.

Таблица 15 - Основные методы формирования зубьев
зубчатых колес

Зубонарезание	Зубо-фрезе-рование	Модульной фрезой	Ст.точн.	10...9
			Ra	12,5...6,3
		Червячной фрезой	Ст.точн.	10...8
			Ra	6,3...3,2
	Зубодолбление		Ст.точн.	8...7
			Ra	3,2...1,6
	Зубострогание		Ст.точн.	7...6
			Ra	3,2...0,8
	Зуботочение		Ст.точн.	8...7
			Ra	3,2...1,6
	Зубопротягивание		Ст.точн.	7...8
			Ra	3,2...0,8
Отделка зубьев	Шевингование зубьев		Ст.точн.	7...6
			Ra	1,25...0,63
	Хонингование зубьев		Ст.точн.	6...5
			Ra	0,5...0,1
	Шлифование зубьев		Ст.точн.	6...5
			Ra	1,25...0,5
Обра-ботка давле-нием	Обкатывание зубьев		Ст.точн.	7...5
			Ra	1,0...0,32
	Накатывание зубьев		Ст.точн.	9...8
			Ra	2,0...0,8

Так, протягивание обычно применяется в крупносерийном и массовом производстве для обработки отверстий небольших и средних размеров. Развертывание используется во всех типах производств, но требует, чтобы на предыдущих операциях были обеспечены прямолинейность и точность положения оси отверстия.

Тонкое растачивание может применяться во всех типах производства, но его использование обычно определяется наличием или отсутствием станков, соответствующих повышенным требованиям к точности, жесткости и кинематическим характеристикам.

В качестве промежуточных методов обработки возможны чистовое зенкерование и чистовое растачивание.

Применение того или другого метода определяется в основном требованиями точности расположения. Как правило, более высокую точность расположения и прямолинейность осей отверстий обеспечивает обработка однолезвийным инструментом, особенно на черновом и чистовом этапах.

Таким образом, для данного конкретного случая можно предложить десять различных маршрутов обработки отверстия. Для более наглядного представления возможных вариантов рекомендуется при анализе структуры маршрута пользоваться схемой, представленной на рис. 17.

Число вариантов, как показано выше, может быть уменьшено в зависимости от технологических задач, стоящих при изготовлении детали, типа производства, вида и метода получения заготовки, жесткости детали, необходимости обработки некоторых поверхностей за один установ и т. п.



Рисунок 17 - Варианты обработки отверстия

4.5.1.2 Типовые маршруты изготовления деталей различных классов

**Типовой маршрут изготовления корпуса из серого чугуна
призматического типа с плоским основанием и главными отверстиями
с осью, параллельной основанию**

А 005 Литейная

Б Формовочная машина

О Отлить заготовку согласно чертежу

Т Песчано-глинистые формы с формовочной смесью, литники

А 010 Обрубочная

Б Пресс или ножницы, газорезное оборудование

О Удалить литники, прибыли

Т Ленточная пила, резак газовый

А 015 Дробеструйная или пескоструйная

Б Установка или специальная камера

О Очистить отливки от остатков формовочной смеси, окалины, сгладить неровности на поверхностях отливки

А 020 Термическая

Б Электропечь или специальная установка для вибростарения во вращающемся барабане

О Провести отжиг (низкотемпературный) или искусственное старение для уменьшения внутренних напряжений

Т Технологическая тара, прихваты

А 025 Контрольная

Б Установка для гидроиспытаний, ультразвуковая установка, дефектоскоп рентгеновский

О Проверить корпус на герметичность гидравлическим испытанием в случае заполнения его маслом при эксплуатации; проверить под давлением для корпусов, работающих под давлением

Т Заглушки, керосин, мел

А 030 Пропиточная

Б Специальная установка, сушильный шкаф

О Пропитать бакелитовым лаком в случае обнаружения пористости или других неплотностей отливки

А 035 Малярная

Б Специальная установка, сушильный шкаф

О Грунтовать и покрасить необработанные наружные и внутренние поверхности деталей, не подвергаемых в дальнейшем термообработке с

целью предохранения попадания в работающий механизм корпуса чугуновой пыли, обладающей свойством “въедаться” в неокрашенные поверхности при механической обработке

Т Пульверизатор

А 040 Разметочная

Б Плита разметочная

О Провести разметку сложных заготовок

Т Линейка, чертилка, керн, молоток

А 045 Вертикально-фрезерная

Б Вертикально-фрезерный станок

О Фрезеровать плоскость основания начерно и начисто с припуском под плоское шлифование (при необходимости), а также по возможности фрезеровать боковые плоскости, перпендикулярные основанию (торцы главных отверстий)

Т Торцевая фреза, концевая цилиндрическая фреза, штангенциркуль, образцы шероховатости

А 050 Вертикально-фрезерная

Б Вертикально-фрезерный станок

О Фрезеровать плоскости, параллельные основанию (при их наличии)

Т Торцевая фреза, концевая цилиндрическая фреза, штангенциркуль, образцы шероховатости

А 055 Горизонтально-расточная или расточная с ЧПУ

Б Горизонтально-расточной станок или расточной станок с ЧПУ или обрабатывающий центр (многоцелевой станок)

О Расточить главные отверстия начерно и начисто или с припуском под точное растачивание

Т Специальное приспособление, оправка или борштанга, расточной резец, калибр гладкий ПР и НЕ, образцы шероховатости

А 060 Радиально-сверлильная

Б Радиально-сверлильный станок

О Сверлить и зенкеровать (при необходимости) отверстия

Т Накладной или скальчатый кондуктор, сверло, зенкер, развертка, гладкие калибры ПР и НЕ, калибр для контроля заданной точности расположения отверстий

А 065 Плоскошлифовальная

Б Плоскошлифовальный станок

О Шлифовать (при необходимости) плоскость основания и разъема

Т Магнитная плита или специальное приспособление, шлифовальный круг, индикатор с индикаторной стойкой, поверочная линейка, образцы шероховатости или переносной профилометр

А 070 Алмазно-расточная

Б Алмазно-расточной станок

О Тонко расточить основные отверстия

Т Специальное приспособление, резец расточной с пластинкой из искусственного алмаза, нутромеры, образцы шероховатости или переносной профилометр

А 075 Контрольная

Б Плита поверочная

Т Индикаторные стойки с индикатором, нутромеры, штангенциркули, профилометр, поверочная линейка, угольник, калибры гладкие ПР и НЕ

Типовой маршрут изготовления ступенчатого вала

А 005 Абразивно-отрезная

Б Абразивно-отрезной станок

О Разрезать прутки из проката на заготовки заданной длины

Т Круг абразивный отрезной, штангенциркуль, линейка

А 010 Правильная

Б Пресс

О Править заготовку до заданной кривизны (при необходимости, если заготовка из проката)

Т Прихваты, плита контрольная, щупы

А 015 Штамповочная

Б Электропечь, кривошипно-штамповочный пресс

О Штамповать заготовку согласно чертежу

Т Прихваты, штампы, штангенциркуль, линейка

А 020 Фрезерно-центровальная

Б Фрезерно-центровальный станок

О Фрезеровать торцы и сверлить центровые отверстия

Т Торцевые фрезы, центровочные сверла, штангенциркуль, шаблоны

А 025 Токарно-винторезная

Б Токарно-винторезный станок

О Точить начерно наружные поверхности за два установа

Т Трехкулачковый самоцентрирующий патрон, хомут, центр упорный и вращающийся, токарный проходной отогнутый резец, токарный проходной упорный отогнутый резец, штангенциркуль

А 030 Термическая

Б Печи закалочная и для высокого отпуска

О Провести улучшение (закалку и высокий отпуск) до HRC 28-32

Т Прихваты, технологическая тара, твердомер по Роквеллу

А 035 Токарно-винторезная (или токарная с ЧПУ)

Б Токарно-винторезный станок (или токарный станок с ЧПУ)

О Точить начисто наружные поверхности до заданной точности и шероховатости за два установа

Т Трехкулачковый самоцентрирующий патрон, хомут, центр упорный и вращающийся, токарные резцы: подрезной, канавочные, фасочный или проходной отогнутый, резьбовые калибры кольца ПР и НЕ, штангенциркуль, микрометр или скобы регулируемые, образцы шероховатости

А 040 Вертикально-фрезерная

Б Вертикально-фрезерный станок

О Фрезеровать шпоночные пазы

Т Специальное приспособление, концевая шпоночная фреза или дисковая фреза, комплексный шпоночный калибр- призма, штангенциркуль

А 045 Круглошлифовальная

Б Круглошлифовальный станок

О Шлифовать наружные цилиндрические поверхности (исполнительные поверхности и шейки вала- основные конструкторские базы) до заданной точности и шероховатости за один или два установа

Т Трехкулачковый самоцентрирующий патрон или поводковый патрон, хомут, центра упорный и вращающийся, шлифовальный круг, микрометр или скобы регулируемые, профилометр переносной

А 050 Гальваническая

Б Гальваническая ванна с источником питания

О Нанести антикоррозионное покрытие

Т Подвески, технологическая тара

А 055 Контрольная

Б Биенемер с индикаторной стойкой и индикатором, профилометр

Т Штангенциркуль, микрометр или скобы регулируемые, комплексный калибр- призма шпоночный, резьбовые кольца ПР и НЕ, шаблоны

Типовой маршрут изготовления фланцев и крышек

А 005 Абразивно-отрезная

Б Абразивно-отрезной станок

О Разрезать прутки из проката на диски заданной ширины

Т Круг абразивный отрезной, штангенциркуль

А 010 Штамповочная

Б Электропечь, кривошипно-штамповочный пресс

О Штамповать заготовку по чертежу

Т Прихваты, штампы, штангенциркуль

А 015 Токарно-винторезная (или токарная с ЧПУ)

Б Токарно-винторезный станок (или токарный станок с ЧПУ)

О Подрезать торцы большого фланца и центрирующего пояса, точить наружные поверхности (оставляя при этом необходимый припуск под шлифование), канавки, фаски

Т Трехкулачковый самоцентрирующий патрон, хомут, центр упорный и вращающийся, токарные резцы: подрезной, канавочный, расточной, проходной отогнутый, сверло, штангенциркуль, микрометр, образцы шероховатости

А 020 Вертикально-сверлильная

Б Вертикально-сверлильный станок

О Сверлить отверстия

Т Трехкулачковый самоцентрирующий патрон, накладной кондуктор, сверло, гладкий калибр ПР и НЕ, штангенциркуль, микрометр, калибр для контроля заданной точности расположения отверстий

А 025 Вертикально-фрезерная

Б Вертикально-фрезерный станок

О Фрезеровать лыску (если она задана по чертежу)

Т Специальное приспособление, концевая цилиндрическая фреза, штангенциркуль

А 030 Круглошлифовальная

Б Круглошлифовальный станок

О Шлифовать наружную поверхность центрирующего пояска, торцы (основные конструкторские базы и исполнительную поверхность) при необходимости достижения заданной точности по диаметру и торцевому биению

А 035 Контрольная

Б Плита контрольная

Т Специальное контрольное приспособление с индикаторной стойкой и индикатором, профилометр, штангенциркуль, микрометр или скоба, гладкий калибр ПР и НЕ

А 040 Покрасочная

Б Пульверизатор

О Нанести антикоррозионное покрытие

**Типовой маршрут изготовления цилиндрических зубчатых колес
со ступицей 7-й степени точности**

А 005 Абразивно-отрезная

Б Абразивно-отрезной станок

О Разрезать прутки из проката на заготовки заданной длины

Т Круг абразивный отрезной, штангенциркуль

А 010 Штамповочная

Б Электропечь, кривошипно-шатунный пресс

О Штамповать заготовку согласно чертежу

Т Прихваты, штампы, штангенциркуль

А 015 Термическая

Б Электропечь

О Провести нормализацию, отпуск для снятия внутренних напряжений

Т Прихваты, технологическая тара

А 020 Токарно-револьверная (или токарная с ЧПУ)

Б Токарно-револьверный станок (или токарный станок с ЧПУ)

О Точить торцы обода и ступицы с одной стороны и наружные поверхности до кулачков патрона начерно, рассверлить, зенкеровать, развернуть отверстие (или сверлить, рассверлить, зенкеровать, развернуть при отсутствии отверстия в заготовке), точить фаски

Т Патроны, державки, токарный прямой проходной резец, токарный упорный резец, центровочное сверло, сверло, зенкер, развертки, штангенциркуль, калибр гладкий ПР и НЕ, калибр конусный

А 025 Токарно-револьверная (или токарная с ЧПУ)

Б Токарно-револьверный станок (или токарный станок с ЧПУ)

О Точить торец с другой стороны и наружную поверхность обода на оставшейся части начерно, развернуть отверстие чисто, точить фаску

Т Патрон, державка, токарный прямой проходной резец, развертка, штангенциркуль, калибр гладкий ПР и НЕ, шаблон

А 030 Вертикально-протяжная

Б Вертикально-протяжной станок

О Протянуть шпоночный паз или шлицевое отверстие

Т Плоская протяжка или комбинированная, калибр пробка- шпоночный или шлицевой комплексный калибр

А 035 Токарная с ЧПУ (или токарно-винторезная)

Б Токарный станок с ЧПУ (или токарно-винторезный станок)

О Точить базовый торец и наружную поверхность венца начисто

Т Трехкулачковый самоцентрирующий патрон, оправка, токарные резцы: подрезной, проходной, упорный; штангенциркуль, микрометр или скоба ПР и НЕ, образцы шероховатости

А 040 Зубофрезерная

Б Зубофрезерный станок

О Нарезать зубья начерно, обеспечивая 8-ю степень точности

Т Оправка, черновая червячная фреза, штангензубомер, шагомер

А 045 Зубофрезерная

Б Зубофрезерный станок

О Нарезать зубья чисто, обеспечивая 7-ю степень точности

Т Оправка, чистовая червячная фреза, штангензубомер, шагомер, нормалемер

А 050 Зубозакругляющая (вводится для зубчатых колес МРС)

Б Зубозакругляющий станок

О Выполнить скругление зубьев колес для обеспечения плавного пере-ключения зубчатых колес и уменьшения износа зубьев от ударов при вклю-чении

Т Оправка, коническая пальцевая фреза (или специальная пустотелая с внутренним конусом фреза)

А 055 Зубошевинговальная

Б Зубошевинговальный станок

О Шевинговать зубья колеса, обеспечивая 6-ю степень точности, с целью уменьшения коробления термообрабатываемых колес

Т Оправка, шеввер, нормалемемер, штангензубомер, шагомер

А 060 Термическая

Б Установка ТВЧ или электропечь для закалки и отпуска

О Калить заготовку или зубья (объемная или поверхностная закалка ТВЧ или цементация с низким отпуском)

Т Индуктор, твердомер переносной

А 065 Внутришлифовальная

Б Внутришлифовальный станок с двумя кругами

О Шлифовать отверстие и базовый торец за один установ

Т Специальный патрон с тремя роликами, чашечный шлифовальный круг для шлифования торца и цилиндрический шлифовальный круг для шлифования отверстия, калибр гладкий ПР и НЕ, образцы шероховатости

А 070 Круглоторцешлифовальная

Б Круглоторцешлифовальный станок

О Шлифовать наружную поверхность венца и торец, противолежащий базовому за один установ

Т Поводковый патрон, оправка, плоский прямого профиля шлифовальный круг, чашечный шлифовальный круг, скоба ПР и НЕ, образцы шероховатости или переносной профилометр

А 075 Зубошлифовальная

Б Зубошлифовальный станок

О Шлифовать зубья

Т Поводковый патрон, оправка, два тарельчатых шлифовальных круга, нормалемер, штангензубомер, шагомер

Примечание. При малом короблении зубьев при термообработке операция зубошлифовальная может быть заменена зубохонингованием или вообще отсутствовать.

Двухкратное зубофрезерование или шевингование до термообработки может обеспечить 6-ю степень точности. При потере точности во время термообработки на одну ступень конечная 7-я будет достигнута. Введение отделочной операции зубошлифования или зубохонингования необходимо только при уменьшении точности колеса при термообработке больше, чем на одну ступень.

А 080 Моечная

Б Моечная машина

А 085 Контрольная

Б Контрольно-обкатной станок

Т Биенимер, оправка контрольная, нормалемер, прибор для комплексной проверки зубчатых колес, прибор для контроля равномерности окружных шагов, прибор для контроля эвольвенты, скобы ПР и НЕ, гладкая пробка ПР и НЕ, шпоночный калибр-пробка, шлицевой комплексный калибр

А 090 Гальваническая

Б Гальваническая ванна с источником питания

О Нанести антикоррозионное покрытие

Т Подвески, технологическая тара

4.5.2 Выбор технологических баз

В ранее выполненной курсовой работе по дисциплине “ Основы технологии машиностроения” предварительно обосновывался выбор комплектов технологических баз при базировании заготовки в разных технологических системах СПИЗ на основе положений теории базирования и рекомендаций, изложенных в литературе [1, разд. 4.8; 2, 3, 11, 26, 27].

Сравнение вариантов базирования заготовки в курсовой работе в основном проводилось по оценке погрешности установки заготовки, которая является частью суммарной погрешности механической обработки заготовки.

Принятие окончательного решения по выбору технологических баз в курсовом проекте необходимо обосновать более подробным расчетом точности базирования заготовки, прежде всего, на первых, а затем на последующих технологических операциях на основе результатов решения технологических размерных цепей.

Ниже приводятся примеры решения этой задачи.

При выборе технологических баз необходимо стремиться к соблюдению принципа единства баз, совмещая технологические, конструкторские и измерительные базы, что позволяет наилучшим образом обеспечить заданную чертежом точность.

Для большинства технологических операций за базы следует принимать поверхности, с которыми связаны размерами и относительными поворотами большинство других поверхностей. Например, у коробки скоростей токарного станка (рис. 18) положение поверхностей отверстий под опоры шпинделя и плоскости под крышку координируется от основных конструкторских баз, одной из которых является плоскость основания. Поэтому при обработке названных поверхностей за технологические базы следует принимать нижнюю и вертикальную плоскости. Базируясь по этим поверхностям можно обрабатывать также отверстия под опоры других валов и торцов поверхности. Так как эти поверхности не имеют размерных связей с основными базами,

использование последних в качестве технологических при их обработке необходимо обосновать расчетом точности базирования. Этот расчет выполняется на основании решения размерной цепи, замыкающим звеном которой является расстояние (относительный поворот) от обрабатываемой поверхности или её оси до поверхности (её оси), относительно которой она координируется, а составляющими - расстояние (относительный поворот) от поверхности (её оси), принимаемой за технологическую базу до обрабатываемой поверхности и поверхности, относительно которой обрабатываемая координируется.

Поверхности, принимаемые в качестве технологических баз для большинства операций, должны быть обработаны на первых операциях. Выбор технологических баз на данной стадии обработки является одной из самых ответственных и сложных задач, решаемых при проектировании технологического процесса обработки детали.

Выбор технологических баз преследует две цели: установление связей между обрабатываемыми и не подлежащими обработке поверхностями и распределение припуска между обрабатываемыми поверхностями или участками одной поверхности (например, у поверхностей тел вращения).

Для решения этой задачи рассматриваются несколько вариантов базирования. Для каждого из них выполняется расчет точности, как правило, путем решения технологических размерных цепей, связывающих размеры (относительные повороты), получаемые на различных операциях.

Рассмотрение размерных связей начинается с той операции, на которой решается поставленная задача. На этой операции размер (относительный поворот), точность которого требуется обеспечить, получается как замыкающее звено либо размерной цепи технологической системы, либо размерной цепи, составляющими звеньями которой являются: расстояние (относительный поворот) от обрабатываемой на данной операции поверхности (её оси) до технологической базы и расстояние (относительный поворот) от

поверхности (её оси), относительно которой координируются обрабатываемая поверхность или её ось, до той же технологической базы. Первое из этих составляющих звеньев получается на данной операции как замыкающее звено размерной цепи технологической системы; второе - на предшествующей операции. При определении точности последнего могут встретиться те же два случая, что и при определении точности размера, получаемого на рассмотренной ранее операции. Решение задачи заканчивается на той операции, на которой точность достигается путем решения размерной цепи технологической системы или на стадии получения заготовки.

Погрешность размера или относительного поворота, получаемого на операции, с которой начинается решение задачи, равна сумме погрешностей всех составляющих звеньев размерных цепей, участвующих в её решении и может быть определена из уравнения:

$$W_{\Delta I} = W_{II} + W_{III} + \dots + \sum W_{in} ,$$

где $W_{\Delta I}$ - погрешность замыкающего звена размерной цепи, рассматриваемой на операции, с которой начинается решение задачи;

W_{II} , W_{III} и т.д.- погрешность замыкающих звеньев размерных цепей технологических систем на операциях, рассматриваемых в первую, вторую и последующую очередь;

W_{in} - погрешность i -го звена размерной цепи на операции, рассматриваемой в последнюю очередь.

Как правило, принимается тот вариант, при котором достигается наибольшая точность заданного параметра. Исключение может быть допущено тогда, когда погрешность укладывается в допустимые пределы в нескольких вариантах. В этом случае принимается тот из них, реализация которого связана с наименьшими трудностями.

В курсовом проекте рассматриваются возможные варианты базирования для решения одной из задач достижения точности (как правило, на одной из операций по подготовке технологических баз).

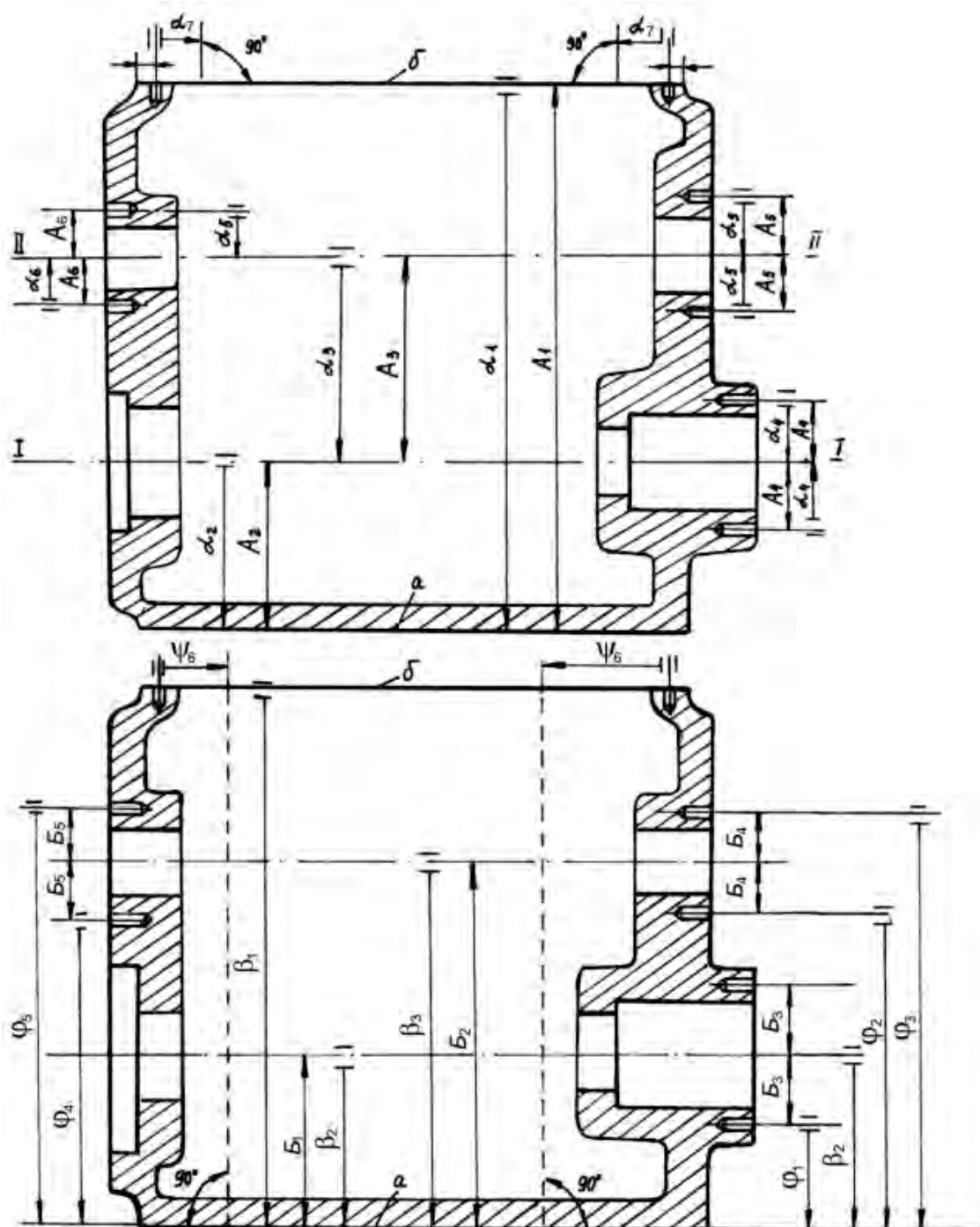


Рисунок 18 – Схема связей между поверхностями коробки скоростей:
 а – плоскость основания; б – плоскость под крышку; I-I – ось отверстий под
 опоры шпинделя; II-II – ось опор под один из валов

Обычно составляют несколько вариантов маршрутного технологического процесса, из которых выбирают оптимальный [11]. В курсовом проекте можно ограничиться двумя вариантами.

Выбор варианта осуществляется в результате анализа базирования и точности обработки по операциям.

Методику такого анализа рассмотрим на примере обработки корпуса червячного редуктора. На рис. 19 представлен упрощённый эскиз корпуса, на котором показаны важнейшие параметры точности, выявленные при анализе технических условий и норм точности. Возможные варианты технологического маршрута приведены в табл. 16 и 17. На первых операциях подготавливаются технологические базы: плоскость I (установочная база) и два отверстия.

Технологический маршрут разработан для среднесерийного производства..

Первый вариант технологического процесса.

Операция 05-разметочная

Цель операции – подготовка технологических баз для операции 10. Базами для разметки служат оси отверстий 4,9 и 23,11.

Операция 10-программная (рис. 20)

На обработку поверхности устанавливаются требования по точности геометрической формы (допуск плоскостности) и по шероховатости.

При черновом фрезеровании достигается отклонение от плоскостности $\omega^{10} = 0,1$ мм на площади обрабатываемой поверхности и шероховатость $R_z = 20$ мкм. Заданная точность по плоскостности не обеспечена.

Находим погрешность размера A_{10} (рис. 20):

$$\omega_{A_{10}} = \omega_{\neq}^{A_{10}} + \omega_{-}^{A_{10}},$$

где $\omega_{A_{10}}$ - погрешность размера A_{10} ; $\omega_{\neq}^{A_{10}}$ - погрешность базирования; $\omega_{-}^{A_{10}}$ - погрешность технологической системы, включающая в себя погрешности закрепления, статической и динамической настройки.

Погрешность базирования в данном случае представляет собой погрешность выверки.

$$\omega_{\neq}^{A_{10}} = 0,5 \text{ мм [20, т.1 с.44, табл.17];}$$

$$\omega_{-}^{A_{10}} = 0,2 \text{ мм [33, с.26,27, табл.13];}$$

$$\omega_{A_{10}} = 0,5 + 0,2 = 0,7 \text{ мм.}$$

Таблица 16 – Технологический маршрут обработки заготовки корпуса
червячного редуктора – второй вариант

Номер		Наименование и содержание операции	Станок
операции	перехода		
05		Продольно-фрезерная Фрезеровать поверхности 1,2,8 предварительно	Продольно-фрезерный
10	1-4 5-6 7,8	Сверлильная с ЧПУ Сверлить четыре отверстия 18 Зенковать два отверстия 18 Развернуть два отверстия 18	Вертикально- сверлильный с ЧПУ
15		Продольно-фрезерная Фрезеровать поверхность 22,14	Продольно-фрезерный
20	1,2,5,6,7,8 3,9 4,10	Программная Расточить отверстия 4,3,23,9,11,15 Начерно Расточить канавки 5,13 Подрезать торцы 24,12 начерно	Многоцелевой
25		Термическая (искусственное старение)	
30		Горизонтально-фрезерная Фрезеровать поверхность 1 окончательно	Горизонтально- фрезерный
35	1 2-4 5-7 8-10 11 12 13 14 15-17 18-20 21-23 24-26 27-29 30-32	Программная Зенковать отверстия 9,4,3 Развернуть отверстия 9,4,3 Сверлить три отверстия 6 Зенковать фаски в отверстиях 6 Зенковать отверстия 11,23 Зенковать отверстия 15 и торец 12 Развернуть отверстие 11 Развернуть отверстие 23 Сверлить три отверстия 17 Зенковать фаски в отверстиях 17 Сверлить три отверстия 10 Зенковать фаски в отверстиях 10 Сверлить три отверстия 16 Зенковать фаски в отверстиях 16	Многоцелевой
40	1 2	Вертикально-сверлильная Цековать поверхность 7 Сверлить отверстие 20	Вертикально- сверлильный
45	1-12 13	Слесарная Нарезать резьбу в отверстиях 6,10,16,17 Нарезать резьбу 19	

Операция 15-фрезерная с ЧПУ

Анализируемые и связанные с ними размеры по данной операции не изменяются. Поэтому анализ операции 15 на листе анализа точности графической части проекта не выполняется.

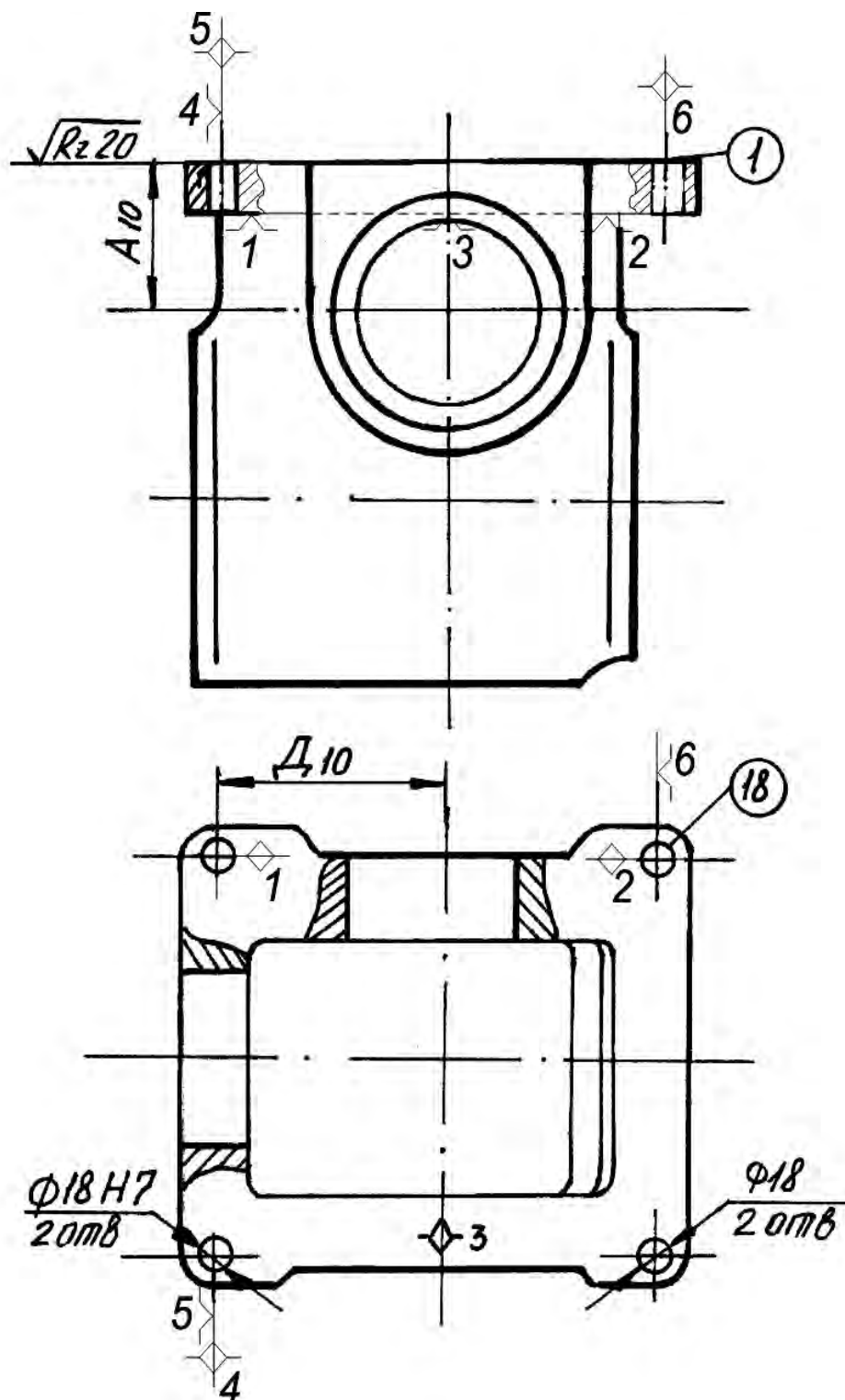


Рисунок 20 – Эскиз заготовки на операции 10
первого варианта технологического процесса (см. табл. 16)

Операция 20-программная (рис. 21)

Ниже выполняется анализ точности размеров, получаемых на данной операции. Погрешность расстояния A_{20} от оси отверстий 23,11 до плоскости 1 равна

$$\omega_{A_{20}} = \omega_{\neq}^{A_{20}} + \omega_{-}^{A_{20}}.$$

Так как измерительная база и технологическая база совмещены, то погрешность базирования $\omega_{\neq}^{A_{20}} = 0$.

Погрешность технологической системы $\omega_{-}^{A_{20}} = 0,15$ [34, с.83, табл.11]. Следовательно, $\omega_{A_{20}} = \omega_{-}^{A_{20}} = 0,15$ мм;

$$\omega_{_{320}} = \omega_{\neq}^{_{320}} + \omega_{-}^{_{320}}.$$

Так как обработка всех главных отверстий производится с одного установа, погрешность базирования не влияет на точность расстояния B_{20} . Следовательно, $\omega_{_{320}} = \omega_{-}^{_{320}} = 0,15$ мм [34, с.83, табл.11].

Погрешность углового размера γ_{20}

$$\omega_{\gamma_{20}} = \omega_{\neq}^{\gamma_{20}} + \omega_{-}^{\gamma_{20}}.$$

Так как измерительная и технологическая базы совпадают, погрешность базирования $\omega_{\neq}^{\gamma_{20}} = 0$.

Погрешность технологической системы $\omega_{-}^{\gamma_{20}} = 0,12$ мм [34, с.83, табл.11].

Таким образом, $\omega_{\gamma_{20}} = \omega_{-}^{\gamma_{20}} = 0,12$ мм на длине 300 мм или на длине 200 мм она равна 0,80 мм.

Погрешность углового размера β_{20} определяется аналогично и равна $\omega_{\beta_{20}} = \omega_{-}^{\beta_{20}} = 0,12 / 300 = 0,08 / 200$.

Так как главные отверстия растачиваются с одного установа, погрешность базирования не влияет на точность углового размера φ_{20} , которая зависит в основном от точности поворота стола станка.

Следовательно, $\omega_{\varphi 20} = \omega_{-}^{\gamma 20} = 0,1/300 \approx 0,07/200$ [34, с.83, табл.11].

Заданная точность по анализируемым размерам пока не обеспечена. Достигнутые параметры точности на диаметральные размеры и шероховатости поверхности (двенадцатый квалитет и $R_a = 6,3..12,5$ мм [20, стр.11, табл.51] тоже не соответствуют требуемым по чертежу.

Операция 30-горизонтально-фрезерная (рис. 22)

На этой операции из анализируемых параметров изменяются расстояние от оси отверстия 23-11 до плоскости 1 (A_{30}) и отклонение от их параллельности:

$$\omega_{A30} = \omega_{\neq}^{A30} + \omega_{-}^{A30};$$

$$\omega_{\neq}^{A30} = 0; \omega_{-}^{A30} = 0,12 \text{ мм [31, стр.33, табл.14]}$$

$$\omega_{\gamma 30} = \omega_{\neq}^{\gamma 30} + \omega_{-}^{\gamma 30};$$

$$\omega_{\neq}^{\gamma 30} = \omega_{\xi 20} + \omega_{\xi 30},$$

где $\omega_{\xi 20}$ – погрешность перпендикулярности оси отверстий 11-23 к плоскости 14 после выполнения операции 20;

$\omega_{\xi 30}$ - погрешность перпендикулярности плоскостей 14 и 1 после выполнения операции 30;

$$\omega_{\xi 20} = \omega_{\neq}^{\xi 20} + \omega_{-}^{\xi 20}; \omega_{\neq}^{\xi 20} = \omega_{\xi 20} + \omega_{\gamma 20},$$

где $\omega_{\xi 20}$ - погрешность относительного положения плоскостей 14 и 1 после операции 20.

$\omega_{\xi 20} = \omega_{\neq}^{\xi 20} + \omega_{-}^{\xi 20}; \omega_{\neq}^{\xi 20} = 0; \omega_{-}^{\xi 20} = 0,13$ мм на длине 300мм [33, стр.31, табл.14].

$$\omega_{\xi 20} = 0,13/300;$$

$$\omega_{\gamma 20} = 0,12/300 \text{ (см. операцию 20);}$$

$$\omega_{\neq}^{\xi 20} = 0,13 + 0,12 = 0,25 \text{ мм;}$$

$$\omega_{-}^{\xi 20} = 0,13 \text{ [31, стр.31, табл.14].}$$

$$\omega_{\xi 20} = 0,25 + 0,13 = 0,38 \text{ мм;}$$

$$\omega_{\varphi 30} = \omega_{\neq}^{\varphi 30} + \omega_{-}^{\varphi 30}; \quad \omega_{\neq}^{\varphi 30} = 0;$$

$$\omega_{-}^{\varphi 30} = 0,04 \text{ мм [33, стр.31, табл.14]; } \omega_{\varphi 30} = 0,04 \text{ мм;}$$

$$\omega_{\neq}^{\gamma 30} = 0,38 + 0,04 = 0,42 \text{ мм;}$$

$$\omega_{-}^{\gamma 30} = 0,04 / 33 \text{ [33, стр.31, табл.14];}$$

$$\omega_{\varphi 30} = 0,42 + 0,04 = 0,46 \text{ мм на длине 300мм } \approx 0,31 \text{ мм на длине 200мм.}$$

Отклонение от плоскости $\omega^{30} = 0,05 \text{ мм}$ на длине обрабатываемой поверхности [33, стр.29, табл.13].

Шероховатость поверхности $R_z = 20 \text{ мкм}$.

Требуемые точность по плоскостности и шероховатость поверхности обеспечены.

Операция 35-программная (рис. 21)

$\omega_{A35} = \omega_{\neq}^{A35} + \omega_{-}^{A35}; \quad \omega_{\neq}^{A35} = 0; \quad \omega_{A35} = \omega_{-}^{A35} = 0,07 \text{ мм [34, стр.83, табл.11];}$

$$\omega_{335} = \omega_{\neq}^{335} + \omega_{-}^{335}; \quad \omega_{\neq}^{335} = 0; \quad \omega_{335} = \omega_{-}^{335} = 0,07 \text{ мм;}$$

$$\omega_{\gamma 35} = \omega_{\neq}^{\gamma 35} + \omega_{-}^{\gamma 35}; \quad \omega_{\neq}^{\gamma 35} = 0; \quad \omega_{\gamma 35} = 0,06 / 300 \approx 0,04 / 200;$$

$$\omega_{\beta 35} = \omega_{\neq}^{\beta 35} + \omega_{-}^{\beta 35}; \quad \omega_{\neq}^{\beta 35} = 0; \quad \omega_{\beta 35} = \omega_{-}^{\beta 35} = 0,06 / 300 \approx 0,04 / 200;$$

$$\omega_{\varphi 35} = \omega_{-}^{\varphi 35} = 0,06 / 300 = 0,04 / 200.$$

Достигнутая на данной операции точность диаметральных размеров соответствует восьмому качеству, шероховатость поверхности отверстий

$$Ra = 3 \text{ мкм [20, т.1, с.11, табл.5].}$$

Требуемая точность диаметров и шероховатость поверхности отверстий 4,23 и 11 не обеспечены. Остальные параметры точности в заданных пределах.

Операции 45,50 – координатно-шлифовальные – вводятся для достижения седьмого качества точности отверстий 4, 23, 11 и шероховатости их поверхности $Ra = 1,25\text{мкм}$.

Для того, чтобы убедиться в надежности обработки заготовки без брака, необходимо определить запас точности по формуле:

$$\Psi = \frac{T}{\omega},$$

где Ψ – запас точности;

T – допуск на обработку заготовки;

ω – фактическое поле рассеивания размеров заготовок.

Процесс обработки считается надежным, если $\Psi \geq 1,2$ [11].

Для размеров А и Б

$$\Psi = \frac{T_A}{\omega_{A35}} = \frac{T_B}{\omega_{B35}} = \frac{0,1}{0,07} = 1,4.$$

Для размеров γ, β и ϕ

$$\Psi = \frac{T_\gamma}{\omega_{\gamma35}} = \frac{T_\beta}{\omega_{\beta35}} = \frac{T_\phi}{\omega_{\phi35}} = \frac{0,05}{0,04} = 1,25.$$

По всем анализируемым размерам создан достаточный запас точности.

Кроме производственных погрешностей размеров, которые формируются на заключительных переходах механической обработки, следует также определить суммарные погрешности обработки ω_C по каждому анализируемому размеру, которые представляют собой сумму производственных погрешностей для этого размера по всем переходам обработки. Суммарные погрешности могут быть использованы для оценки правильности назначения и расчёта припусков на механическую обработку заготовки: минимальная величина припуска должна быть больше суммарной погрешности.

Для первого варианта

$$\omega_C^A = \omega_{A10} + \omega_{A20} + \omega_{A30} + \omega_{A35} = 0,7 + 0,15 + 0,12 + 0,07 = 1,04 \text{ мм};$$

$$\omega_C^3 = \omega_{320} + \omega_{335} = 0,15 + 0,07 = 0,22 \text{ мм};$$

$$\omega_C^\gamma = \omega_{\gamma20} + \omega_{\lambda30} + \omega_{\gamma35} = 0,08 + 0,46 + 0,04 = 0,58 \text{ мм};$$

$$\omega_C^\beta = \omega_{\beta20} + \omega_{\beta35} = 0,08 + 0,04 = 0,12 \text{ мм};$$

$$\omega_C^\varphi = \omega_{\varphi20} + \omega_{\varphi35} = 0,07 + 0,04 = 0,11 \text{ мм}.$$

Погрешность размеров γ , β и φ отнесены к длине 200мм.

Второй вариант технологического процесса

Операция 05-продольно-фрезерная (рис. 23)

На этой операции достигается та же точность геометрической формы поверхности 1, что и на операции 10 первого варианта.

Из анализируемых параметров изменяются размеры A_{05} и γ_{05} .

$$\omega_{A05} = \omega_{\neq}^{A05} + \omega_{-}^{A05}; \omega_{\neq}^{A05} = 0; \omega_{A05} = \omega_{-}^{A05} = 0,12 \text{ мм [33, с.26, табл.3];}$$

$$\omega_{\gamma05} = \omega_{\neq}^{\gamma05} + \omega_{-}^{\gamma05}; \omega_{\neq}^{\gamma05} = 0; \omega_{\gamma05} = \omega_{-}^{\gamma05} = 0,08 / 300 \approx 0,05 / 200 \text{ мм [34, с. 81, табл.10].}$$

Операции 10 и 15 не рассматриваем, так как ни один из анализируемых размеров на них не изменяется.

Операция 20-программная

Базирование заготовки аналогично базированию на двадцатой операции первого варианта (рис. 21). По содержанию она отличается отсутствием фрезерных переходов. Точность анализируемых размеров такая же, как и в первом варианте. Поэтому её расчёты и эскиз операции не приводятся.

Операция 30 не отличается от одноимённой операции первого варианта.

Операция 35-программная

Базирование такое же, как и на одноименной операции первого

варианта, но в отличие от него основные отверстия во втором варианте обрабатываются окончательно развертыванием, которому предшествует зенкерование.

Точность размера А:

после зенкерования:

$$\omega_{A35K} = \omega_{\neq}^{A35K} + \omega_{-}^{A35K}; \quad \omega_{\neq}^{A35K} = 0;$$

$$\omega_{A35K} = \omega_{-}^{A35K} = 0,08 \text{ мм [34, с.83, табл.11];}$$

после развертывания:

$$\omega_{A35p} = \omega_{\neq}^{A35p} + \omega_{-}^{A35p}; \quad \omega_{\neq}^{A35p} = 0;$$

$$\omega_{A35p} = \omega_{-}^{A35p} = 0,05 \text{ мм [34, с.83, табл.11].}$$

Аналогично определяем точность остальных анализируемых размеров:

$$\omega_{\gamma35K} = 0,08 \text{ мм; } \omega_{\gamma35p} = 0,05 \text{ мм;}$$

$$\omega_{\beta35K} = \omega_{\beta35p} = 0,08 / 300 \approx 0,05 / 200;$$

$$\omega_{\gamma35p} = \omega_{\beta35p} = 0,06 / 300 \approx 0,04 / 200;$$

$$\omega_{\varphi35K} = 0,08 / 300 \approx 0,05 / 200;$$

$$\omega_{\varphi35p} = 0,05 / 300 \approx 0,03 / 200 .$$

Запасы точности:

размеров А и Б:

$$\Psi = \frac{T_A}{\omega_{A35p}} = \frac{T_{\gamma}}{\omega_{\gamma35p}} = \frac{0,1}{0,05} = 2;$$

размеров γ и β :

$$\Psi = \frac{T_{\gamma}}{\omega_{\gamma35p}} = \frac{T_{\beta}}{\omega_{\beta35p}} = \frac{0,05}{0,04} = 1,25;$$

размера φ :

$$\Psi = \frac{T_{\varphi}}{\omega_{\varphi35p}} = \frac{0,05}{0,03} = 1,7 .$$

Суммарные погрешности:

$$\omega_C^A = \omega_{A05} + \omega_{A20} + \omega_{A35K} + \omega_{A35p} = 0,12 + 0,15 + 0,08 + 0,05 = 0,4 \text{ мм};$$

$$\omega_C^3 = \omega_{320} + \omega_{335K} + \omega_{335p} = 0,15 + 0,08 + 0,05 = 0,28 \text{ мм};$$

$$\omega_C^\gamma = \omega_{\gamma05} + \omega_{\gamma20} + \omega_{\gamma30} + \omega_{\gamma35K} + \omega_{\gamma35p} = 0,05 + 0,08 + 0,47 + 0,05 + 0,04 = 0,69 \text{ мм};$$

$$\omega_C^\beta = \omega_{\beta20} + \omega_{\beta35K} + \omega_{\beta35p} = 0,08 + 0,05 + 0,04 = 0,17 \text{ мм};$$

$$\omega_C^\varphi = \omega_{\varphi20} + \omega_{\varphi35K} + \omega_{\varphi35p} = 0,07 + 0,05 + 0,03 = 0,15 \text{ мм}.$$

Погрешности размеров γ , β и φ отнесены к длине 200мм.

Результаты анализа точности заносим в табл. 17

Таблица 17 – Точность обработки по вариантам технологического процесса

Обозначение звена	Параметры точности звена, мм		Погрешности по вариантам, мм			
	номинальная величина	допуск Т	производственные		суммарные	
			1	2	1	2
А	78	0,1	0,07	0,05	1,04	0,4
Б	87,5	0,1	0,07	0,05	0,22	0,28
γ	0	0,05	0,04	0,04	0,59	0,69
β	0	0,05	0,04	0,04	0,12	0,17
φ	0	0,05	0,04	0,03	0,11	0,15

Из приведенного примера можно сделать следующие выводы:

1) оба варианта обеспечивают получение заданной точности рассмотренных линейных и угловых размеров и требуемой шероховатости поверхностей;

2) второй вариант обеспечивает более высокую точность и больший запас точности размеров А, Б и φ ;

3) для операции 05 второго варианта, на которой подготавливается установочная технологическая база, требуется приспособление более сложной конструкции, чем на соответствующей операции первого варианта (операция 10);

4) процесс подготовки общих технологических баз во втором варианте разделен на две операции, что приводит к большим отклонениям от

перпендикулярности базирующих отверстий к установочной базе, чем в первом варианте;

5) во втором варианте наружные торцы и отверстия обрабатываются на различных операциях, что увеличивает погрешности их относительного положения;

6) на операциях 05 и 15 используются продольно-фрезерный станок, что позволяет выполнять одновременную обработку на проход нескольких заготовок;

7) в первом варианте предусмотрено использование дорогостоящего и низкопроизводительного координатно-шлифовального станка;

8) учитывая пп.1, 2, 3, 4 принимаем для реализации первый вариант.

Следует также иметь в виду возможность применения третьего варианта, сочетающего достоинства первого и второго, который komponуется путём включения в него операций 05, 10, 20 первого варианта, операций 35, 40 и 45 второго варианта. Операции 25 и 30 в обоих вариантах одинаковы.

Рассмотрим другой пример решения задачи выбора комплекта технологических баз на первой вертикально-фрезерной операции механической обработки корпуса.

Надо решить задачу обеспечения равномерного и минимального припуска при растачивании главных отверстий корпуса и обеспечения точности расстояния от основания корпуса до оси его главных отверстий.

Неравномерность припуска обнаружится на горизонтально-расточной операции при растачивании главных отверстий корпуса.

На рис. 24 представлена технологическая размерная цепь при растачивании главных отверстий корпуса А и Б. Заготовка базируется на станке по трём плоскостям. Основание корпуса С является установочной технологической базой, которая совмещена с основной конструкторской и измерительными базами и от которой обеспечивается точность расстояния до осей главных отверстий корпуса.

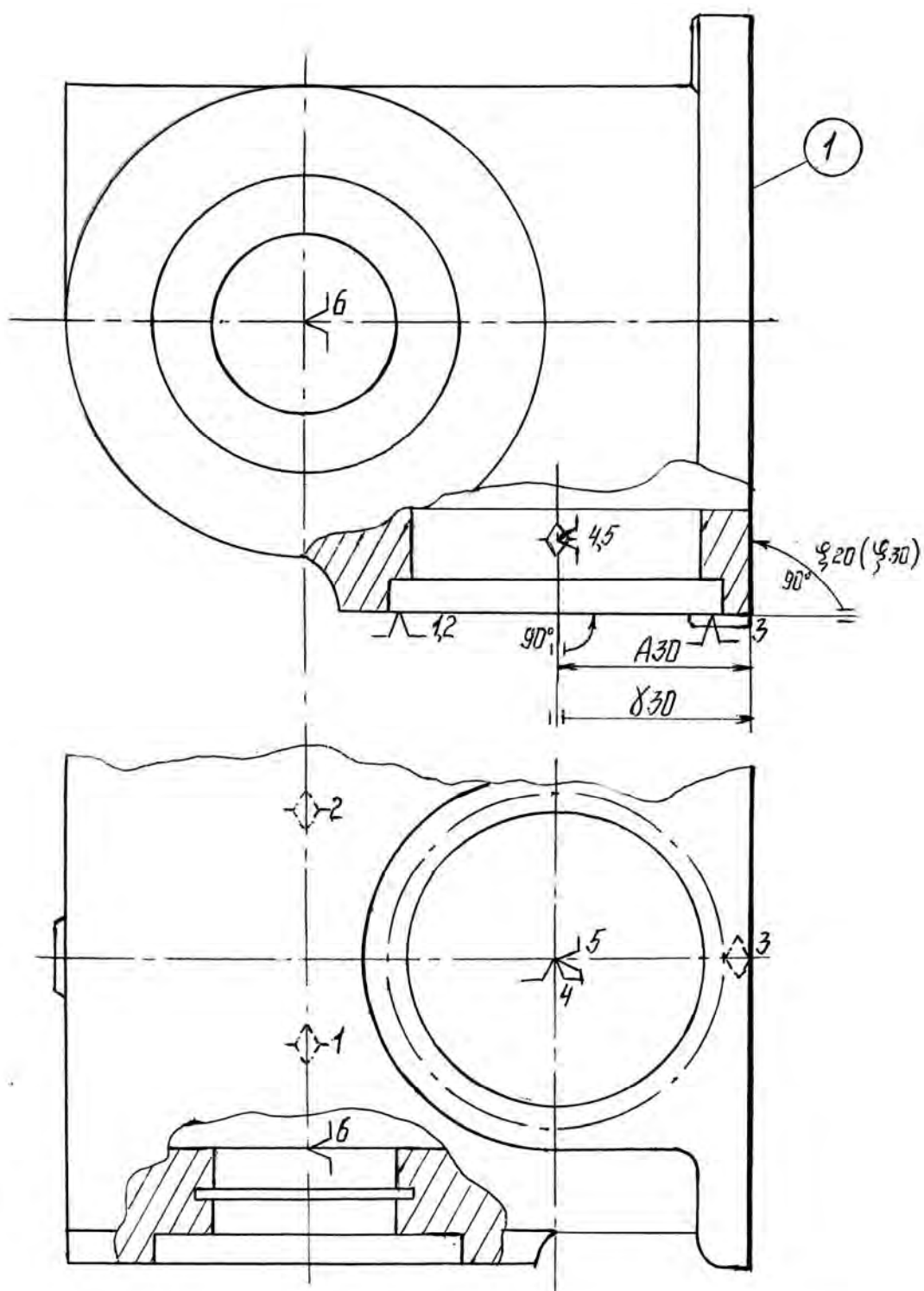


Рисунок 22 – Эскиз заготовки на операции 30 первого варианта технологического процесса (см. табл. 16)

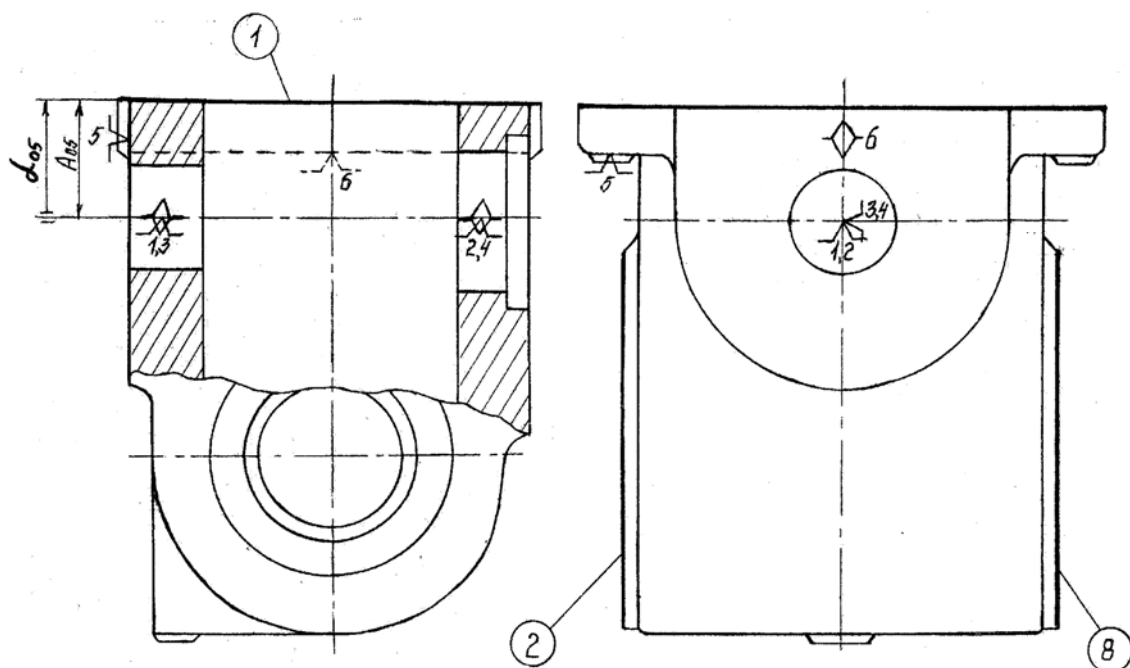


Рисунок 23 – Эскиз заготовки на операции 05 второго варианта технологического процесса (см. табл. 17)

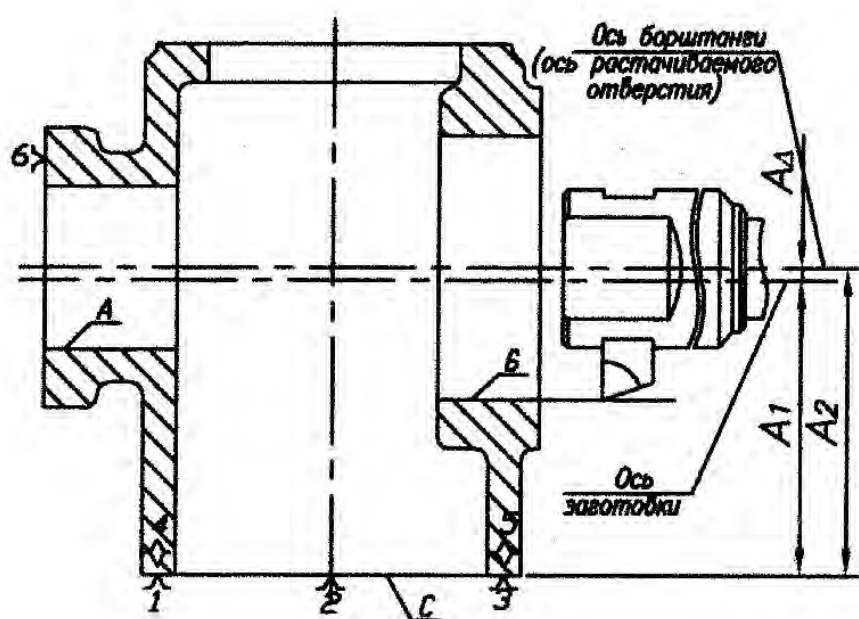


Рисунок 24 – Технологическая размерная цепь при растачивании отверстий А и Б

Замыкающим звеном A_4 технологической размерной цепи на горизонтально-расточной операции является смещение оси растачиваемых отверстий и оси отверстий в литой заготовке корпуса.

Составляющими звеньями размерной цепи являются расстояние от основания С до оси отверстия в заготовке A_1 и расстояние от основания С до оси растачиваемых отверстий A_2 .

Уравнение размерной цепи и погрешность замыкающего звена можно представить в виде:

$$A_{\Delta} = A_2 - A_1 ; \quad \omega_{A\Delta} = \omega_{A_2} + \omega_{A_1} .$$

Точность звена A_2 зависит от точности позиционирования борштанги с расточным резцом на горизонтально- расточной операции и составляет по ГОСТ 2110-85 [116] $\omega_{A_2} = 0,02 \text{ мм}$.

Точность звена A_1 устанавливается при обработке основания С на вертикально- фрезерной операции, которая является первой операцией механической обработки корпуса.

При фрезеровании основания С возможны три варианта базирования литой заготовки корпуса, представленные на рис. 25-27.

По первому варианту (рис. 25) в качестве установочной технологической базы выбрана поверхность полук, а в качестве направляющей и опорной технологических баз - боковые поверхности корпуса. При такой схеме базирования корпуса на первой операции звено A_1 будет являться замыкающим звеном B_{Δ} трёхзвенной технологической размерной цепи Б:

$$A_1 = B_{\Delta} = B_1 + B_2 ,$$

где B_1 - размер, принадлежащий заготовке корпуса, т.е. расстояние между осью отверстий в заготовке и поверхностью полук;

B_2 - выдерживаемый размер при обработке заготовки на вертикально-фрезерном станке.

Точность размера B_1 достигается в процессе получения литой заготовки корпуса и зависит от простановки размеров на чертеже заготовки.

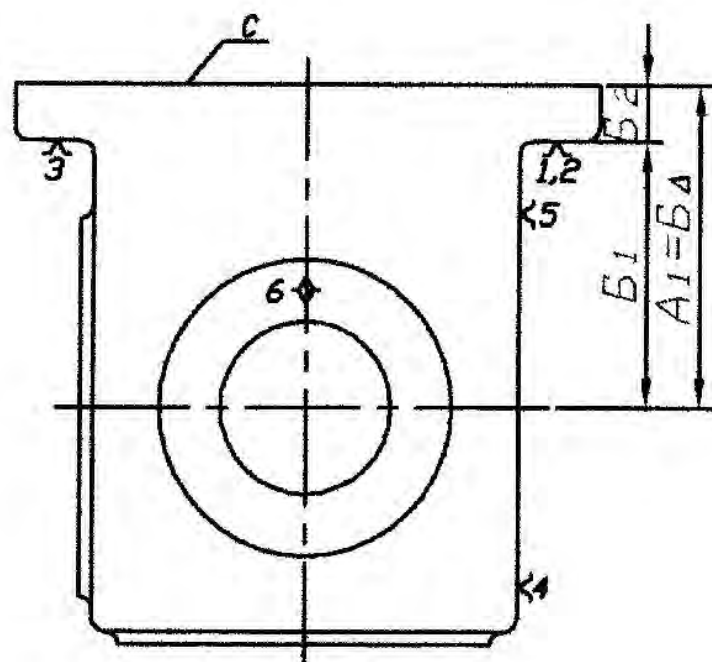


Рисунок 25 – Базирование корпуса по трем плоскостям

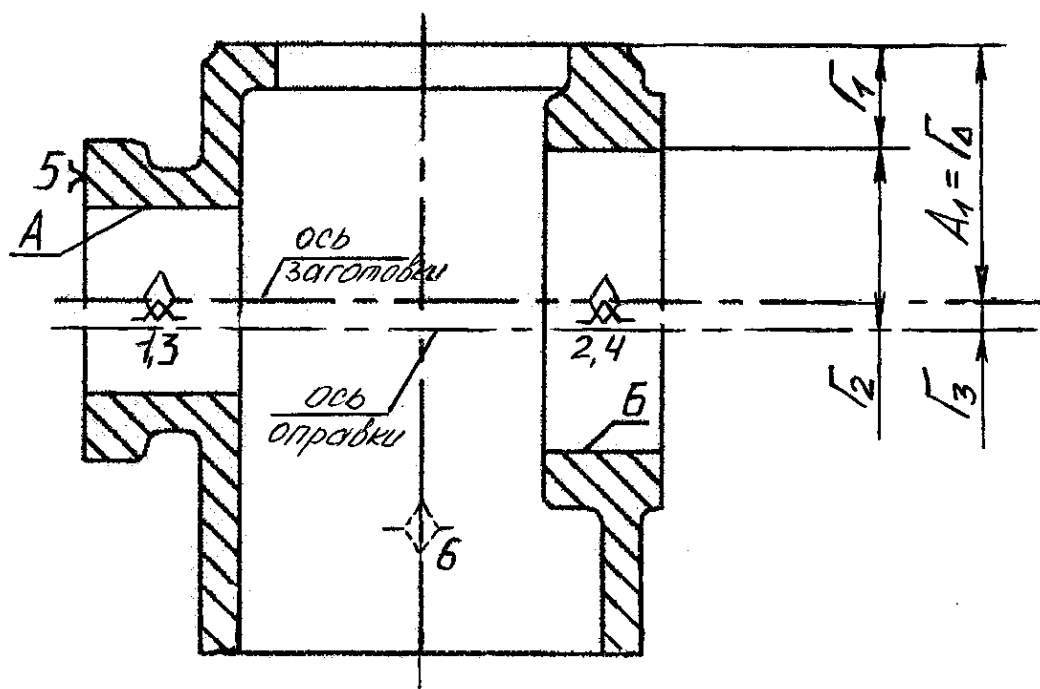


Рисунок 26 – Базирование корпуса по отверстиям А и Б
по двум плоскостям

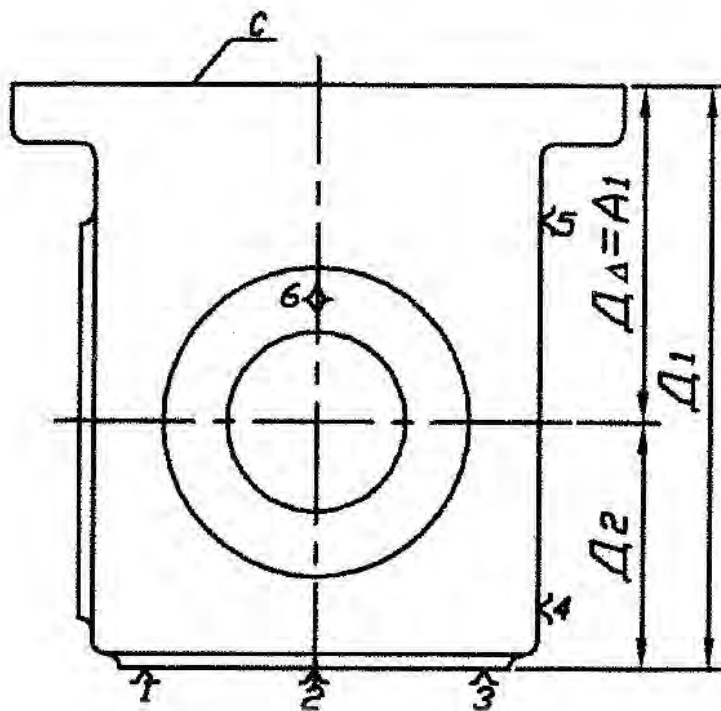


Рисунок 27 – Базирование корпуса по трём плоскостям

Если размеры заготовки будут проставлены и выдержаны в процессе её получения так, как показано на рис. 28, то звено B_1 само явится замыкающим звеном B_Δ технологической размерной цепи В:

$$B_1 = B_\Delta = B_1 - B_2 .$$

Погрешность звена B_1 будет равна погрешности звена B_Δ :

$$\omega_{B1} = \omega_{B\Delta} = \omega_{B1} + \omega_{B2} .$$

Таким образом, для первого варианта базирования корпуса на первой вертикально- фрезерной операции погрешность замыкающего звена A_Δ на второй горизонтально- расточной операции определится из выражения:

$$\omega_{A\Delta} = \omega_{A1} + \omega_{A2} = \omega_{A2} + \omega_{B2} + \omega_{B1} = \omega_{A2} + \omega_{B2} + \omega_{B1} + \omega_{B2} .$$

Погрешности звеньев B_1 и B_2 по ГОСТ 26645-85 [117, табл.1] составят $\omega_{B1}=2,4\text{мм}$ и $\omega_{B2}=1,6\text{мм}$ при условии, если отливка получена 9-го класса размерной точности и 7-й степени коробления, а номинальные значения звеньев равны $B_1=119,7\text{ мм}$, а $B_2=18,7\text{мм}$.

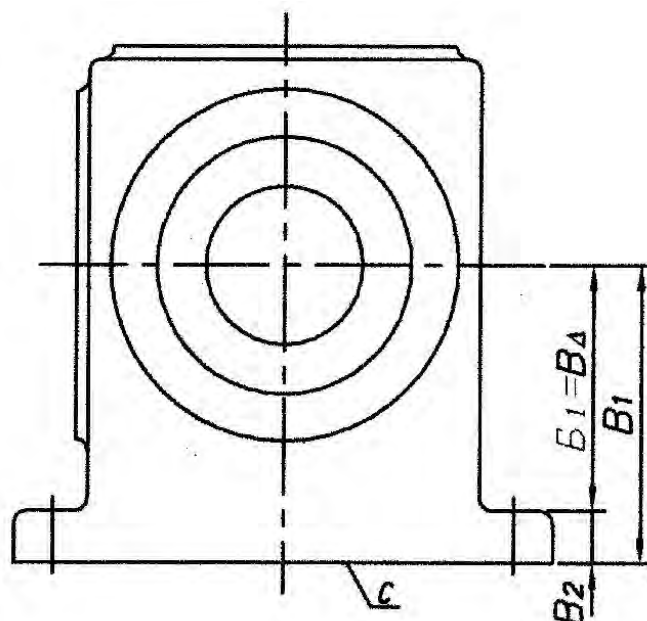


Рисунок 28 – Размерная цепь заготовки

Погрешность звена B_2 зависит от точности установки торцевой фрезы по высоте на вертикально-фрезерном станке и составляет по ГОСТ 9726-83 [101]

$$\omega_{B_2} = 0,01 \text{ мм.}$$

Для первого варианта базирования корпуса на первой операции погрешность замыкающего звена A_Δ на второй горизонтально- расточной операции составит:

$$\omega_{A_\Delta} = 0,02 + 0,1 + 2,4 + 1,6 = 4,12 \text{ мм.}$$

По второму варианту базирования корпуса на первой операции (рис. 26) в качестве двойной направляющей базы выбраны отверстия в заготовке и две плоскости корпуса, являющиеся опорными базами. При такой схеме базирования корпуса на первой операции звено A_1 будет являться замыкающим звеном Γ_Δ четырехзвенной размерной цепи Γ , т.е.:

$$A_1 = \Gamma_\Delta = \Gamma_1 + \Gamma_2 - \Gamma_3,$$

где Γ_1 - расстояние от цилиндрической поверхности оправки до основания С;

Γ_2 - радиус цилиндрической поверхности оправки, т.е. расстояние от цилиндрической поверхности оправки до её оси; Γ_3 - смещение оси оправки относительно оси отверстий заготовки.

Точность звена Γ_1 достигается при установке торцевой фрезы в исходное положение перед обработкой основания С на вертикально-фрезерном станке по нониусу станка или по установу. В первом случае погрешность звена Γ_2 составляет $\omega_{\Gamma_2} = 0,1 \text{ мм}$, во втором случае - $\omega_{\Gamma_2} = 0,05 \text{ мм}$. Точность звена Γ_2 устанавливается при проектировании специальной гидропластовой оправки. Примем погрешность звена Γ_2 равной 0,015 мм, назначив допуск на наружную поверхность оправки диаметром 75 мм по 7 качеству, $\Delta = 0,03 \text{ мм}$.

Точность звена Γ_3 определяется погрешностью установки корпуса на гидропластовую оправку, которую примем равной $\omega_{\Gamma_3} = 0,5 \text{ мм}$.

Для второго варианта базирования корпуса на первой операции погрешность замыкающего звена A_Δ на второй операции определяется из выражения:

$$\omega_{A_\Delta} = \omega_{A_2} + \omega_{\Gamma_1} + \omega_{\Gamma_2} + \omega_{\Gamma_3} = 0,02 + 0,1 + 0,015 + 0,5 \dots = 0,635 \text{ мм}.$$

По третьему варианту базирования корпуса на первой операции (рис. 27) в качестве установочной технологической базы выбрана верхняя плоскость корпуса, параллельная основанию С, а в качестве направляющей и опорной технологических баз - боковые поверхности корпуса.

При такой схеме базирования корпуса на первой операции звено A_1 будет являться замыкающим звеном D_Δ трехзвенной размерной цепи Д, т.е:

$$A_1 = D_\Delta = D_1 - D_2,$$

где D_1 - расстояние между параллельными плоскостями корпуса;

D_2 - расстояние от плоскости, являющейся установочной технологической базой до оси отверстий в заготовке.

Погрешность звеньев D_1 и D_2 по ГОСТ 26645- 85 [117, табл.1] составит $\omega_{D1} = 2,8\text{мм}$, $\omega_{D2} = 2,2\text{мм}$ при условиях размерной точности отливки 9-го класса и при номинальных значениях звеньев $D_1 = 205,3\text{мм}$ и $D_2 = 85,6\text{мм}$.

Для третьего варианта базирования корпуса на первой операции погрешность замыкающего звена A_Δ на второй операции определяется из выражения:

$$\omega_{A\Delta} = \omega_{A2} + \omega_{D1} + \omega_{D2} = 0,02 + 2,8 + 2,2 = 5,02\text{мм}.$$

Из приведенного примера можно сделать следующие выводы:

1) Анализ трех вариантов базирования заготовки на первой вертикально-фрезерной операции показывает, что наименьшее смещение оси растачиваемых отверстий относительно оси отверстий в заготовке корпуса достигается при втором варианте базирования заготовки - по главным отверстиям корпуса и двум его боковым плоскостям.

Следовательно, при такой схеме базирования обеспечиваются наименьшие припуски на отверстия в заготовке корпуса.

2) Очевидно, что при втором варианте базирования заготовки на первой операции и при базировании заготовки по основанию С корпуса на второй горизонтально-расточной операции будет обеспечена более высокая точность расстояния от основания С до оси его главных отверстий.

Это обусловлено тем, что на первой операции в качестве технологической базы приняты исполнительные поверхности корпуса - его главные отверстия, а на второй операции в качестве установочной технологической базы и измерительной базы принято основание С, являющиеся основной конструкторской базой корпуса, т.е. выполнен принцип единства баз.

4.5.3 Точность механической обработки

При разработке технологических процессов основным критерием правильности принятия решения является возможность достижения заданной точности обработки деталей изделия.

Под погрешностью обработки понимают отклонение полученного при обработке значения геометрического или другого параметра от заданного.

Понятие точности детали включает в себя следующие параметры:

- точность размеров;
- точность относительного расположения поверхностей;
- точность формы поверхностей;
- шероховатость поверхностей;
- физико-механические свойства поверхностного слоя.

Количественные показатели точности регламентируются стандартами Единой системы допусков и посадок. Задачи обеспечения необходимой точности изделия решаются на этапах их конструирования, разработки и внедрения технологии изготовления.

Любой технологический процесс реализуется в определенной технологической системе СПИЗ (станок, приспособление, инструмент, заготовка).

С момента начала механической обработки заготовки технологическая система действует как **многофакторная система**.

Входными параметрами этой системы являются:

- характеристики металлорежущего станка - тип, модель, мощность, диапазон частот вращения и подач, точность, жесткость, виброустойчивость;
- характеристики технологической оснастки - приспособлений, устройств механизации и автоматизации;
- характеристики заготовки - материал, его химический состав, механические свойства, погрешность размеров, формы, взаимного расположения, качество поверхностного слоя;
- эксплуатационные свойства режущего инструмента - прочность, стойкость, размерный износ;
- технологическая схема обработки поверхности;
- режимы резания - V , S , t .

К возмущающим воздействиям, нарушающим условия обработки, относятся:

- погрешности, вызываемые упругими деформациями элементов технологической системы под влиянием силы резания ε_y ;
- погрешности настройки станка Δ_n ;
- погрешности, вызываемые размерным износом режущих инструментов $\Delta_{ин}$;
- погрешности обработки, возникающие вследствие геометрических неточностей станка $\Delta_{см}$;
- погрешности обработки, вызываемые температурными деформациями технологической системы Δ_T .

При обработке на станках с ЧПУ дополнительно возникают погрешности позиционирования элементов системы.

Все указанные погрешности определяют точность механической обработки заготовок на металлорежущих станках.

Расчет точности необходим в основном для операций чистовой обработки, выполняемой по 6...11-му квалитетам. Суммарные погрешности обработки заготовок на настроенных станках определяют по уравнениям:

для диаметральных размеров:

$$\Delta_{\Sigma} = 2\sqrt{\Delta_y^2 + \Delta_n^2 + (1,73\Delta_u)^2 + (1,73\Delta_{см})^2 + (1,73\Delta_T)^2} \quad ; \quad (11)$$

для линейных размеров:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\varepsilon_y^2 + \Delta_y^2 + \Delta_n^2 + (1,73\Delta_u)^2 + (1,73\Delta_{см})^2 + (1,73\Delta_T)^2} \quad . \quad (12)$$

Расчет погрешностей диаметральных размеров при одноразовом точении может быть выполнен по методике, изложенной в [20, т. 1, с.26-76].

После определения суммарной погрешности Δ_{Σ} проверяется возможность обработки без брака:

$$\Delta_{\Sigma} \leq T_d \quad ,$$

где T_d - допуск на операционный размер.

В случае несоблюдения этого условия необходимо предложить конкретные мероприятия по снижению Δ_{Σ} .

Расчет погрешности обработки на фрезерных станках производят с учетом погрешности установки ε_y , которая может быть определена по [20, т. 1, с.40-55].

При обработке поверхностей на фрезерных станках погрешность Δ_y , вызванная упругими деформациями технологической системы, зависит в основном от колебания величины припуска и податливости системы шпиндель- стол. В связи с тем, что подача при обработке осуществляется столом станка, податливость системы W не изменяется при изменении относительного положении заготовки и фрезы, т.е. $W=\text{const}$. Поэтому податливость технологической системы W при расчетах принимается постоянной и равной податливости системы шпиндель - стол $W_{ис}$, величину которой можно определить по [20, т. 1, с.28-38].

Максимальная $P_{Z.\max}$ и минимальная $P_{Z.\min}$ касательные составляющие силы фрезерования определяются по [20, т. 2, с.282] при максимально и минимально возможных глубинах резания t , ширине B и принятых условиях фрезерования.

Погрешность $\Delta_{см}$, вызванная геометрическими неточностями станка, может быть определена по [20, т. 1, с.53-70]. Погрешность Δ_u , вызванная размерным износом фрез, определяется по [20, т. 1, с.73-74]. В связи с прерывистым характером резания при фрезеровании величина интенсивности изнашивания больше, чем при точении, её определяют по уравнению:

$$I_{офр} = \left(1 + \frac{B}{100}\right) \cdot I_o, \quad (13)$$

где B - ширина фрезерования, мм;

I_o - интенсивность изнашивания, мкм/км.

I_o для твердосплавных фрез выбирают по [20, т. 1, табл.28], I_o для быстрорежущих фрез принимают равным 15...20 мкм/км .

Длина пути резания $L_{mфр}$, км при торцевом фрезеровании партии деталей:

$$L_{mфр} = \frac{l_o \cdot B \cdot N}{S_{np} \cdot 10^6} . \quad (14)$$

При цилиндрическом фрезеровании:

$$L_{ц.фр} = \frac{n \cdot D_{фр} \cdot l_o \cdot N}{S_{np} \cdot 10^6} , \quad (15)$$

где l_o и В- длина и ширина обрабатываемой поверхности, мм;

Дфр - диаметр фрезы, мм;

S_{np} - продольная подача инструмента или детали, мм/об;

N - число деталей в обрабатываемой партии, шт.

Погрешность Δ_n и Δ_T определяются так же, как и на токарных станках.

Методика расчета погрешностей на станках с ЧПУ принципиально не отличается от методики расчета точности на станках обычного типа.

В связи с более жесткой конструкцией податливость станков с ЧПУ может быть принята в 2..4 раза меньше, чем у аналогичных станков с ручным управлением, т.е. $W_{СТ.ЧПУ} = 0,33W_{СТ.РУЧН.УПР}$.

Примеры решения задач по расчету суммарной погрешности обработки заготовок по изложенной ниже методике приведены в [43].

Проведем анализ точности обработки двух отверстий Ø72Н7мм и торца В Ø73мм, которые являются исполнительными поверхностями стакана (рис. 29) и двух его шеек Ø90f7мм и торца Б Ø137мм, которые выполняют функцию основных конструкторских баз с помощью расчета технологических размерных цепей.

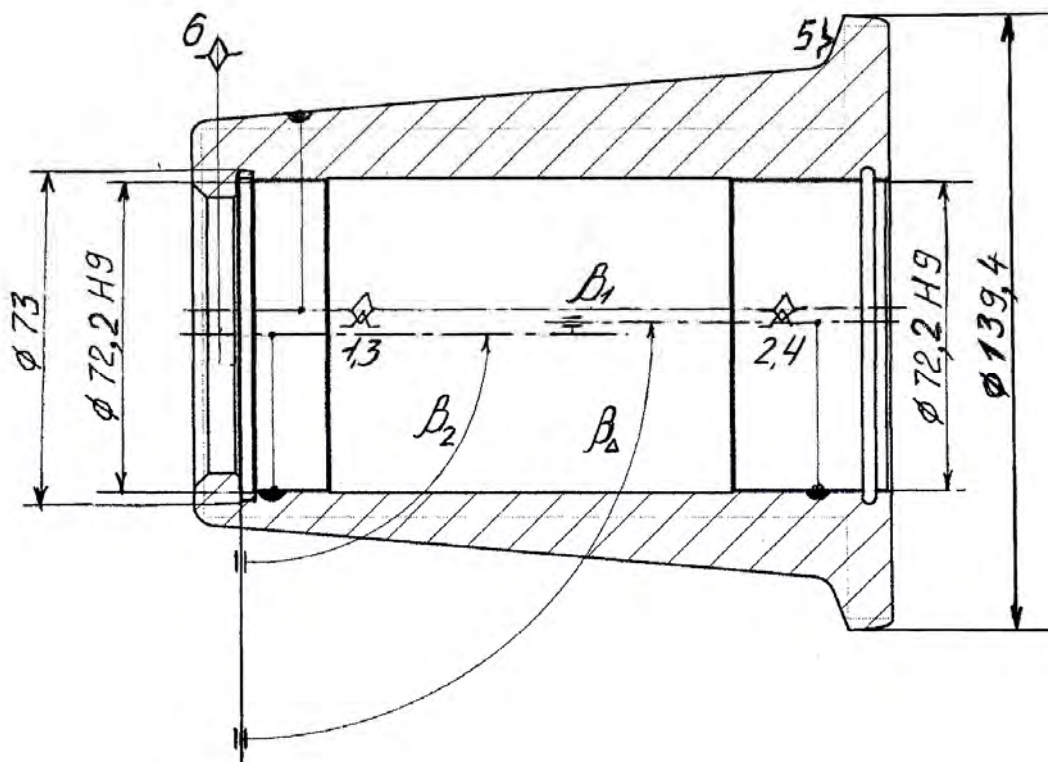


Рисунок 30 – Схема технологической размерной цепи на токарно-винторезной операции на установе А

Уравнение размерной цепи (рис. 30) и погрешность замыкающего звена β_{Δ} можно представить в виде

$$\beta_{\Delta} = \beta_1 + \beta_2; \quad W_{\beta_{\Delta}} = W_{\beta_1} + W_{\beta_2},$$

где β_{Δ} - отклонение от перпендикулярности торца канавки Ø73мм относительно оси правого отверстия Ø72,2H9;

β_1 - отклонение от соосности правого отверстия Ø72,2H9 относительно левого отверстия Ø72,2H9;

β_2 - отклонение от перпендикулярности торца Ø73мм относительно оси левого отверстия Ø72,2H9.

Точность составляющего звена β_1 зависит от точности прямолинейности продольного перемещения суппорта токарно-винторезного станка нормальной точности в горизонтальной плоскости, которая составляет

0,006мм при наибольшей длине перемещения до 160мм по ГОСТ 18097-88 [105, табл.13].

Погрешность обработки на установе А составит:

$$W_{\beta\Delta} = 0,006 + 0,008 = 0,014\text{мм} < T_{\beta\Delta} = 0,04\text{мм},$$

т.е. погрешность замыкающего звена, полученная при обработке заготовки, меньше допуска, установленного на замыкающее звено β_{Δ} по ГОСТ 24643-81[118, табл.4].

На токарно-винторезной операции на установе Б заготовка базируется по обработанным поверхностям на установе А. Два отверстия $\varnothing 72,2\text{Н}9\text{мм}$ являются двойной направляющей, торец А $\varnothing 137\text{мм}$ является опорной базой, при установке заготовки на цанговую оправку возникает скрытая опорная база.

На установе Б надо обеспечить точность расположения торца $\varnothing 137\text{мм}$ относительно левого отверстия стакана $\varnothing 72,2\text{Н}9$. Торцевое биение торца Б относительно отверстия $\varnothing 72\text{Н}7$ должно быть не более 0,06мм (см. рис. 29).

На рис. 31 представлена схема технологической размерной цепи на токарно-винторезной операции на установе Б.

Уравнение размерной цепи (рис. 31) и погрешность замыкающего звена γ_{Δ} можно представить в виде

$$\gamma_{\Delta} = \gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + \gamma_4 + \gamma_5; \quad W_{\gamma_1} = W_{\gamma_2} + W_{\gamma_3} + W_{\gamma_3}; ,$$

где γ_{Δ} - отклонение от перпендикулярности торца $\varnothing 137\text{мм}$ относительно оси левого отверстия $\varnothing 72,2\text{Н}9$ стакана;

$$T_{\gamma_{\Delta}} = 0,06\text{мм по требованию чертежа стакана (рис. 29)}$$

γ_1 - отклонение от соосности оси отверстия $\varnothing 72,2\text{Н}9$ относительно оси оправки;

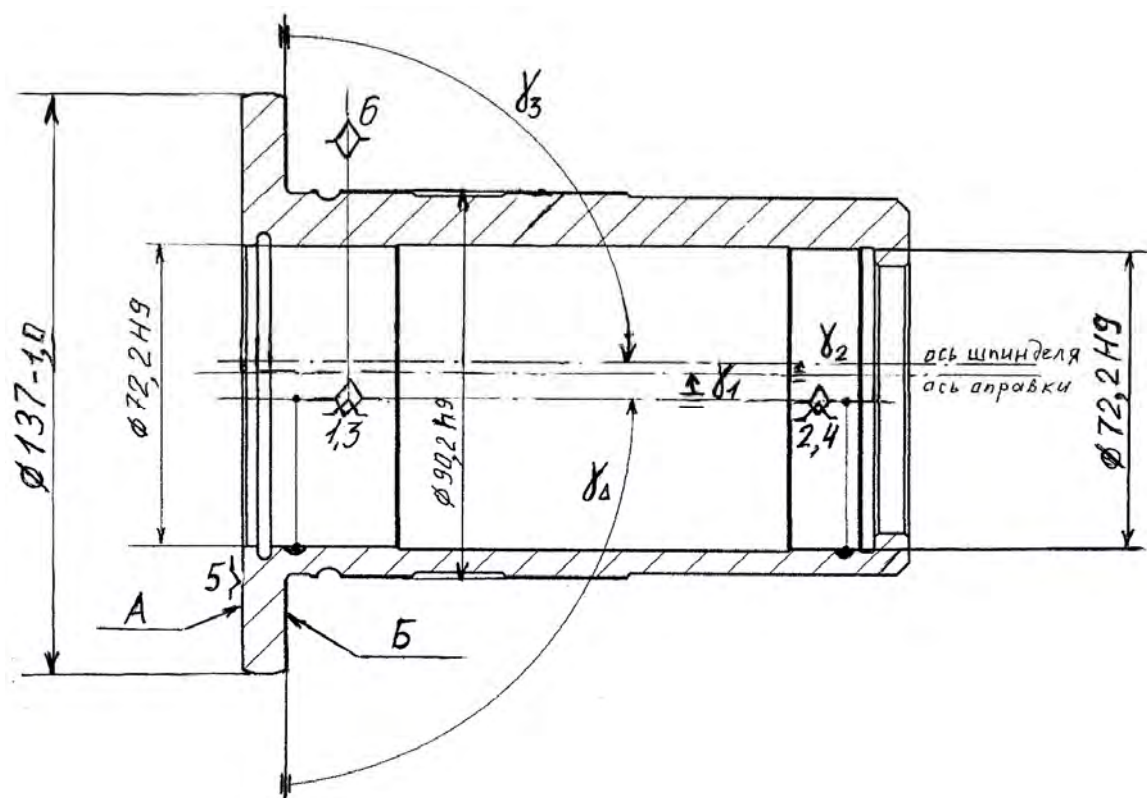


Рисунок 31 – Схема технологической размерной цепи на токарно-винторезной операции на установе Б

γ_2 -отклонение от соосности оси цанговой оправки относительно оси шпинделя станка;

γ_3 -отклонение от перпендикулярности торца Б Ø137мм относительно оси шпинделя.

Точность звена γ_1 зависит от погрешности установки заготовки на специальную цанговую оправку, которая составляет 0,04мм [20, т. 1, табл.12].

Точность звена γ_2 зависит от точности изготовления оправки (смещение оси цанги относительно поверхности конуса Морзе оправки, которым она устанавливается в конусное отверстие шпинделя станка).

Принимаем погрешность $W_{\gamma_3} = 0,01\text{мм}$.

Точность звена γ_3 (отклонение от перпендикулярности торца Б

Ø137мм относительно оси шпинделя) зависит от точности перемещения поперечных салазок суппорта к оси шпинделя передней бабки станка, которая составляет 0,008 мм по ГОСТ 18097-88 [105, табл.13].

Погрешность обработки на установе Б составит:

$$W_{\gamma_1} = 0,04 + 0,01 + 0,008 = 0,058 \text{ мм} < T_{\gamma_\Delta} = 0,06 \text{ мм};$$

т.е. погрешность замыкающего звена, полученная при обработке заготовки почти равна допуску, установленному на замыкающее звено γ_Δ , согласно требований чертежа (рис. 29).

Следовательно, необходимо продолжить дальнейшую обработку торца Б Ø137мм и отверстий Ø72Н7.

Кроме того, необходимо обеспечить допуск перпендикулярности торца Ø137мм относительно отверстия Ø72Н7 и наружной цилиндрической поверхности Ø90f7, т.е. необходимо продолжить обработку указанных поверхностей стакана до достижения заданной точности.

Поэтому проведем анализ точности обработки торца Б Ø137мм и наружной цилиндрической поверхности Ø90f7 на круглошлифовальной операции.

На круглошлифовальной операции заготовка базируется по двум отверстиям Ø72,2Н9, которые являются двойной направляющей базой и при установке заготовки на специальную цанговую оправку возникает скрытая опорная база.

На рис. 32 представлена схема технологической размерной цепи на круглошлифовальной операции.

Уравнение размерной цепи (рис. 32) и погрешность замыкающего звена φ_Δ можно представить в виде

$$\varphi_\Delta = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4 + \varphi_5; \quad W_{\varphi_\Delta} = W_{\varphi_1} + W_{\varphi_2} + W_{\varphi_3} + W_{\varphi_4} + W_{\varphi_5}; ,$$

где φ_Δ - отклонение от перпендикулярности торца Ø137мм относительно оси левого отверстия Ø72,2Н9;

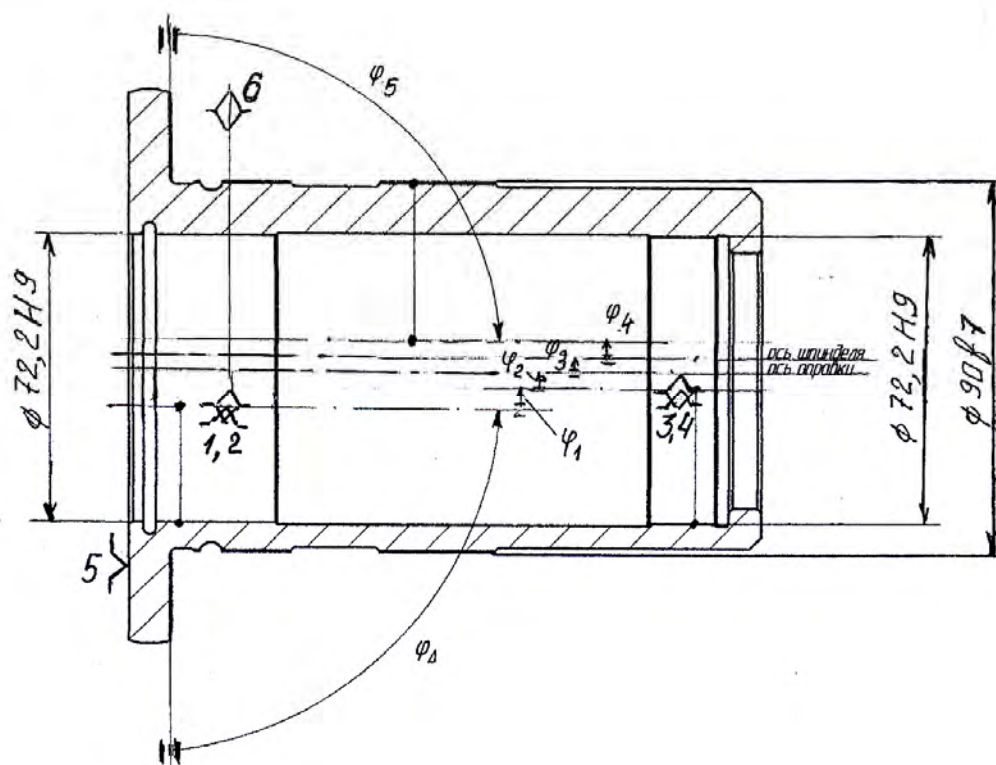


Рисунок 32 – Схема технологической размерной цепи на круглошлифовальной операции

$T_{\varphi_{\Delta}} = 0,06\text{мм}$ по требованию чертежа стакана (рис. 29).

φ_1 - отклонение от соосности оси левого отверстия Ø72,2H9 относительно оси правого отверстия Ø72,2H9;

φ_2 - отклонение от соосности оси отверстия Ø72,2H9 относительно оси оправки;

φ_3 - отклонение от соосности оси исполнительной поверхности оправки относительно основной конструкторской базы оправки- оси шпинделя круглошлифовального станка;

φ_4 - отклонение от соосности оси наружной поверхности Ø90f7 относительно оси шпинделя станка;

φ_5 - отклонение от перпендикулярности торца Ø137мм относительно оси наружной поверхности Ø90f7.

Точность звена φ_1 достигнута 0,006мм на токарно-винторезной операции на установе А.

Погрешность звена φ_2 практически равна нулю, так как заготовка вместе с оправкой устанавливается на круглошлифовальный станок.

Точность звена φ_3 зависит от точности изготовления оправки. Принимаем погрешность $W_{\varphi_3}=0,01\text{мм}$.

Точность звена φ_4 зависит от радиального биения оси шпинделя передней бабки станка, составляющего 0,006 мм [102, табл.4].

Точность звена φ_5 зависит от перпендикулярности перемещения шлифовальной бабки направлению перемещения стола станка, которая составляет 0,004мм [102, табл.16].

Погрешность замыкающего звена φ_{Δ} составит

$$W_{\varphi_{\Delta}} = 0,006 + 0 + 0,01 + 0,006 + 0,004 = 0,026\text{мм} < T_{\Delta} = 0,06\text{мм}.$$

Следовательно, после выполнения круглошлифовальной операции обеспечивается отклонение от перпендикулярности торца $\varnothing 137\text{мм}$ относительно оси отверстия $\varnothing 72,2\text{Н}9$.

На чертеже стакана (рис. 29) задан допуск перпендикулярности торца $\varnothing 73\text{мм}$ относительно оси отверстия $\varnothing 72\text{Н}7\text{мм}$ величиной 0,05мм.

Для обеспечения этого требования необходимо выполнить внутришлифовальную операцию.

Проведем анализ точности окончательной обработки отверстий $\varnothing 72\text{Н}7\text{мм}$ и торца $\varnothing 73\text{мм}$.

На внутришлифовальной операции заготовка базируется по двум шейкам наружной цилиндрической поверхности $\varnothing 90\text{f}7$, которые являются двойной направляющей технологической базой и по торцу Б $\varnothing 137\text{мм}$, являющийся опорной базой и при закреплении заготовки в четырехкулачковом патроне возникает скрытая опорная база.

На рис. 33 представлена схема технологической размерной цепи на внутришлифовальной операции.

Уравнение размерной цепи (рис. 33) и погрешность замыкающего звена τ_{Δ} можно представить в виде

$$\tau_{\Delta} = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3; \quad \omega_{\tau_{\Delta}} = \omega_{\tau_1} + \omega_{\tau_2} + \omega_{\tau_3},$$

где τ_{Δ} - отклонение от перпендикулярности торца В $\varnothing 73$ мм относительно оси отверстий $\varnothing 72H7$ мм;

τ_1 - отклонение от параллельности осей отверстий $\varnothing 72H7$ мм относительно наружной цилиндрической поверхности $\varnothing 90f7$ мм;

τ_2 - отклонение от параллельности оси наружной цилиндрической поверхности $\varnothing 90f7$ мм относительно оси шпинделя станка;

τ_3 - отклонение от перпендикулярности торца $\varnothing 73$ мм относительно оси шпинделя станка.

Точность звена τ_1 зависит от параллельности оси шлифовального шпинделя направлению перемещения стола станка, которая составляет 0,006мм.

Точность звена τ_2 зависит от погрешности установки заготовки в четырехкулачковом патроне с выверкой по внутренним цилиндрическим поверхностям $\varnothing 72H9$ с помощью индикатора.

Точность звена τ_2 составляет 0,02 [20, табл.16].

Точность звена τ_3 зависит от параллельности продольного перемещения стола станка и точности правки шлифовального круга относительно его оси вращения.

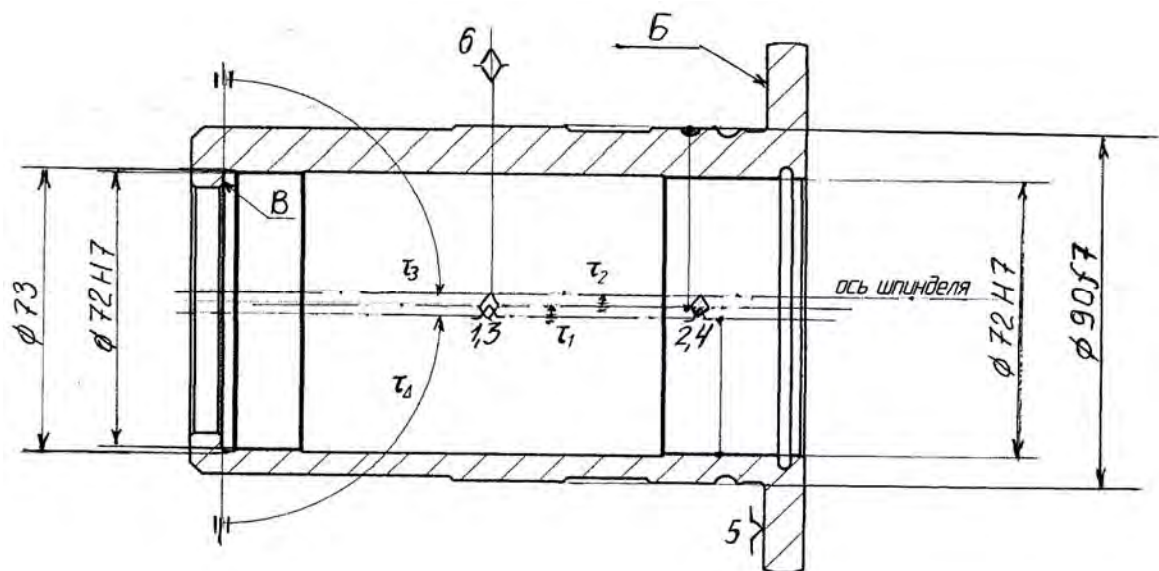


Рисунок 33 – Схема технологической размерной цепи на внутришлифовальной операции

Погрешность звена τ_3 определяется как алгебраическая сумма двух указанных погрешностей т.е.

$$W_{\tau_3} = \sqrt{0,006^2 + 0,005^2} = 0,008 \text{ мм}.$$

Погрешность замыкающего звена τ_Δ составит

$$\omega_{\tau_\Delta} = 0,006 + 0,02 + 0,008 = 0,034 \text{ мм} < T_{\tau_\Delta} = 0,05 \text{ мм}.$$

Следовательно, после выполнения внутришлифовальной операции обеспечивается отклонение от перпендикулярности торца $\varnothing 73 \text{ мм}$ относительно отверстий $\varnothing 72 \text{ H7 мм}$.

4.5.4 Разработка технологических операций

Содержание технологических операций во многом определяется средствами технологического оснащения, структура которых приведена на рис. 2.

Согласно ГОСТ 14.301-83 [96] выбор технологического оснащения осуществляется с учетом:

- типа производства и его организационной структуры;
- вида изделия и объема его выпуска;

- характера намеченной технологии;
- возможности организации групповой обработки изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками;
- максимального применения стандартизированной технологической оснастки и оборудования;
- равномерной загрузки используемого оборудования.

При проектировании технологических операций необходимо стремиться к уменьшению их трудоемкости и выбору рациональной последовательности и количества установов, переходов и рабочих ходов. В зависимости от типа производства выбирают соответствующую схему построения операции, выполняемой на металлорежущем станке. Например, в мелкосерийном производстве находит применение в основном одностаночная, одноинструментальная, последовательная обработка.

Число и последовательность технологических переходов зависит также от вида заготовки, схемы ее базирования, требований к качеству и точности поверхностей деталей. Совмещение переходов определяется конструкцией детали, возможностями расположения режущих инструментов на станке и жесткостью заготовки. Переходы, обеспечивающие высокие требования к точности, целесообразно выделять в отдельную операцию.

Правила записи технологических операций и переходов при обработке резанием устанавливаются ГОСТ 3.1702-79 [86]. Правила распространяются на все виды обработки резанием [112].

Наименование операции обработки резанием должно отражать применяемый вид оборудования и записываться именем прилагательным в именительном падеже.

Группы операций и операции обработки резанием приведены в табл. 20 и 21, ключевые слова технологических переходов в табл. 22, наименование предметов производства, обрабатываемых поверхностей и конструктивных элементов в табл. 24.

В приложении Д и в табл. 21 приведены примеры полной и сокращенной записи содержания переходов обработки резанием.

Содержание переходов включает:

- наименование метода обработки, выраженное глаголом в повелительной форме, например, точить, сверлить, центровать, фрезеровать и т.д;
- наименование обрабатываемой поверхности, а при сокращенной записи перехода её номер;
- размеры и предельные отклонения обрабатываемой поверхности;
- режимы резания (глубина резания- t , подача- S , частота вращения заготовки- n , скорость резания- V);
- элементы штучного времени: основное и вспомогательное время;
- наименование технологической оснастки (код и номер стандарта на приспособление, режущий, мерительный и вспомогательный инструмент).

Наименование технологических операций и переходов в машиностроении выбирают по классификаторам [12,13].

При выборе рациональной последовательности переходов следует руководствоваться справочными данными средней экономической точности для различных методов обработки разных видов поверхности детали [20, том 1, табл.4 и 5; 21, т. 1].

Таблица 18 – Группы операций обработки резанием по ГОСТ 3.1702-79 [86]

Номер группы операции	Наименование группы операций	Применяемое оборудование (станки)
01	Автоматно-линейная	Автоматные линии
02	Агрегатная	Агрегатные
03	Долбежная	Долбежные
04	Зубообрабатывающая	Зубофрезерные, зубострогальные, зубошлифовальные и др.
05	Комбинированная	Сверлильно-фрезерные и др.

Номер группы операции	Наименование группы операций	Применяемое оборудование (станки)
06	Отделочная	Хонинговальные, суперфинишные, доводочные, полировальные
07	Отрезная	Отрезные
08	Программная	Станки с программным управлением
09	Протяжная	Протяжные
10	Расточная	Расточные
11	Резьбонарезная	Гайконарезные, резьбофрезерные и др.
12	Сверлильная	Сверлильные
13	Строгальная	Строгальные
14	Токарная	Токарные, токарно-винторезные, многорезцовые и др.
15	Фрезерная	Фрезерные (кроме зубо- и резьбофрезерных)
16	Шлифовальная	Шлифовальная (кроме зубошлифовальных)

Таблица 19 – Операции обработки резанием по ГОСТ 3.1702-79 [86]

Номер		Наименование операции	Номер		Наименование операции
операции	группы операций		операции	группы операций	
01	01	Автоматно-линейная	47	11	Болтонарезная
02	02	Агрегатная	50	12	Вертикально-сверлильная
03	03	Долбежная	51	12	Горизонтально-сверлильная
04	04	Зубодолбежная	52	12	Координатно-сверлильная
05	04	Зубозакругляющая	53	12	Радиально-сверлильная
06	04	Зубонакатная	54	12	Сверлильно-центровальная
07	04	Зубообкатывающая	55	13	Поперечно-строгальная

Номер		Наименование операции	Номер		Наименование операции
операции	группы операций		операции	группы операций	
08	04	Зубоприрабатывающая	56	13	Продольно-строгальная
09	04	Зубопритирочная	58	14	Вальцетокарная
10	04	Зубопротяжная	59	14	Лоботокарная
11	04	Зубострогальная	60	14	Резьботокарная
12	04	Зуботокарная	61	14	Специальная токарная
13	04	Зубофрезерная	62	14	Токарно-бесцентровая
14	04	Зубохонинговальная	63	14	Токарно-винторезная
15	04	Зубошевинговальная	64	14	Токарно-затыловочная
16	04	Зубошлифовальная	65	14	Токарно-карусельная
17	04	Специальная зубообрабатывающая	66	14	Токарно-копировальная
18	04	Шлиценакатная	67	14	Токарно-револьверная
19	04	Шлицестрогальная	68	14	Торцеподрезная центровальная
20	05	Шлицефрезерная	69	15	Барабанно-фрезерная
21	06	Комбинированная	70	15	Вертикально-фрезерная
22	06	Виброабразивная	71	15	Горизонтально-фрезерная
23	06	Галтовка	72	15	Гравировально-фрезерная
24	06	Доводочная	73	15	Карусельно-фрезерная
25	06	Опиловочная	74	15	Копровально-фрезерная
26	06	Полировальная	75	15	Продольно-фрезерная
27	06	Притирочная	76	11	Резьбофрезерная
28	06	Суперфинишная	77	15	Специальная фрезерная

Номер		Наименование операции	Номер		Наименование операции
операции	группы операций		операции	группы операций	
29	06	Хонинговальная	78	15	Универсально-фрезерная
30	07	Абразивно-отрезная	79	15	Фрезерно-центровальная
31	07	Ленточно-отрезная	80	15	Шпоночно-фрезерная
32	07	Ножовочно-отрезная	82	16	Бесцентровошлифовальная
33	07	Пило-отрезная	83	16	Внутришлифовальная
34	07	Токарно-отрезная	84	16	Заточная
35	07	Фрезерно-отрезная	85	16	Карусельно-шлифовальная
36	08	Расточная с ЧПУ	86	16	Координатно-шлифовальная
37	08	Сверлильная с ЧПУ	87	16	Круглошлифовальная
38	08	Токарная с ЧПУ	88	16	Ленточно-шлифовальная
39	08	Фрезерная с ЧПУ	89	16	Обдирочно-шлифовальная
40	08	Шлифовальная с ЧПУ	90	16	Плоскошлифовальная
41	09	Вертикально-протяжная	91	16	Резьбошлифовальная
42	09	Горизонтально-протяжная	92	16	Торцешлифовальная
43	10	Алмазно-расточная	93	16	Центрошлифовальная
44	10	Вертикально - расточная	94	16	Шлифовальная специальная
45	10	Горизонтально-расточная	95	16	Шлифовально-затыловочная
46	10	Координатно - расточная	96	16	Шлицешлифовальная

Таблица 20 - Ключевые слова технологических переходов и их условные коды
по ГОСТ 3.1702-79 [86]

Условный код	Ключевое слово
01	Вальцевать
02	Врезаться
03	Галтовать
04	Гравировать
05	Довести
06	Долбить
07	Закруглить
08	Заточить
09	Затыловать
10	Зенкеровать, зенковать
11	Навить
12	Накатать
13	Нарезать
14	Обкатать
15	Опилить
16	Отрезать
17	Подрезать
18	Полировать
19	Притирать
20	Прирабатывать
21	Протянуть
22	Развернуть
23	Развальцевать
24	Раскатать
25	Рассверлить
26	Расточить
27	Сверлить
28	Строгать
29	Суперфинишировать
30	Точить
31	Хонинговать
32	Шевинговать
33	Шлифовать
34	Цековать
35	Центровать
36	Фрезеровать
80	Выверить
81	Закрепить
82	Настроить

Условный код	Ключевое слово
83	Переустановить
84	Переустановить и закрепить
85	Переустановить, выверить и закрепить
86	Переместить
87	Поджать
88	Проверить
89	Смазать
90	Снять
91	Установить
92	Установить и выверить
93	Установить и закрепить
94	Установить, выверить и закрепить

Таблица 21 – Примеры полной и сокращенной записи содержания переходов обработки резанием

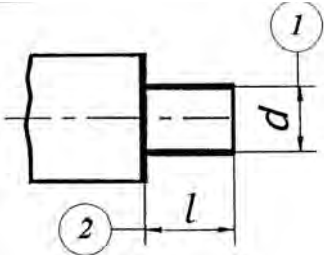
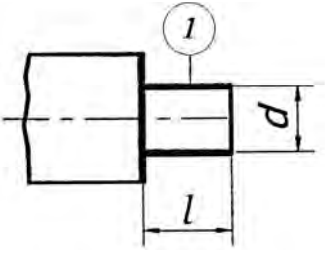
Эскиз	Запись перехода полная	Эскиз	Запись перехода сокращенная
	<p>1 Точить поверхность предварительно, выдерживая размеры d_1 и l_1.</p> <p>2 Точить поверхность чисто, выдерживая размеры l и 2</p>		<p>1 Точить поверхность 1 предварительно, выдерживая размеры d_1 и l_1.</p> <p>2 Точить поверхность 1 чисто</p>

Таблица 22 – Наименование предметов производства, обрабатываемых поверхностей и конструктивных элементов по ГОСТ 3.1702-79 [86]

Условный код	Наименование полное	Условный код	Наименование полное
001	Буртик	016	Лыска
002	Буртики	017	Лыски
003	Выточка	018	Отверстие
004	Выточки	019	Отверстия
005	Галтель	020	Паз
006	Галтели	021	Пазы

Условный код	Наименование полное	Условный код	Наименование полное
007	Деталь	022	Поверхность
008	Детали	023	Поверхности
009	Заготовка	024	Пружина
		025	Пружины
010	Зуб	026	Резьба
011	Зубья	027	Рифление
		028	Ступень
		029	Сфера
012	Канавка	030	Торец
013	Канавки	031	Торцы
014	Контур	032	Фаска
015	Конус	033	Фаски
		034	Червяк
		035	Цилиндр

4.5.4.1 Выбор оборудования

После окончательного выбора варианта технологического маршрута изготовления детали в пояснительной записке следует дать обоснование модели выбранного оборудования и его основные технологические характеристики.

Основными факторами, влияющими на выбор оборудования, являются:

- соответствие рабочей зоны станка габаритным размерам заготовки;
- возможность обеспечения требуемой точности обработки поверхности детали (размеры, геометрические формы, расположения поверхностей, шероховатость);
- вид заготовки, метод её получения (фасонный прокат, литье, поковка штампованная и т.д.);
- соответствие производительности станка заданной программе выпуска деталей;
- технологические возможности станка по выполнению всех переходов, включенных в операцию;

- соответствие мощности, жесткости и кинематических возможностей станка наивыгоднейшим режимам обработки.

С технологической точки зрения станки можно разделить на 4 группы:

1-я группа – станки общего назначения (универсальные), например, токарно-винторезные, вертикально- и радиально-сверлильные, вертикально- и горизонтально-фрезерные;

2-я группа – станки с повышенной производительностью, например, токарно-револьверные, станки с числовым программным управлением (ЧПУ), токарные автоматы и полуавтоматы и др.;

3-я группа – станки определенного назначения (специализированные), предназначенные для выполнения операций одного наименования у разных деталей, например, зубофрезерные, зубодолбежные, резьбофрезерные и др.;

4-я группа – специальные станки, предназначенные для выполнения только какой-либо одной операции, для обработки одной или небольшого числа наименования деталей, например, агрегатные станки.

При единичном и мелкосерийном производстве следует использовать в основном станки 1-й группы, а также в ряде случаев станки 2-й и 3-й группы.

При серийном производстве используют в основном 2-й и 3-й группы.

При массовом производстве используют станки 2,3-й и 4-й группы.

Технические характеристики и технологические возможности металлорежущих станков приводятся в учебной и справочной литературе [4,17;20, т. 2; 21, т. 2;28,43,45].

В мелко и среднесерийном производстве широко применяются станки с ЧПУ (токарные, фрезерные, сверлильные, расточные и обрабатывающие центры), токарно-револьверные станки (автоматы и полуавтоматы).

На токарных станках с ЧПУ обрабатывают наружную и внутреннюю поверхности заготовок типа тел вращения с прямолинейными и

криволинейными контурами, со сложными внутренними плоскостями, нарезают наружную и внутреннюю резьбы.

Технологические возможности станков с ЧПУ токарной группы могут быть расширены за счет:

- применения различных типов и модификаций этих станков с использованием дополнительных подвижных и неподвижных стоек, вертикальных и боковых суппортов, выдвижной планшайбы;

- применения технологического оснащения, поставляемого со станком: зажимных приспособлений, комплекта режущего и вспомогательного инструмента, контрольных приспособлений;

- revolverных головок или магазинов со сменными резцовыми блоками, позволяющими осуществлять автоматическую смену режущего инструмента по заданной программе;

- снабжения дополнительными устройствами для выполнения поперечных работ (сверление и фрезерование), продольных осевых работ (аналогично revolverным станкам);

- применения зубчатых утопленных поводковых центров, позволяющих проводить обработку в центрах без переустановки заготовки, т.е. за один установ.

Станки с ЧПУ фрезерной группы обрабатывают заготовки как простой конфигурации, так и контуры сложной конфигурации, например, корпусные заготовки с нескольких сторон и под различными углами.

На станках с ЧПУ фрезерной группы можно производить обработку как при встречном, так и при попутном фрезеровании [112], сверление, зенкерование и растачивание.

Технологические возможности станков с ЧПУ фрезерной группы могут быть расширены за счет:

- применения различных типов и модификаций этих станков с использованием различного расположения шпинделей (горизонтально,

вертикально, с поворотом (наклонно), дополнительных стоек, подвижных порталов револьверных головок, крестового или обычного поворотного прямоугольного или круглого стола, дополнительных горизонтальных или вертикальных бабок;

- управления станком одновременно по трем, четырем, пяти и более координатам для обеспечения объемной обработки заготовок. Фрезерные станки с ЧПУ обеспечивают точность обработки контура в пределах $\pm 0,1$ мм, а точность получения линейных размеров $\pm 0,08$ мм.

На сверлильных станках с ЧПУ целесообразно обрабатывать заготовки с большим числом отверстий со стороны, обращенной к шпинделю.

Технологические возможности сверлильных станков с ЧПУ могут быть расширены за счет:

- автоматической смены инструмента (сверл разных диаметров, зенкеров, разверток, зенковок под головки винтов);
- оснащения шестипозиционной револьверной головкой.

Достоинством сверлильных станков с ЧПУ является возможность обработки заготовки с точно расположенными отверстиями без кондукторов при обеспечении точности межцентровых расстояний в пределах $\pm 0,1$ мм.

Достоинством расточных станков с ЧПУ является возможность за один установ обрабатывать в корпусах заготовок точные отверстия с точными межосевыми расстояниями, а также мелкие резьбовые крепежные отверстия для присоединения деталей типа крышек, фланцев и т.п.

Высокая производительность обработки на расточных станках с ЧПУ достигается за счет:

- снижения потерь времени на установку инструмента, на холостые перемещения подвижных органов станка;
- применения механизированного зажима и отжима режущего инструмента при установке и смене его в шпинделе;
- наличия поворотных инструментальных стоек, поворотного стола;

- высокой точности позиционирования рабочих органов станка;
- возможности выполнения сверления, зенкерования, растачивания и развертывания точных отверстий, фрезерования плоскости по заданной программе нарезания резьбы.

Горизонтально-расточные станки с ЧПУ позволяют обрабатывать с погрешностью $\pm 0,01$ мм, а координатно-расточные станки - с погрешностью $\pm 0,001$ мм.

Обрабатывающие центры представляют собой высокоавтоматизированные станки с программным управлением, дополнительно снабженные специальным инструментальным магазином для автоматической смены режущего инструмента. С помощью программного управления на этих станках осуществляются автоматические перемещения заготовок вдоль трёх координатных осей и её вращение вокруг вертикальной оси поворотного стола. Обрабатывающие центры могут снабжаться глобусным столом, имеющим вертикальную и горизонтальную ось вращения, что даёт возможность осуществлять обработку сложных корпусных заготовок с разных сторон и под различными углами с одного установа.

Обрабатывающие центры целесообразно применять для заготовок, требующих выполнения большого числа операций и большого количества инструментов (до нескольких десятков).

Обработка заготовок с одной, двух, трёх и четырёх сторон осуществляется при её повороте вокруг одной оси при наличии поворотного стола.

Обработка заготовок с пяти, шести, семи и восьми сторон возможна при повороте заготовки вокруг двух осей, т.е. при наличии глобусного стола.

Во всех случаях одна плоскость заготовки, по которой осуществляется базирование, недоступна для обработки, поэтому заготовку невозможно полностью обработать за одну операцию при одном установе.

Для выбора модели обрабатывающего центра существенное значение имеет конструктивное оформление заготовки, в частности, взаимное

расположение обрабатываемых поверхностей (параллельное, перпендикулярное, наклонное), их форма, определяющая возможность обработки на проход или требующая дополнительного врезания инструмента, либо обработки по контуру.

Степень сложности и стоимость любого станка с ЧПУ, а следовательно, стоимость обработки заготовки зависят от количества гнёзд в инструментальном магазине станка. Поэтому важно предварительно определить количество инструментов, которые фактически потребуются при обработке заготовок по технологическому процессу.

Для изготовления корпусных деталей различных машин и приборов обычно требуется от 4 до 48 инструментов, чаще от 10 до 30 инструментов.

Технологические возможности обрабатывающих центров очень широки. Они могут выполнять все виды работ, необходимых при обработке корпусных заготовок:

- всевозможные виды фрезерных работ различными конструкциями фрез: фрезерование плоскостей торцевыми фрезами; фрезерование пазов концевыми фрезами; фрезерование дисковыми фрезами; фрезеровании по контуру плоских и фасонных поверхностей; фрезерование внутренних платиков, приливов и поверхностей; фрезерование всех поверхностей, расположенных с одной стороны заготовки на разных уровнях;

- сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание, растачивание, нарезание резьбы;

- круговое фрезерование литых и предварительно обработанных поверхностей;

- растачивание набором резцов, установленных в одной расточной борштанге; растачивание резцовыми головками отверстий большого диаметра;

- растачивание без смены инструмента ступенчатых отверстий, канавок, выточек, конических отверстий;

- подрезание торцов с передней стороны, а также торцов с противоположной стороны стенки заготовки;

- обработку всевозможных крепежных отверстий по разнообразным циклам обработки: сверление, цекование, нарезание резьбы, подрезание торцов бобышек, зенкерование и т.д.

По точности исполнения некоторые обрабатывающие центры близки к координатно-расточным станкам, поэтому на них можно выполнять тонкое растачивание отверстий, обеспечивающее точность по IT6 и IT7 при шероховатости поверхности для чугуна в пределах $Ra=0,8-2,5$ мкм.

Точность установки заготовок составляет $\pm 0,01$ мм. Точность позиционирования характеризуется для станков нормальной точности в пределах $\pm 0,01$ мм, для станков высокой точности в пределах $\pm (0,005-0,01)$ мм.

Погрешность обработки по линейным размерам для обрабатывающих центров нормальной точности составляет $\pm 0,05$ мм и высокой точности $\pm 0,01$ мм.

Технологическая себестоимость обработки заготовок на станках с ЧПУ с позиционным управлением примерно в два раза ниже, чем на станках с ЧПУ с контурным управлением.

Для достижения наибольшей экономичности обработки необходимо по возможности использовать простейшие и наиболее дешёвые модели станков с ЧПУ, технологическая возможность которых ограничивается реальными требованиями обработки конкретных заготовок.

Универсальные и специальные токарно-револьверные станки применяются для обработки заготовок в виде прутков диаметром до 100 мм и штучных заготовок диаметром до 630 мм.

Широкие технологические возможности токарно-револьверных станков (автоматов и полуавтоматов) достигаются за счет:

- применения горизонтальной, вертикальной или наклонной многопозиционной револьверной головки (шести-, восьми-, шестнадцатипозиционной) с продольным и поперечным перемещением;

- выполнения большого многообразия технологических переходов: продольное, поперечное точение, растачивание, сверление, зенкерование, развертывание отверстий, обкатывание и раскатывание шариками или роликами отверстий, выглаживание алмазными или твердосплавными наконечниками наружных и внутренних поверхностей;

- нарезание наружной резьбы плашкой или резьбонарезной головкой, либо накатывание резьбонакатной головкой;

- нарезание внутренней резьбы метчиком, накатывание метчиком-раскатником;

- наличия продольного переднего, заднего, одного или двух вертикальных суппортов;

- наличия фрезерного приспособления для обработки лысок, квадратов и канавок; сверлильного приспособления для поперечного сверления;

- наличия копировального устройства, позволяющего выполнять фасонное растачивание;

- наличия широкой номенклатуры цанговых и трёхкулачковых патронов разных диаметров для закрепления заготовок, управляемых пневматическими и гидравлическими устройствами;

- наличия гидрокопировального суппорта, позволяющего выполнить подрезку торца и растачивание внутренних конических поверхностей и точение наружных конических поверхностей;

- наличия автоматического резьбонарезного устройства, позволяющего нарезать резьбу резцами и резьбовыми гребёнками наружные и внутренние резьбы с шагом 0,5-3 мм.

Главным преимуществом обработки на токарно-револьверных станках, автоматах и полуавтоматах является высокая концентрация технологических переходов (последовательная, параллельная), которая обеспечивается совмещением переходов, выполняемых инструментами, устанавливаемыми в револьверную головку, в передний, задний и вертикальные суппорта, в специальные приспособления.

4.5.4.2 Выбор технологической оснастки

Технологическая оснастка для сборочных операций

При сборке машин применяют механизированный инструмент с электрическим, пневматическим и гидравлическим приводом.

Пригоночные работы выполняют при помощи **сверлильных машин** при сверлении отверстий 3-32 мм. Некоторые модели сверлильных машин и их технические характеристики приведены в [20, т. 2, гл.5, табл. 1 и 2; 21, т. 2].

Шлифовальные машины используют для зачистки сварных швов, чугуновых и стальных отливок, снятия заусенцев, шлифования и полирования различных поверхностей.

Для работы в труднодоступных местах применяют машины с гибким шлангом.

Некоторые модели шлифовальных машин и их технические характеристики приведены в [20, т. 2, гл. 5, табл. 3 и 4; 21, т. 2].

Для механизации сборки резьбовых соединений применяют ручные, одношпиндельные **резьбозавертывающие машины**: гайко-, шпилько- и винтоверты. Ударные гайковёрты выполняют в виде ручных машин [20, т. 2, гл. 5, табл. 7-9; 21, т. 2] и их используют при значительных моментах затяжки. Редкоударные гайковерты позволяют вести сборку ответственных резьбовых соединений.

Для сборки резьб М3-М8 применяют электрические и пневматические **винтоверты** [20, т. 2, гл. 5, табл. 10-11; 21, т. 2].

Многошпиндельные **гайковерты** komponуют из нормализованных, резьбозавёртывающих силовых головок, снабженных встроенными пневматическими, электрическими и гидравлическими двигателями.

Технические характеристики **силовых головок** для многошпиндельных гайковертов представлены в [20, т. 2, гл. 5, табл. 12-14; 21, т. 2].

Силовые головки многошпиндельных гайковертов для удержания гаек и винтов при завинчивании оснащены головками, шпильковерты - патронами.

Технические характеристики патронов приведены в [20, т. 2, гл. 5, табл. 15-17; 21, т. 2].

Сборочные приспособления используют при сборке сборочных единиц и общей сборке изделия.

Сборочные приспособления обеспечивают быструю установку и закрепление сопрягаемых элементов изделия. По степени специализации их подразделяют на универсальные и специальные.

Универсальные приспособления применяют в единичном и мелкосерийном производстве. К ним относятся плиты, призмы и угольники, домкраты и различные вспомогательные детали и устройства (подкладки, клинья, винтовые прихваты).

Плиты и балки служат для установки, выверки и закрепления собираемых машин или их сборочных единиц. На них имеются Т-образные пазы. Плиты и балки устанавливаются на фундамент 50-100 мм выше пола и тщательно выверяют по уровню. Призмы и угольники служат для установки и закрепления сборочных единиц и базовых деталей собираемых машин. Домкраты служат для выверки и поддержки громоздких и тяжелых деталей и сборочных единиц изделия.

Специальные приспособления применяют в крупносерийном и массовом производстве для выполнения определенных сборочных операций. По назначению их делят на два основных типа.

К первому типу относят приспособления для неподвижной установки и закрепления базовых деталей и узлов собираемого изделия.

Для удобства и повышения производительности труда сборщиков приспособления часто выполняют поворотными с вертикальной осью поворота.

Приспособления для закрепления базовых деталей и сборочных единиц могут быть одно- или многоместными.

Работу на многоместном приспособлении ведут по принципу последовательной или параллельной концентрации технологических переходов,

например, при одновременной затяжке резьбовых соединений на всех закрепленных в приспособлении изделиях с помощью многошпиндельного гайковерта.

Приспособления могут быть стационарными и подвижными. Стационарные приспособления устанавливают на верстаках или сборочных стендах, передвижные на тележках или плитах конвейеров.

Ко второму типу специальных сборочных приспособлений относят приспособления для точной и быстрой установки соединяемых частей изделия. Такие приспособления применяют для сварки, пайки, клепки, склеивания, развальцовки, посадки с натягом, резьбовых и других сборочных соединений.

При сборке изделий применяют приспособления для предварительного деформирования собираемых упругих элементов (пружин, рессор, разрезных колец и т.д.), а также для выполнения соединений с натягом, когда при сборке необходимо приложение больших усилий.

Технологическая оснастка для операций механической обработки

Выбор технологической оснастки определяется типом производства и принятым технологическим оборудованием.

Станочные приспособления (СП) применяют для установки заготовок на металлорежущие станки. Различают три вида СП – специальные (одноцелевые, не переналаживаемые), специализированные (узловые, ограниченно переналаживаемые), универсальные (многоцелевые, широко переналаживаемые).

В соответствии с требованиями ЕСТПП различают семь стандартных систем станочных приспособлений:

- универсально-сборные (УСП);
- сборно-разборные (СРП);
- универсальные безналадочные (УБП);
- неразборные специальные (НСП);

- универсальные наладочные (УНП);
- специализированные наладочные (СНП);
- универсально-сборные переналаживаемые (УСПО).

Обоснованное применение СП позволяет достигнуть высоких технико-экономических показателей разрабатываемого технологического процесса. Трудоёмкость и длительность цикла технологической подготовки производства, себестоимость продукции можно уменьшить за счёт применения стандартных систем СП.

В условиях серийного машиностроения выгодны системы СРП, УНП, СНП и другие СП многократного применения.

СП многократного применения выполняют быстрой сборкой из комплекта заранее изготовленных деталей и сборочных единиц.

Базирование центровыми отверстиями применяют при обработке валов на токарных, круглошлифовальных и некоторых других станках. Центровые отверстия выполняют по ГОСТ 14034-74. Применяют стандартные центры и полуцентры, неподвижные, плавающие центры (табл. 23), вращающиеся обратные и рифлёные поводковые.

Установку заготовок наружной поверхностью вращения и перпендикулярной к её оси плоской поверхностью осуществляют с помощью призм, втулок и патронов (табл. 24) при обработке на фрезерных, сверлильных, токарных, шлифовальных и других станках.

Установку заготовок внутренней поверхностью вращения и перпендикулярной к её оси плоской поверхностью осуществляют с помощью цилиндрических установочных пальцев при обработке заготовок на сверлильных и фрезерных станках или с помощью патронов и оправок (табл. 25).

Они имеют поверхности для ориентации режущего инструмента и занимают на корпусе приспособления требуемое положение относительно элементов для базирования заготовки.

Таблица 23 – Стандартизованные центры и полуцентры

Наименование	Обозначение стандарта ГОСТ	Размер хвостовика	Отклонение угла рабочего конуса '	Радиальное биение поверхности рабочего конуса относительно конуса хвостовика, мм
Центры: упорные с конусностью 1:10 и 1:7 то же, с отжимной гайкой упорные	18259-72 18260-72	Диаметр D = 80...200 мм	+20	При нормальной точности 0.01; при повышенной точности 0.005
	13214-79 (в ред. 1992г.)	Конус Морзе 0...6; конус метрический 80, 100	При нормальной точности +10; при повышенной точности +5	
Полуцентры: упорные	2576-79 (в ред. 1992г.)	Конус Морзе 0...6		
упорные с отжимной гайкой	2575-79 (в ред. 1992г.)	Конусы: Морзе 0...6: метрические: 80; 100; 120		
Центры вращающиеся для установки заготовок с центровыми оверстиями или коническими фасками (см. рис. 5)	8742-75	Конусы Морзе: 2...6 для нормальной серии; 4...6 для усиленной серии	±20	Для нормальной серии 0.012; для нормальной серии повышенной точности 0.006; для усиленной серии 0.016

Таблица 24 – Характеристики патронов

Патроны	ГОСТ	Технологические базы заготовок		Суммарная, сила закрепления, кН
		D ₆ мм	Состояние	
Двухкулачковые: винтовые спирально-реечные	14903-69 ред. 1988г.	10 - 175	Необработанные	Десятки килоньютонов
Трехкулачковые спирально-реечные класса точности: особовысокой А высокой В повышенной П нормальной Н	2675-80 ред. 1988г.	4 - 85*1 35 - 200	Обработанные	
		4 - 170 25 - 400		
Токарные самоцентрирующие трех- и двухкулачковые *2; клиновые рычажно-клиновые	24351-80 ред. 1988г.	25 - 250 25 - 400	Необработанные и предварительно обработанные	200 - 500 40-250
Цанговые*3	2876-80; 2877-80 в ред. 1991г.	2 - 125	12 - 14-й квалитеты	Десятки килоньютонов

Продолжение табл. 24

Патроны	Точность установки в осевом направлении, мкм	Допуски биений, степени точности по ГОСТ 24643-81		Применяют на станках
		радиальных	торцовых	
Двухкулачковые: винтовые спирально-реечные	15 - 100	9 - 10		Токарных
Трехкулачковые спирально-реечные класса точности: особовысокой А высокой В повышенной П нормальной Н	25 - 110	5 - 8	5 - 6	Токарных, шлифовальных
		6 - 9	7 - 8	
	30 - 120	7 - 10	8 - 9	Токарных
		8 - 10		

Продолжение табл. 24

Токарные самоцентрирующие трех- и двухкулачковые *2; клиновые рычажно-клиновые	25 - 110	- -	- -	Токарных автоматах и полуавтоматах: горизонтальных вертикальных
Цанговые*3		5 - 10	7 - 10	Токарно-револьверных автоматах
<p>*1 В числителе указаны размеры заготовки из прутка, в знаменателе - штучной.</p> <p>*2 Изготавливают классов точности Н, П, В, А. Допуски радиального и торцового биений для этих патронов принимают в зависимости от класса точности.</p> <p>*3 Точность установки заготовок в цанговом патроне в осевом направлении, мкм: 40 - 200 для калиброванного прутка с предварительно обработанной базой: 20 - 80 с чисто обработанной базой.</p>				

При настройке станка на необходимые размеры используют установовы (табл. 26 и 27).

Кондукторные втулки (ГОСТ 26232-84 – ГОСТ 26238-84, ГОСТ 15362-73, ГОСТ 18429 -73 – ГОСТ 18435 -73) применяют при обработке отверстий на станках сверлильно-расточной группы для направления режущего инструмента и ограничения его прогибов под действием неуравновешенной радиальной составляющей силы резания, что существенно повышает точность отверстий по параметрам отклонений диаметрального размера, формы, расположения оси на входе и выходе.

Магнитные приспособления (ГОСТ 17519-87, ГОСТ 16528-87, ГОСТ 24568-81) предназначены для закрепления заготовок из ферромагнитных материалов при их обработке на плоскошлифовальных станках.

Для установки заготовок на станках токарной группы. Наиболее широкое применение находят самоцентрирующие и поводковые патроны (табл. 30, 31).

Таблица 25 – Характеристики типовых оправок

Оправки	ГОСТ	Размеры заготовок, мм		Точность обработки базовой поверх- ности, квалитеты	Суммарная сила закрепле- ния
		диаметр отверстия	длина		
Цилиндрические для установки заготовки с гарантированным зазором: шпиндельные центровые (с упорным буртом) гидропластмас- совые* ¹		16 - 100	25 - 125		Десятки килонью- тонов
		28 - 100	45 - 155		
		28 - 150	20 - 1000		Давление 5 - 25* ² МПа
Прессовые		30 - 60	30 - 100		Десятки мегапас- калей
Центровые для точных работ: тип 3 (ступенчатые) тип 2 (с одной ступенью) тип 1 (конические)	31.1066.0 3-97	3 – 50	8 – 75	4 – 6	Десятки килонью- тонов
		8 – 80	16 – 180	6 – 7	
		3 – 100	4.5 – 150	6 – 9	
С гофрированными втулками	31.1066.0 1-85	31 - 100	9 - 115	6 - 8	Десятки килонью- тонов
С разрезной цангой: шпиндельные фланцевые* ³ центровые* ⁴	31.1066.0 2-85	32 - 107.35	20 - 145	7 - 16	Десятки килонью- тонов
		50 - 107.35	24 - 145		
		16 - 107.35	14 - 145		
Кулачковые* ⁵ : шпиндельные фланцевые	31.1066.0 4-97	36 – 90	5 - 120	8	
		80 - 140	5 - 140		

Таблица 26 – Установы высотные

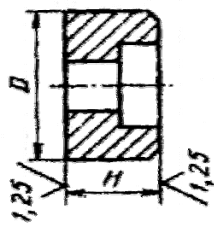
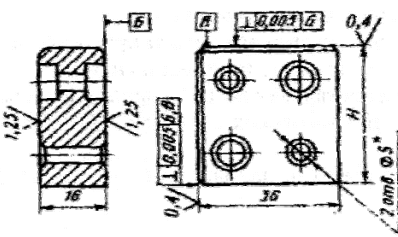
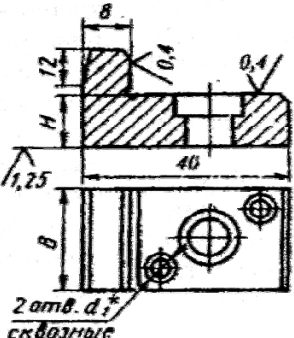
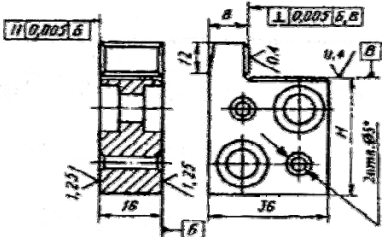
Установы	ГОСТ (в ред. 1989 г.)	Эскиз	Размеры, мм	
Высотные	13443–68		<i>D</i>	<i>H</i> (поле допуска <i>h6</i>)
			16	8
			25	10
			40	12
Высотные торцовые	13444–68		<i>H</i> выбирают из ряда: 32, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 Материал – сталь У7А, 56 ... 61 HRC	

Таблица 27 – Установы угловые

Установы	ГОСТ (в ред. 1989 г.)	Эскиз	Размеры, мм	
Угловые	13445–68		<i>B</i>	<i>H</i>
			16	8
			25	10
			40	12
			Материал – сталь 20Х, 56 ... 61 HRC	
Угловые торцовые	13446–68		<i>H</i> выбирают из ряда: 32, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 Материал – сталь 20Х, 56 ... 61 HRC	

* Размер – после сборки. Отверстия под штифт развернуть с полем допуска К7. Допускается в обоснованных случаях отверстия под штифт развернуть с полем допуска Н7.

Таблица 28 – Технические характеристики токарных самоцентрирующих клиновых быстропереналаживаемых патронов

Параметр	ПЗК- 200Ф6	ПЗК- 250Ф6	ПЗК- 315Ф8	ПЗК- 400Ф11	ПЗК- 400Ф8
Диаметр наружный	200	250	315	400	
Диаметр присоединительного конуса	106,375	106,375	139,719,	196,869	
Высота патрона Н	105	105	125	135	
Диаметр изделия, зажимаемого в прямых кулачках:					
наименьший	20	20	30	30	
наибольший	80	100	140	150	
Диаметр изделия, зажимаемого внутренними ступенями кулачков:					
наименьший	80	90	100	100	
наибольший	200	250	315	400	
Диаметр изделия, зажимаемого наружными ступенями кулачков:					
наименьший	80	90	100	130	
наибольший	190	240	300	360	
Сила зажима, кН, не менее	40	50	60	60	
Масса патрона, кг	35.7	41.7	75.8	119	

Преимущественное распространение для универсальных станков и станков с ЧПУ фрезерно-сверлильно-расточной группы получили переналаживаемые стандартные системы станочных приспособлений УБП, УНП, СНП, УСП, СРП и УСПО, например, тиски пневматические поворотные с переустанавливаемой опорной губкой; универсально-наладочные тиски с пружинно-гидравлическим приводом.

Специализированные наладочные приспособления предназначены для установки родственных по конфигурации деталей различных типоразмеров на станках с ЧПУ сверлильной и фрезерной групп. Основой приспособлений является плита или угольник с сеткой координатно-фиксирующих и крепежных отверстий, предназначенных для базирования и закрепления

устройств, обеспечивающих стабильность положения заготовок при их обработке.

В качестве базирующих устройств применяют упоры, призмы, губки тисков, кулачки патронов и др.

В качестве зажимных устройств применяют губки, кулачки, прихваты и другие элементы, связанные со штоком гидроцилиндра.

Сменные наладки для установки конкретных заготовок фиксируются по точным пазам или отверстиям, выполненным на базовых поверхностях приспособлений.

Сборно-разборные приспособления предназначены для установки различных по конфигурации заготовок при механической обработке на фрезерных и сверлильных станках с ЧПУ в серийном производстве.

Система сборно-разборных приспособлений применяется для многоцелевых станков – обрабатывающих центров.

Таблица 29 – Технические характеристики токарных
быстропереналаживаемых универсальных патронов

Параметр	ПЗК-У- 250Ф6.93	ПЗК-У- 315Ф8.93	ПЗК-У- 315Ф8.95	ПЗК-У- 400Ф8.93	ПЗК-У- 400Ф8.95
Наружный диаметр	250	315	315	400	400
Высота патрона	120	150	150	150	165
Диаметр зажимаемой заготовки в прямых кулачках	20-100	30-140	30-140	30-150	30-150
Диаметр зажимаемой заготовки внутренними ступенями кулачков	90-250	100-315	100-315	140-400	140-400
Диаметр зажимаемой заготовки наружными ступенями кулачков	90 -240	100 -300	100 -300	130 -360	130 - 300
Диаметр заготовки при обработке в центрах	20 -100	100 -120	30 - 120	30 - 120	30 - 120

Оправки могут использоваться как самостоятельные станочные, контрольные и сборочные приспособления, применяться в качестве вспомогательного инструмента (для закрепления режущего инструмента), а также входить в состав конструкций различной оснастки для базирования, центрирования, зажима, ориентации и выполнения других функций.

При механической обработке оправки применяют в случае, когда необходимо обеспечить высокую степень concentричности обрабатываемых наружных поверхностей относительно внутренних у деталей типа дисков, колец, втулок, гильз, стаканов, фланцев, шестерен и др.

Станочные оправки применяются на токарных, шлифовальных, фрезерных, зубообрабатывающих, протяжных, отделочных и других операциях.

Самоцентрирующие зажимные оправки позволяют одновременно центрировать и закреплять заготовки по центральному отверстию.

По способу установки на станок, определяемому конструкцией шпинделя, оправки подразделяются на центровые, фланцевые и консольные (шпиндельные).

Центровые оправки отличаются большей жесткостью по сравнению с фланцевыми и шпиндельными, следовательно, и точностью. Они обычно применяются при обработке сравнительно длинных заготовок. Центровые отверстия оправок выполняют по форме Т, а для точных работ по форме R (ГОСТ 14034-74).

Для передачи крутящего момента со шпинделя станка на центровую оправку применяют стандартизованные поводковые хомуты, резьбовые и фланцевые поводковые патроны, а также различные специальные поводковые устройства.

Фланцевые и шпиндельные оправки применяют при обработке коротких заготовок ($L/D \leq 1$). Они имеют невысокую жесткость из-за консольного расположения на шпинделе. Поджатие задним центром повышает жесткость оправки.

Шпиндельными оправками оснащаются станки, шпиндели которых имеют коническую расточку. Хвостовик шпиндельной оправки должен быть надежно затянут в шпиндель с помощью резьбового шомпола. Фланцевыми оправками оснащают станки, передние концы шпинделей которых могут быть резьбовыми (ГОСТ 16868-71), фланцевыми с направляющим конусом (ГОСТ 12595-85), фланцевыми под поворотную шайбу (ГОСТ 12593-93).

Оправки принято делить на:

- жёсткие, центрирующие, зажимные механизмы которых имеют постоянные размеры;
- разжимные, у которых диаметральный размеры центрирующего зажимного механизма изменяются.

К жестким оправкам относятся конические, пресовые, резьбовые, шлицевые, цилиндрические с гарантированным зазором, со сферическими базовыми элементами.

Разжимные оправки могут быть с жёсткими центрирующими зажимными элементами (кулачковые, винтовые, грибковые, самотормозящиеся и др.) и с пружинящими (цанговые, с тарельчатыми пружинами, с гофрированными втулками, гидропластмассой и др.).

Выбор оправки зависит от многих факторов:

- назначения (станочные, контрольные, сборочные, вспомогательный инструмент);
- требований к точности обработки;
- габаритных размеров заготовок;
- точности и качества подготовки баз (черновые или чистовые);
- конструктивных особенностей обрабатываемых заготовок и баз (длинные нежесткие, тонкостенные, РК- профильные и т.п.);
- материала изделия (сталь, пластмасса, керамика и т.п.);
- годовой программы выпуска изделий и трудоемкости операций;
- планируемой продолжительности выпуска;

- вида оборудования;
- вида операций и режимов обработки;
- организационных форм процесса изготовления деталей.

Во многих случаях главным показателем точности обработки на оправках является отклонение от соосности установочного отверстия и обработанной наружной поверхности.

В табл. 30 приведены усредненные значения точности центрирования оправок в зависимости от конструкции с указанием требований к точности баз заготовок и особенностей эксплуатации.

Под термином “точность центрирования” понимают получаемые смещения оси посадочного отверстия детали относительно оси вращения оправки.

Таблица 30 - Усредненные значения точности центрирования оправок

Тип оправок	Квалитет обработки базы (d_1) заготовки	Точность центрирования, мм	Область рационального применения и особенности эксплуатации
1. Цилиндрические для установки заготовок с гарантированным зазором и с креплением гайкой по торцу	7 - 10 (обычно 7)	0,02 – 0,03	Обеспечивают стабильное положение заготовок вдоль оси. На настроенных станках при повышенных требованиях к точности линейных размеров; точность обработки не зависит от отклонений формы цилиндрической базы заготовки. Позволяют реализовать многоместную высокопроизводительную обработку
1.1 Цилиндрические центровые (ГОСТ 16212-93)	6-7	Зависит от зазора	Точность установочных поверхностей оправки по $h6, k6$: $d_3=8...80\text{мм}$ $L_{\text{опр}}=36...280\text{мм}$

Тип оправок	Квалитет обработки базы (d_1) заготовки	Точность центрирования, мм	Область рационального применения и особенности эксплуатации
1.2 Цилиндрические ступенчатые центровые (ГОСТ 16213-93)	То же	То же	То же
2 Цилиндрические прессовые	Св.7	0,005-0,010	Точная установка заготовок по цилиндрическому и шлицевому отверстию. Нестабильное положение заготовки вдоль оси оправки. $d_3=3\ldots 100\text{мм}$ $L_{\text{опр}}=50\ldots 435\text{мм}$
3 Конические (ГОСТ 16211-93)	6-9		
4 Цанговые	6-9	0,02 – 0,10	Для точной обработки. Отклонение установочного диаметра оправки по 6-му квалитету
5 Разжимные цилиндрические с прорезями на рабочей шейке	8-12	0,02 – 0,40	Для закрепления заготовок затяжкой внутреннего конуса
6 С гофрированными центрирующими втулками (ГЦВ)	5 - 7, $d_3 < 35\text{мм}$ Св.9, $d_3 > 35 \text{ мм}$	0,002 – 0,005	Наиболее точные оправки. Прецизионная обработка. Приращение установочной базы ГЦВ $\Delta D \leq 0.003 D$
7 С тарельчатыми пружинами	7-11	0,01 – 0,03	Для чистовой обработки на токарных и шлифовальных станках $d_3 = 25\ldots 200 \text{ мм}$, $\Delta D^{\text{пруж}} = 0,15\ldots 0,4 \text{ мм}$
8 С гидропластмассой и жидкостные, при l_3	7-9	0,03-0,01; 0,01-0,02	Для обработки точных зубчатых колес, колец, гильз, втулок с цилиндрической базой $d = 28\ldots 100\text{мм}$, D по 6 – 7-му квалитетам

Тип оправок	Квалитет обработки базы (d_1) заготовки	Точность центрирования, мм	Область рационального применения и особенности эксплуатации
9 Самозажимные: однороликовые и трехроликовые	9-12	0,1 – 0,05	Для обработки на токарных станках при передаче большого $M_{кр}$, в частности, на многорезцовых станках. Нельзя обрабатывать заготовки с окончательно обработанной базой и тонкостенные
10 Клино-плунжерные, кулачковые	Не регламентируется	0,05 – 0,1	Широкодиапазонные для деталей, имеющих сравнительно большое необработанное или грубо обработанное отверстие
11 Мембранные и другие с упругодеформируемыми элементами	5-7	0,004 – 0,007	Для центрирования деталей типа втулок, колец, дисков
12 С упругими втулками и роликами, опирающимися на тела, имеющие форму гиперболоида вращения	7-8	0,003 – 0,008	Чистовая обработка при небольших моментах $M_{рез}$
13 С резиновыми кольцами	12-14	0,05 - 0,1	На токарном и круглошлифовальном станках для обработки заготовок со свободными отклонениями размеров цилиндрических баз
14 Зубчатые (шлицевые) прямообразные	7	До 2	Для установки заготовок по базовому зубчатому отверстию прямообразного профиля зубьев при обработке на станках

Тип оправок	Квалитет обработки базы (d_1) заготовки	Точность центрирования, мм	Область рационального применения и особенности эксплуатации
14.1 Центровые	-	-	$D_3^{\text{впадин}} = 32 \dots 102$ мм, отклонения $D_3^{\text{впадин}}$ по 6 квалитету. $L = 140 \dots 345$ мм
14.2 Шпиндельные	-	-	$D_3 = 14 \dots 82$ мм, отклонения $D_3^{\text{впадин}}$ по 6 квалитету. $L = 148 \dots 410$ мм

Отклонения формы цилиндрических баз заготовок также влияют на отклонения формы обработанных поверхностей.

Переменная жесткость оправок всех типов также приводит к отклонениям профиля продольного сечения, а для симметричного зажима – поперечного сечения.

В общем случае отклонения от соосности поверхностей вращения и торцовые биения колец и втулок, обработанных с использованием различных оправок, зависят от конструктивных особенностей, точности изготовления и износа оправок, состояния станка, размеров и качества заготовок, применяемого метода обработки (табл. 31-33).

Кулачковые оправки применяют для обработки зубчатых колес, толстостенных колес, втулок, гильз на зубообрабатывающих, токарных, круглошлифовальных и других металлорежущих станках. В качестве технологических баз используют центральное отверстие и торец заготовки. Кулачковые оправки обеспечивают большой радиальный ход кулачков, что позволяет использовать их для установки заготовок с различными номинальными диаметрами базовых отверстий (ГОСТ 31.1066.04-97).

Достижимая точность обработки при использовании кулачковых оправок приведена в табл. 32.

Таблица 31 – Степень точности формы и расположения поверхностей колец и втулок, достигаемая при обработке с использованием оправок

Тип оправки	Степени точности
Центровые ступенчатые (ГОСТ 16213 - 93):	
с тщательной селективной подборкой заготовок	1 - 2
без тщательной селективной подборки заготовок	3 - 5
Центровые (ГОСТ 16211 - 93)	2 - 5
Прессовые	4 - 6
Конические центровые (ГОСТ 16211 - 93)	4 - 7
Гидропластмассовые	3 - 6
Мембранные	3 - 6
Цанговые	5 - 10
Самозажимные	9 - 10
С гофрированными втулками	2 - 4
С разрезной цангой улучшенного типа	2 - 5
Кулачковые улучшенного типа с четным числом кулачков $n \geq 6$	2 - 5
С упругими разжимными шайбами	4 - 9
С резиновыми кольцами	6 - 11

Таблица 32 – Степень точности и расположения торцовых поверхностей колец и втулок, достигаемые при обработке с использованием точных оправок

Оправки	Степени точности
С гофрированными втулками	2 - 5
С разрезной цангой улучшенного типа при установке:	
втулки, длина базы которой	
примерно равна длине цанги	2 - 4
кольца по середине цанги	3 - 5
кольца на краю цанги	8 - 11
Кулачковые улучшенного типа с четным числом кулачков $n \geq 6$	5 - 7

Таблица 33 – Коэффициент технологического наследования отклонений формы базы заготовок при использовании некоторых точных оправок

Оправки	Метод обработки	$K = \Delta_6/\Delta_0$
С гофрированными втулками	Точение Шлифование	1,5 3,5
С резной цангой улучшенного типа	Точение Шлифование	1,5 4,0
Кулачковая улучшенного типа	Точение Шлифование	1,3 1,6
Примечание: Δ_6 и Δ_0 - отклонение от круглости базы и обработанной поверхности вращения соответственно.		

Таблица 34 – Точность обработки при использовании кулачковых оправок

Вид обработки		Отклонение формы и расположения поверхностей, обработанных на оснащаемой операции	Степень точности обработки по ГОСТ 24643-81
На оснащаемой операции	Технологических баз заготовки		
Т; Ш	Т; Ш	Отклонение от круглости	2 ... 4
Т	Т	Отклонение от соосности	3 ... 5
Ш	Т		3 ... 4
Т	Ш		2 ... 4
Ш	Ш		1 ... 3
Т	Т	Радиальное биение	3 ... 5
Ш	Т		2 ... 5
Т	Ш		2 ... 5
Ш	Ш		2 ... 4
Т	Т	Торцовое биение	6 ... 8
Ш	Т		
Т	Ш		
Ш	Ш		

4.5.5 Выбор режущих инструментов

При выборе режущего инструмента следует ориентироваться в основном на стандартизованный инструмент [20, т. 2, гл. 3; 21, т. 2, гл. 3]. В необходимых случаях проектируют и изготавливают специальный инструмент.

Выбор конструкции, размеров режущего инструмента, его точности зависят от технологической операции, выполняемого перехода, размеров обрабатываемой поверхности, ее точности и шероховатости.

Выбор режущей части инструмента определяется свойствами обрабатываемого материала и условиями выполнения операции и перехода. Основными материалами режущих инструментов являются быстрорежущие, легированные и углеродистые инструментальные стали, твердые сплавы, минералокерамические сплавы и синтетические сверхтвердые материалы (алмаз, эльбор, гексанит и др.).

Эксплуатационные и технологические свойства и рекомендуемые области применения наиболее распространенных быстрорежущих сталей приведены в табл. 35.

Основные типы и размеры стандартных сверл и разверток приведены в табл. 36-37.

Для черновой и чистовой обработки отверстий и плоскостей применяют комбинированные инструменты, составленные из сверл, зенкеров, разверток, метчиков, фрез [21, т. 2, гл.3, табл.63, 64].

Основные типы стандартных протяжек для внутреннего протягивания приведены в табл. 38.

Таблица 35 – Выбор марок быстрорежущей стали для различных режущих инструментов

Марка стали	Прочность, износостойкость	Шлифуемость	Изготавливаемый инструмент
P10K5Ф5, P12M3Ф2K8, P6M5Ф2K8	Повышенная вторичная твердость, высокая износостойкость	Низкая; рекомендуется применение эльборовых шлифовальных кругов	Простой формы с малым объемом шлифовальных поверхностей (резцы, сверла, зенкеры и др.), для обработки высокопрочных, коррозионно-стойких и жаропрочных сталей и сплавов, материалов, обладающих абразивными свойствами в условиях повышенного разогрева режущей кромки
P6M5K5-МП², P9K5-МП²	Износостойкость в 1,5 - 2,5 раза выше, чем аналогичных марок обычного производства	Удовлетворительная	Режущий инструмент для обработки высокопрочных и жаропрочных сталей и сплавов
P9K5	Повышенная вторичная твердость	Пониженная, близкая к стали P9	Для обработки сталей и сплавов повышенной твердости и вязкости; пригодна для работы с ударом
P9K10	Повышенная вторичная твердость (пониженная ударная вязкость)		С малым объемом шлифовальных поверхностей, для обработки коррозионно-стойких, жаропрочных, а также повышенной твердости и вязкости сталей и сплавов

*1Безвольфрамовые быстрорежущие стали.

*2Стали, полученные методом порошковой металлургии.

Таблица 36 – Основные типы и размеры (мм) сверл

Наименование	Стандарты или ТУ (в ред. 1988 г.)	Диаметр сверла d	Длина сверла L	Длина рабочей части l
Сверла спиральные из быстрорежущей стали с цилиндрическим хвостовиком:				
короткая серия	ГОСТ 4010-77	0,5 - 20	20 - 131	3 - 66
средняя серия	ГОСТ 10902-77	0,3 - 20	19 - 205	3 - 140
длинная серия	ГОСТ 886-77	1,0 - 20	56 - 254	33 - 166
длинная серия (с коротким хвостовиком)	ГОСТ 12122-77	1,0 - 9,5	48 - 155	25 - 110
малоразмерные:	ГОСТ 8034-76			
короткая серия		0,1 - 1,5	14 - 32	0,6 - 9,0
длинная серия		0,1 - 1,5	14 - 32	1,2 - 9,0
специальные:	ТУ 2-035-402-75			
исполнение 1		2 - 9	120 -280	50 - 110
исполнение 2		2 - 9	140 -300	55 - 120
для станков с ЧПУ:	ОСТ 2 И20 -1-80			
средняя серия		3 - 20	61 - 205	33 - 140
короткая серия		0,5 - 20	20 - 131	3 - 60
Сверла спиральные из быстрорежущей стали с коническим хвостовиком:				
нормальным	ГОСТ 10903-77	5 - 80	133 -514	52 – 260
усиленным	ГОСТ 10903-77	12 - 76	199 -514	101-260
удлиненные	ГОСТ 2092-77	6 - 30	225 -395	145-275
длинные	ГОСТ 12121-77	6 - 30	160 -350	80 - 230
для станков с ЧПУ	ОСТ 2 И20-2-80	6 - 30	133 -296	57 - 175
с удлиненной рабочей частью и с подводом СОЖ	ТУ 2-035-721-80	10 - 55	210 -600	130-415
Сверла из быстрорежущей стали специализированные и специальные:				
спиральные с износостойким покрытием нитридом титана	ТУ 2-035-813-81	5 - 20		
ступенчатые для одновременного снятия фаски и сверления под резьбу (для автоматической линии):				
с цилиндрическим хвостовиком	ОСТ 2 И 21-1-76	Под резьбу М6 -М10	-	-
с коническим хвостовиком	ОСТ 2 И20-2-76	Под резьбу М6 -М27	-	-

Таблица 37 – Основные типы и размеры (мм) разверток

Развертки	ГОСТ	<i>D</i>	<i>L</i>	<i>l</i>
Машинные цельные: с цилиндрическим хвостовиком с коническим хвостовиком насадные $d = 13 \dots 22$ мм	1672-80 (в ред. 1995 г.)	1,4 - 20 5,5 - 50 25 - 50	40 - 195 138 - 344 45 - 63	8 - 60 26 - 86 32 - 45
Машинные с удлиненной рабочей частью: с цилиндрическим хвостовиком с коническим хвостовиком	1172-70	3 - 10 7 - 36	80 - 140 134 - 380	25 - 80 54 - 210
Машинные цельные из твердого сплава: с цилиндрическим хвостовиком и канавками: прямыми винтовыми с коническим хвостовиком и канавками прямыми и винтовыми	16086-70	1 - 10 3 - 10 6,5 - 12	60 - 100 60 - 100 120 - 150	60 - 100 60 - 100 18 - 22
Машинные котельные с коническим хвостовиком	18121-72 (в ред. 1998 г.)	6,4 - 40	155 - 375	75 - 230
Машинные цилиндрические для обработки отверстий в деталях из легких сплавов: с цилиндрическим хвостовиком с коническим хвостовиком насадные $d = 13 \dots 40$ мм с зубьями: прямыми винтовыми торцовыми насадные со вставными ножами из быстрорежущей стали $d = 16 \dots 32$ мм	19268-73 20388-74 20389-74 20390-74 20392-74	25 - 80 25 - 80 25 - 80 25 - 80 40 - 80	45 - 90 45 - 90 45 - 90 45 - 90 54 - 84	32 - 63 32 - 63 32 - 63 32 - 63 28 - 36
Машинные со вставными ножами из быстрорежущей стали: с коническим хвостовиком насадные $d = 16 \dots 40$ мм	883-80	32-50 40-100	292-344 63-90	38-45 40-56

Развертки	ГОСТ	<i>D</i>	<i>L</i>	<i>l</i>
Машинные со вставными ножами, оснащенными твердосплавными пластинами, для обработки сквозных отверстий в деталях из коррозионно-стойких и жаропрочных сталей и сплавов, насадные $d = 22; 27; 32$ мм	21527-76	50-80	58-68	26-32
Машинные, оснащенные твердо сплавными напаиваемыми пластинами: с коническим хвостовиком насадные $d = 13 \dots 32$ мм	28321-89	10-32 25-80	140-240 45-80	16-22 22-32
Сборные с привернутыми ножами, оснащенные пластинами из твердого сплава, насадные $d = 22 \dots 80$ мм	11176-71	52-300	55-100	25-58
Ручные цилиндрические	7722-77	1-60	38-406	12-20
Ручные разжимные	3509-71	18-50	110-380	50-150
Машинные конические конусностью 1:50: с цилиндрическим хвостовиком с коническим хвостовиком	10081-84	2-12 5-50	86-290 155-550	48-210 73- 360
Машинные конические конусностью 1:30	10082-71	13-100	160-460	80-216
Конические под конусы Морзе: с цилиндрическим хвостовиком с коническим хвостовиком	11181-71		95-310 140-385	64-205 64- 205
Конические под укороченные конусы Морзе	11181-71		55-170	24-90
Конические под метрические конусы конусностью 1:20 : с цилиндрическим хвостовиком с коническим хвостовиком	11183-71 10080-71		50-385 105-505	32-260 32-260
Конические конусностью: 1:16 1:10 1:7	6226-71		100-230	20-52
	11179-71		160-300	90-180
	11180-71		100-240	60-145
Ручные конические конусностью: 1:50 1:30	11177-84		38-460	20-360
	11184-84		120-250	80-168
Обозначения: <i>D</i> - диаметр развертки, <i>L</i> - общая длина развертки; <i>l</i> - длина рабочей части развертки; <i>d</i> - большой диаметр конического посадочного отверстия насадной развертки.				

Таблица 38 – Основные типы стандартных протяжек для внутреннего протягивания

Протяжки	ГОСТ (в ред. 1988 г.)	Назначение
Круглые, переменного резания, диаметром 10 - 13 мм	20364-74	Для обработки отверстий с полями допусков H7, H8, H9. Шероховатость обработанной поверхности $Ra = 0,63 \dots 2,5$ мкм
Круглые, переменного резания, диаметром 14-19 мм	20365-74	То же
Для квадратных отверстий со стороной квадрата, мм: 10-12 св.14 до 60 св. 26 до 41	26478-85 26479-85 26480-85	Для обработки квадратных отверстий с полями допусков H11, D11 и B12. Шероховатость обработанной поверхности $Ra 3,2$
Шлицевые для отверстий с прямобочным профилем с центрированием по наружному диаметру 20-88 мм; комбинированные, переменного резания (одно- и двухпроходные, число шлицев 6, 8, 10)	24818-81 ... 24823-81	Для обработки шлицевых отверстий с прямобочным профилем с полями допусков на наружный диаметр H7, H8 и на ширину впадины F8, F10, J _s 10. Шероховатость обработанной поверхности наружного и внутреннего диаметров $Ra \leq 2,5$
Шлицевые для отверстий с прямобочным профилем с центрированием по внутреннему диаметру; комбинированные, переменного резания (одно- и двухпроходные, число шлицев 6, 8, 10)	25969-83 ... 25974-83	Для обработки шлицевых отверстий с прямобочным профилем с полями допусков на внутренний диаметр H7, H8 и ширину впадины F8, H8, D9, D10, J _s 10. Шероховатость обработанной поверхности наружного и внутреннего диаметров $Ra \leq 2,5$; боковых сторон $Ra \leq 5$
Для шлицевых отверстий с эвольвентным профилем и центрированием по наружному диаметру 12-19 мм, модулем 1-5 мм (одно- и двухпроходимые)	25157-82 ... 25161-82	Для обработки шлицевых отверстий с эвольвентным профилем с полями допусков на наружный диаметр H7, H8 и на ширину впадины H9 и H11. Шероховатость обработанной поверхности наружного диаметра $Ra 1,6$; боковых сторон $Ra 3,2$

Протяжки	ГОСТ	Назначение
Шпоночные для пазов шириной 6-50 мм	18217-90	Для обработки пазов с полями допусков на ширину $H9$, $D10$. Шероховатость обработанной поверхности: боковых $Ra \leq 5$; дна паза $Ra \leq 10$
Шпоночные для пазов шириной 3-10 мм	18218-90	То же
Шпоночные с фасочными зубьями для пазов шириной 3-10 мм	18219-90	Для обработки пазов с полями допусков на ширину $H9$, $D10$. Шероховатость обработанной поверхности: боковых $Ra \leq 5$; дна паза $Ra \leq 10$
Шпоночные для пазов шириной 6 - 50 мм	18220-90	То же. Шероховатость боковых поверхностей $Ra \leq 2.5$; дна паза $Ra \leq 10$

Средства измерения

В справочниках [20, т. 2, гл. 9, 21, т. 11, 114], приведены методики и средства измерения размеров, отклонений формы и расположения поверхностей.

Измерения отклонений взаимного расположения поверхностей предполагает, что одна из поверхностей или её геометрическая ось принимаются за базу.

Методика выполнения измерений включает совокупность операций и правил, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с известной погрешностью.

Шероховатость поверхности контролируют профилометрами, профилографами – профилометрами, различных моделей [21, т. 2, гл. 11, табл. 6-7].

В единичном и мелкосерийном производстве в основном используют универсальные средства измерения. При выборе средств измерений по показателям точности, необходимо чтобы погрешность средства измерения не превышала допускаемой погрешности измерения [21, т. 2, гл.11, табл.15, 16; 114]. Предельные допускаемые погрешности для большинства универсальных средств измерений не превышают половины цены деления.

4.5.6 Нормирование технологического процесса изготовления детали

Разработка технологического процесса изготовления детали завершается установлением норм времени на все технологические операции.

Ниже приведена методика нормирования станочных работ на универсальных станках.

Нормирование станочных работ основано на применении общемашиностроительных нормативов времени и режимов резания для нормирования работ [47-53, 55, 123, 124].

Методика нормирования работ, выполняемых на станках с ЧПУ, приведена в [21, т. 2, гл. 13, с.874-877].

Определение технически обоснованных норм времени на станочные и другие работы необходимо для выбора окончательного варианта технологического процесса, обеспечивающего выполнение технологических требований, предъявляемых к детали, и оптимальных затрат времени, при которых повышается производительность труда и снижается себестоимость заготовки.

Норма времени на станочную операцию:

$$T_{ш} = T_{оп} \cdot [1 + (a_{обс} + a_{отл})/100] , \quad (44)$$

где $T_{ш}$ - штучное время;

$T_{оп}$ - оперативное время;

$a_{обс}, a_{отл}$ - соответственно время на обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности, в процентах от оперативного времени.

Штучное время определяет интервал времени, равный циклу технологических операций к числу одновременно изготавливаемых или ремонтируемых изделий или равный календарному времени сборочной операции.

Цикл технологической операции - это интервал времени от начала до конца периодически повторяющейся технологической операции независимо от числа одновременно изготавливаемых или ремонтируемых изделий.

Оперативное время - часть штучного времени, равная сумме основного и вспомогательного времени:

$$T_{on} = T_o + T_{\epsilon} ,$$

где T_o - основное время;

T_{ϵ} - вспомогательное время.

Основное время (T_o) составляет часть штучного времени, затрачиваемого на изменение и последующее определение состояния предмета труда.

Вспомогательное время (T_{ϵ}) составляет часть штучного времени, затрачиваемого на выполнение приемов, необходимых для обеспечения изменения и последующего определения состояния предмета труда.

Вспомогательное время состоит из времени на установку и снятие детали, времени, связанного с переходом, времени на измерение, смену инструмента и изменение режимов резания.

Нормативы вспомогательного времени на установку и снятие детали даются по видам приспособления вне зависимости от типов станков и предусматривают наиболее распространенные способы установки, выверки и крепления деталей в универсальных и специальных зажимных приспособлениях. В качестве главных факторов, влияющих на время установки и снятия детали, принимаются масса детали, способ установки и крепления заготовки, характер и точность выверки.

Нормативы вспомогательного времени, связанного с операцией, включают время:

- на подвод детали или инструмента от исходной точки в зону обработки и отвод;
- установку инструмента на размер обработки;
- на холостые ходы при переходе от обработки одних поверхностей к другим;
- на установку заданного взаимного расположения детали и инструмента по координатам x , y , z и в случае необходимости на выполнение поднастройки системы СПИЗ.

Основное время устанавливают исходя из наиболее рациональных режимов обработки. Режимы обработки выбирают на основе подбора глубины резания, подачи, скорости резания и стойкости режущего инструмента по рекомендациям, изложенным в подразделе 4.5.5.

Процесс резания осуществляют с помощью двух движений станка: главного движения и движения подачи. Главное движение измеряют числом оборотов или числом двойных ходов детали или инструмента в минуту. Так как вращение детали (токарные станки) или инструмента (фрезерные и сверлильные станки) происходит в результате вращения шпинделя станка, то число оборотов детали или инструмента равно числу оборотов шпинделя. Поэтому при нормировании этих видов работ за основу расчетов принимают число оборотов шпинделя станка в минуту n , при нормировании строгальных работ - число двойных ходов в минуту, обозначаемое также n .

Подачей s называют длину перемещения режущего инструмента за один оборот шпинделя или один двойной ход относительно обрабатываемой детали (токарные, сверлильные, продольно-строгальные станки). На некоторых работах, например фрезерных, за единицу измерения принимают минутную подачу S_m , т.е. подачу за одну минуту и подачу на один зуб многолезвийного инструмента S_z .

Толщина слоя металла, который необходимо снять при обработке поверхности, является припуском на обработку z . Этот припуск можно снимать за один или несколько рабочих ходов инструмента. Толщина срезаемого слоя за один или несколько рабочих ходов - глубина резания t .

Число рабочих ходов при обработке поверхности

$$i = z / t .$$

Основное время определяют на каждый переход, после чего время всех переходов операции суммируют. Основное время:

$$T_o = \frac{L}{S_m} \cdot i , \quad (45)$$

где L - расчетная длина обработки в направлении подачи, равная

$$L = l + l_1 + l_2 .$$

Здесь l - длина обработки по чертежу; l_1 - дополнительная длина на врезание и перебег инструмента; l_2 - дополнительная длина на взятие пробных стружек резания. Минутная подача:

- для точения, сверления и чистового фрезерования

$$S_m = S_o \cdot n ,$$

- для чернового фрезерования

$$S_m = s_i \cdot z \cdot n ,$$

где S_o - подача на оборот детали (сверла, фрезы);

z - число зубьев фрезы.

Рекомендуется следующий порядок расчета норм времени:

1. Назначают глубину резания с учетом режущих свойств инструмента, затем по нормативам устанавливают подачу, скорость резания и необходимую мощность. От глубины резания зависит число рабочих ходов. Из формулы основного времени видно, что оно прямо пропорционально числу рабочих ходов и, следовательно, число рабочих ходов должно быть минимальным. Кроме того, с увеличением числа рабочих ходов увеличивается вспомогательное время (отвод, подвод инструмента). При выборе подачи и глубины резания следует учитывать, что выгоднее работать с большими глубинами резания. Глубина резания может быть увеличена за счет уменьшения подачи.

2. По нормативам в зависимости от глубины, подачи и свойств обрабатываемого материала и режущего инструмента выбирают скорость резания инструмента v . Увеличивать скорость резания за счет подачи не рекомендуется.

3. По формулам и таблицам нормативов определяют расчетное число оборотов шпинделя или число двойных ходов. Численное значение подачи и числа оборотов (двойных ходов) по таблицам корректируют по паспортным данным станка, которые должны быть близки к расчетным.

4. Определяют расчетную длину обработки L , а затем основное время обработки T_o .

5. По нормативам времени устанавливают вспомогательное время на операцию T_e .

6. По нормативам определяют время на обслуживание рабочего места, отдых, личные надобности, а по формуле - норму штучного времени $T_{ш}$.

7. По нормативам устанавливают норму подготовительно-заключительного времени на партию деталей $T_{п.з.}$.

Составляющие времени на выполнение операции изменяются в зависимости от её структуры. Схемы построения станочных операций целесообразно квалифицировать по составу слагаемых времени t_{on} .

Норма времени сокращается уменьшением её составляющих и совмещением нескольких технологических переходов. Основное время снижается в результате применения высокопроизводительных режущих инструментов и режимов резания, уменьшения припусков на обработку, а также числа рабочих ходов и переходов при обработке поверхностей.

Вспомогательное время сокращается уменьшением времени холостых ходов станка, рациональным построением процесса обработки, а также уменьшением времени на установку и снятие заготовок путем использования приспособлений с быстродействующими зажимными устройствами. При одновременном выполнении элементов времени t_o и при совмещении их с элементами времени t_e в составе времени $t_{ш}$ входят лишь наиболее продолжительные (лимитирующие) элементы времени из числа всех совмещаемых.

Остальные составляющие времени $t_{ин}$ берутся в процентах времени $t_{он}$ и мало влияют на структуру операции.

Вспомогательное время при анализе возможностей перекрытия его основным временем нельзя рассматривать как одно целое. Его целесообразно расчленить на пять составляющих:

1. Время t_{yc} установки заготовки и время съема её со станка по окончании обработки; оно включает установку штучных заготовок в приспособления, установку сменных приспособлений - дублеров или спутников в рабочие позиции; при обработке прутков t_{yc} включает время разжима цанги, подачи прутка до упора и разжима цанги.

2. Время t_{yn} на приемы управления станком; оно учитывает пуск и останов станка, переключение скоростей и подач, изменение направления вращения шпинделей или перемещения суппортов, головок и кареток.

3. Время $t_{инд}$ индексации включает время на перемещение частей станка в новые исходные позиции и фиксацию; поворот шпиндельных блоков, столов и барабанов, несущих заготовки, установочное перемещение столов с заготовками или инструментальных блоков; поворот делительных устройств и кондукторов; перемещение заготовок в новые позиции.

4. Время $t_{си}$ смены инструмента при выполнении отдельных переходов операции (время последовательной смены инструментов в быстросменном патроне сверлильного станка; быстросменных кондукторных втулок; расчетных блоков в борштангах и сменных борштанг; поворота резцовых или револьверных головок).

5. Время установки инструмента на стружку и время $t_{изм}$ контрольных измерений при работе методом индивидуального получения размеров; обычно время $t_{изм}$ не удается перекрыть основным временем; однако, применяя автоматизированные методы контроля (например, при шлифовании валов), можно измерять поверхности в процессе их обработки.

Возможность перекрытия элементов времени t_{cu} при выполнении станочных операций зависит от числа устанавливаемых для обработки заготовок, а также от используемых инструментов и порядка обработки заготовок инструментами. По числу устанавливаемых для обработки заготовок схемы станочных операций делят на одно- и многоинструментальные. Последовательная или параллельная работа инструментов при обработке поверхностей заготовки, а также последовательное или параллельное расположение нескольких заготовок относительно режущих инструментов обуславливают схемы операций, различные по условиям совмещения переходов во времени. В зависимости от этого операции могут быть последовательного, параллельного и последовательно- параллельного выполнения.

От числа устанавливаемых для обработки заготовок зависит возможность перекрытия времени их установка и съема. Одноместные схемы обработки исключают возможность перекрытия времени t_{yc} основным временем, и оно входит в состав штучного времени $t_{ш}$. У многоместных схем эта возможность имеется. При последовательных схемах невозможно перекрытие переходов обработки во времени, и во время $t_{шш}$ входит сумма времен всех переходов. Параллельные и параллельно-последовательные схемы дают такую возможность, и учитываемое во времени $t_{ш}$ основное время равно времени лимитирующего перехода или сумме нескольких лимитирующих переходов.

При сочетании указанных признаков формируется несколько схем [26, кн.1]. При одноместной последовательной обработке одним или несколькими инструментами (рис. 34) неперекрываемое время t_o , входящее во время $t_{ш}$, включает сумму времен t_{oi} всех переходов:

$$t_o = \sum_{i=1}^n t_{oi} .$$

При одноместной, одноинструментальной последовательной схеме (рис. 34, а)

$$t_o = t_{yc} + t_{yn} .$$

При обработке несколькими сменяемыми инструментами (рис. 34, б)

$$t_{\text{с}} = t_{\text{yc}} + t_{\text{ynв}} + t_{\text{cu}} .$$

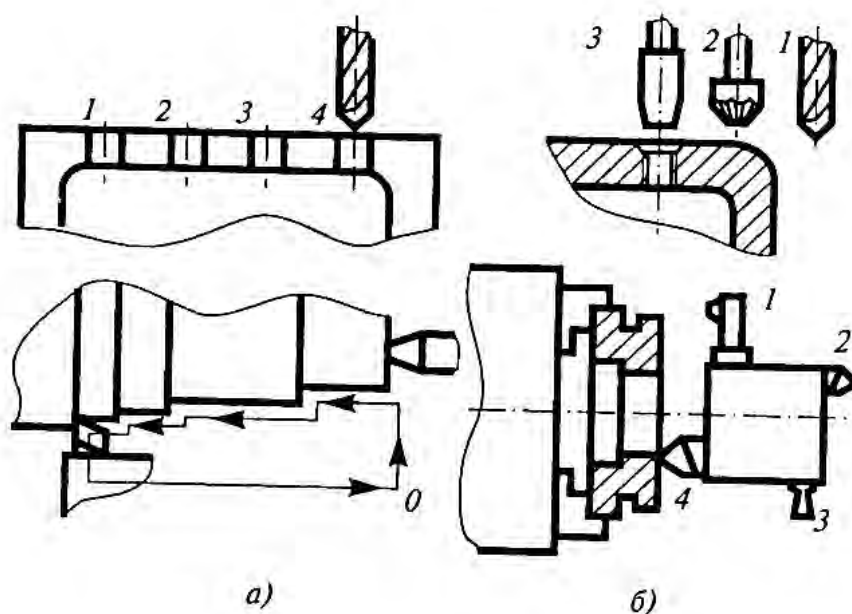


Рисунок 34 – Одноместная последовательная обработка:

а – одним; б – несколькими инструментами

Иногда в формула для расчета вместо t_{cu} входит $t_{\text{инд}}$, что имеет место при последовательном повороте четырехрезцовой головки при токарной обработке.

Основное время при одноместной параллельной обработке (рис. 35) определяется продолжительностью лимитирующего фактора (наиболее длительного) перехода, перекрывающего все остальные переходы:

$$t_o = t_{oi} .$$

Параллельно-последовательные схемы имеют место при одновременной обработке нескольких поверхностей заготовки и в нескольких позициях последовательно (см. рис. 36, а); при этом заготовка или инструменты меняют позиции путем поворота инструментального блока. Неперекрываемое время t_o представляет собой сумму времени нескольких лимитирующих переходов, остающихся неперекрытыми:

$$t_o = \sum_{i=1}^n t_{oi} .$$

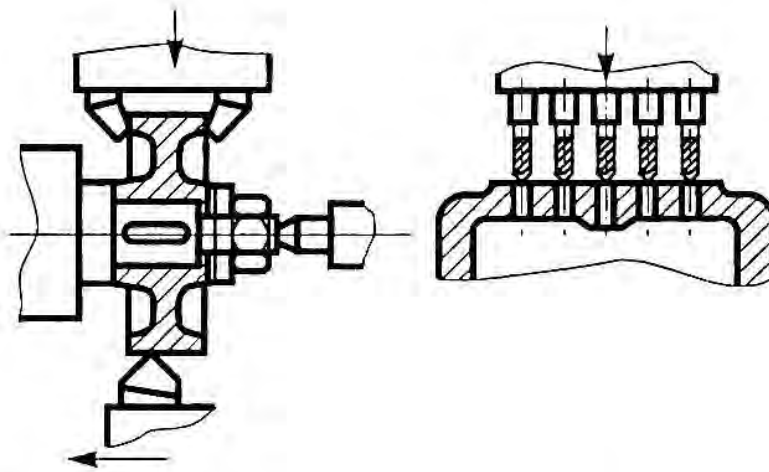


Рисунок 35 – Одноместная параллельная обработка

Вспомогательное время операции $t_v = t_{yc} + t_{yn} + t_{инд}$. Иногда в формулу вместо $t_{инд}$ входит время $t_{си}$; это, в частности, имеет место при последовательном перемещении многошпиндельной сверлильной головки (рис. 36, б).

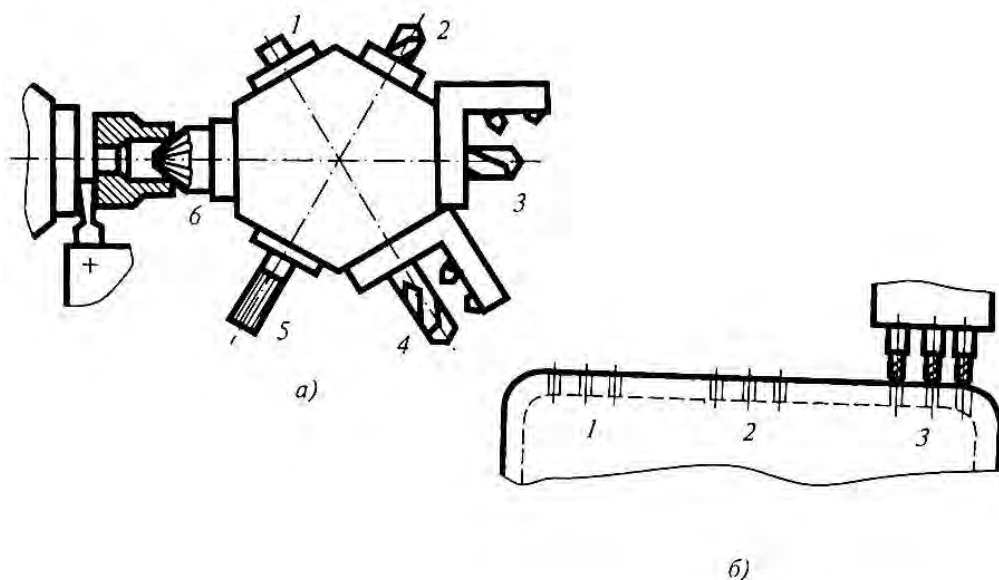


Рисунок 36 – Параллельно-последовательные схемы обработки:

а – одним и несколькими инструментами; б – несколькими инструментами

Для многоместных схем характерно более эффективное, чем для одностестных схем, совмещение элементов t_o и перекрытие элементов времени t_e . Возможны такие схемы, при которых время t_o перекрывает время t_{yc} ; в некоторых случаях время t_e исключается полностью.

Многоместные схемы могут осуществляться в трех основных вариантах:

1. Обрабатывают операционную партию заготовок, устанавливаемых на станке одновременно (шлифование на магнитной плите партии мелких заготовок).

2. Заготовки или группы заготовок устанавливают в свои приспособления независимо от других и обрабатывают поочередно (фрезерование заготовок маятниковой подачей или в поворотных приспособлениях).

3. Обработку ведут на непрерывно вращающемся столе или барабане.

В многоместных схемах с одновременной установкой операционной партии время обработки заготовки определяется путем деления общих затрат времени на число заготовок в операционной партии. На обработку одной заготовки в этом случае приходится меньше времени, чем в случае одностестных схем. В многоместных схемах время t_o часто существенно сокращается за счет времени врезания и сбегания инструмента. Время t_e при установке операционной партии Z несколько возрастает, но на одну заготовку оно значительно меньше, чем в одностестных схемах.

При многоместной последовательной обработке (рис. 37) заготовок одним (рис. 37, а) или несколькими инструментами (рис. 37, б)

$$t_o = \frac{\sum_{i=1}^n t_{oi}}{Z}.$$

При многоинструментальной параллельной обработке (рис. 38, а) возможно совмещение переходов основного времени, которое в этом случае определяется лимитирующим переходом

$$t_o = \frac{t_{oi}}{z}.$$

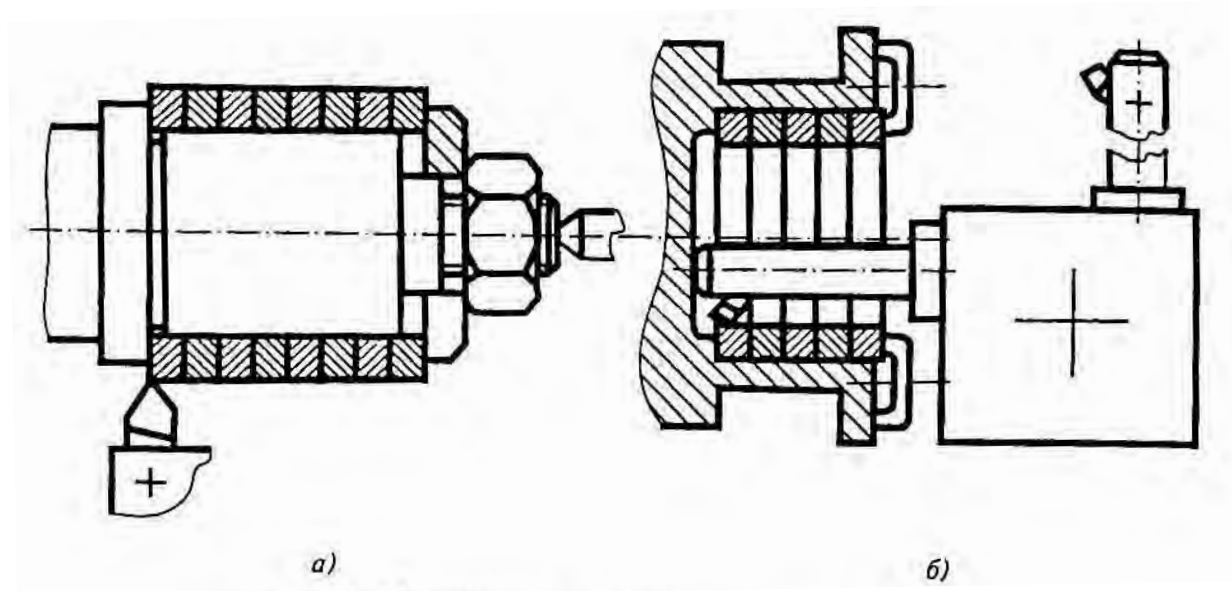


Рисунок 37 – Многочестная последовательная обработка:

а – одним; б – несколькими инструментами

При параллельно-последовательном расположении заготовок (рис. 38,б) возможно частичное совмещение переходов, и время t_o определяется суммой времен нескольких неперекрывааемых переходов:

$$t_o = \frac{\sum_{i=1}^n t_{oi}}{z}.$$

Для многоместных схем с одновременной установкой заготовок при одноинструментальной обработке:

$$t_o = \frac{t_{yc} + t_{yn}}{z}.$$

При параллельной и параллельно-последовательной многоинструментальной обработке:

$$t_{\text{с}} = \frac{t_{\text{yc}} + t_{\text{yn}} + t_{\text{cu}}}{z}.$$

В некоторых случаях время t_{cu} заменяется временем $t_{\text{инд}}$.

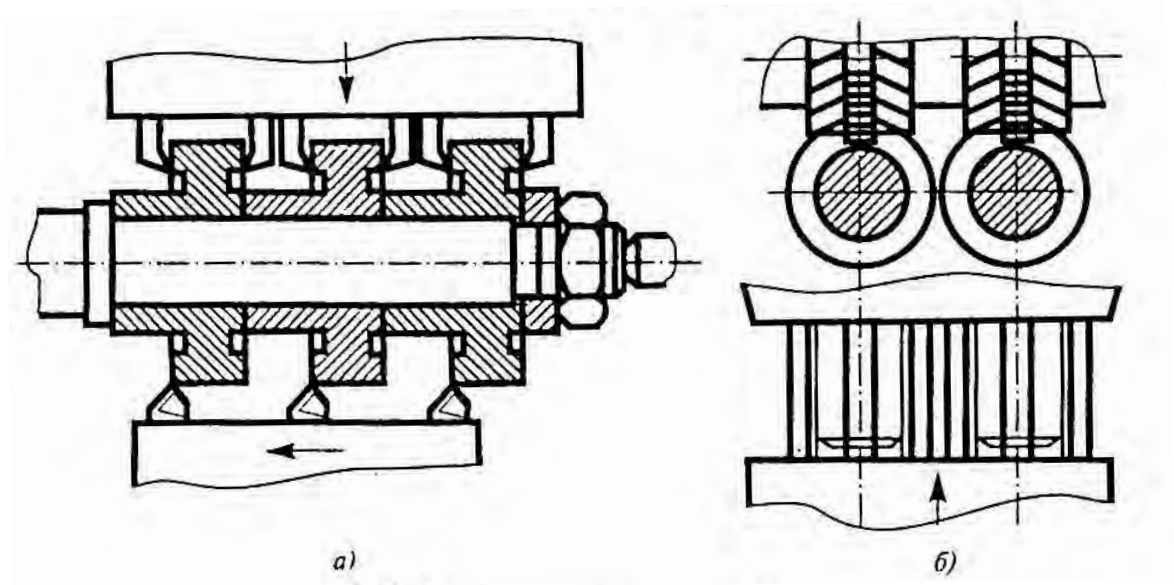


Рисунок 38 – Многоинструментальная обработка:
а – параллельная; б – параллельно-последовательная

Многоместные схемы с независимой (раздельной) установкой заготовок (или группы заготовок) более производительны, так как они позволяют перекрывать время t_{yc} основным временем. При этом заготовки в одной позиции обрабатываются, а в другой – они снимаются со станка и заменяются необработанными.

При последовательной обработке (рис. 39) время t_o определяется лимитирующим переходом, а время

$$t_{\text{с}} = t_{\text{yn}} + t_{\text{инд}}.$$

При многоместной параллельной и параллельно-последовательной обработке заготовок (рис. 40) время t_o уменьшается соответственно числу одновременно обрабатываемых заготовок, а время t_v уменьшается в зависимости от числа одновременно обрабатываемых заготовок:

$$t_v = \frac{t_{yn} + t_{инд}}{z}.$$

Наиболее благоприятные условия для совмещения элементов времени t_{on} создаются при осуществлении многоместных схем с непрерывной установкой заготовок.

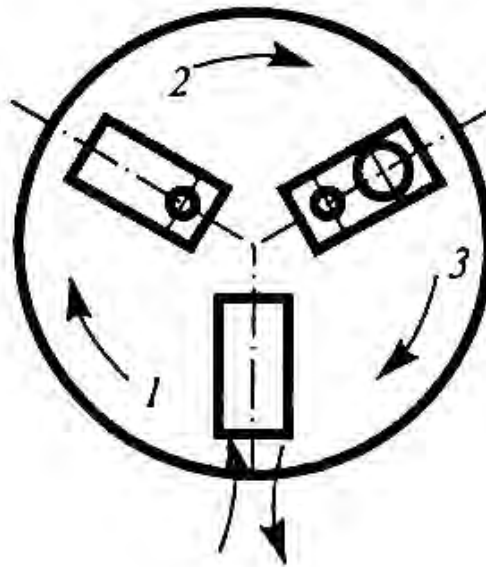


Рисунок 39 – Многопозиционная последовательная обработка

В этом случае преобладают схемы параллельно-последовательной обработки, хотя возможны и последовательные схемы. Такие схемы осуществляются преимущественно на станках с непрерывно вращающимся столом или барабаном. Установка и съем заготовок осуществляется на ходу станка в его загрузочной зоне. При этом время t_o определяется делением времени одного оборота стола или барабана на число установленных на нем заготовок; если припуск удаляют за несколько рабочих ходов (например, при

шлифовании, рис. 41, б), то время t_o на одну заготовку увеличивается соответственно требующейся частоте вращения. При многоместной обработке с непрерывной установкой заготовки время t_e полностью перекрывается временем резания во времени $t_{ш}$, поэтому $t_e = 0$.

Приведенные структурные формулы времени t_o дают качественную характеристику схем станочных операций; они показывают возможность совмещения станочных переходов.

Для количественной характеристики схем построения станочных операций может служить коэффициент совмещения основного времени:

$$K_{co} = \frac{t_o}{\sum_{i=1}^n t_{oi}}, \quad (46)$$

где t_o - основное неперекрываемое время, входящее в $t_{ш}$;

$\sum_{i=1}^n t_{oi}$ - сумма элементов t_o переходов операции.

Величина K_{co} изменяется в пределах 0-1; чем в большей степени совмещаются элементы времени t_o , тем меньше величина K_{co} ; если совмещения переходов нет, $K_{co} = 1$.

Операцию можно характеризовать коэффициентом совмещения оперативного времени:

$$K_{con} = \frac{t_o + t_e}{\sum_{i=1}^n t_{oi} + \sum_{i=1}^n t_{ei}}, \quad (47)$$

где t_e - вспомогательное неперекрываемое время, входящее в $t_{ш}$;

$\sum_{i=1}^n t_{ei}$ - сумма всех n элементов времени t_e в операции.

При определении штучного времени на каждую технологическую операцию по формуле (44), времени на обслуживание рабочего места ($a_{обс}$) и время на отдых и личные надобности ($a_{отд}$) принимают по нормативам [49, 55, 123].

Время на обслуживание рабочего места затрачивается на смену и правку затупившегося режущего инструмента, регулировку и подналадку станка, на раскладку инструмента в начале смены и уборку его в конце смены, смазку станка и т.д.

Ориентировочно для мелкосерийного производства для механических цехов $a_{обс}$ составляет 4-8% от $T_{он}$, а время на отдых $a_{отд}$ - 2-4% от $T_{он}$.

Для серийного производства определяется **штучно-калькуляционное время** по формуле:

$$T_{ш.к} = T_{ш} + \frac{T_{п.з}}{n}, \quad (48)$$

где $T_{ш.к}$ - штучно-калькуляционное время; $T_{ш}$ - штучное время; $T_{п.з}$ - подготовительно-заключительное время; n - количество заготовок в обрабатываемой партии.

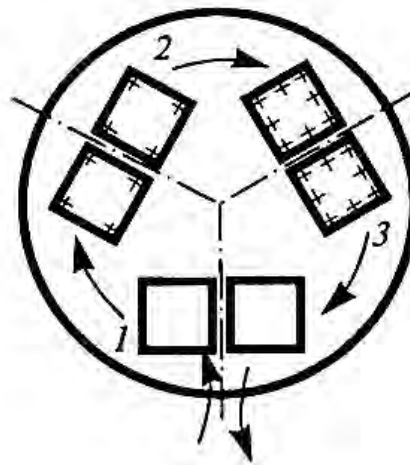


Рисунок 40 – Многоместная параллельная и параллельно-последовательная обработка

Подготовительно-заключительное время затрачивается на подготовку исполнителей и средств технологического оснащения к выполнению техноло-

гической операции и приведению последних в порядок после окончания смены и выполнения этой операции для партии предметов труда (заготовок, деталей и т.п.).

Количество заготовок в обрабатываемой партии n определяется по методике, изложенной в подразделе 4.3.2.

Подготовительно-заключительное время принимается по нормативам [49, 55, 123].

Трудоемкость изготовления детали по разработанному технологическому процессу определяется суммированием штучно-калькуляционного времени на все технологические операции, входящие в технологический процесс:

$$T_{ш.к.д} = \sum_{i=1}^m T_{ш.к.i} , \quad (49)$$

где $T_{ш.к.д}$ - штучно-калькуляционное время на изготовление детали;
 $T_{ш.к.i}$ - штучно-калькуляционное время i -й технологической операции; m - общее количество технологических операций (включая операции по получению заготовок, операций механической и термической обработки, гальванические, покрасочные и контрольные операции).

Нормативы времени на выполнение термических операций приведены в [52, 53]. Нормативы времени на выполнение измерений приведены в [49, 55, 123].

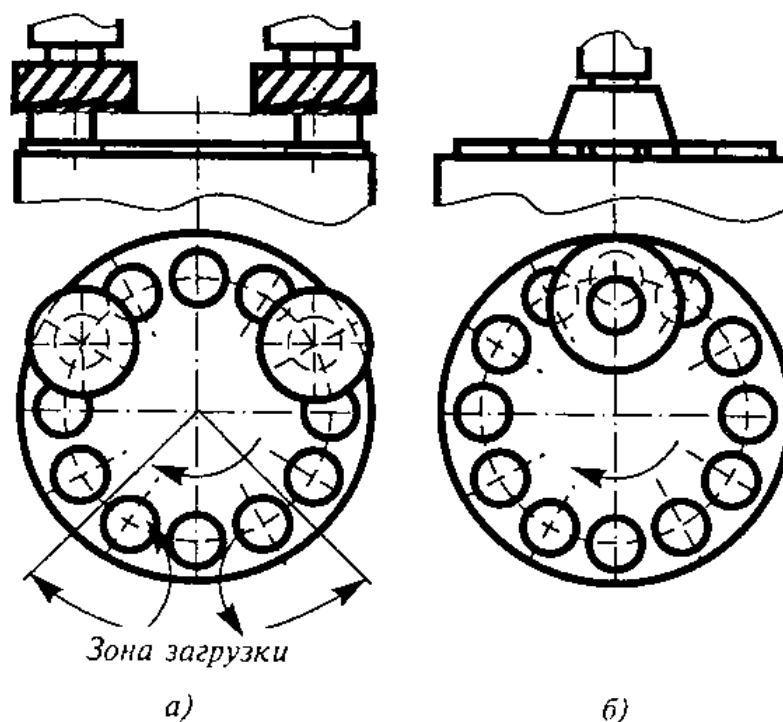


Рисунок 41 – Обработка при непрерывной установке заготовок

4.5.7 Оформление технологической документации на изготовление детали

Разработка технологического процесса изготовления детали заканчивается составлением и оформлением комплекта документов технологической документации.

Состав и формы карт, входящих в комплект документов, зависят от вида технологического процесса (единичный, типовой или групповой), типа производства и степени использования средств вычислительной техники.

По степени детализации информации каждый из указанных видов технологических процессов предусматривает различное изложение содержания операции и комплектность документов.

В курсовом проекте, как правило, разрабатывается единичный технологический процесс изготовления детали одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от типа производства.

Формы и требования к заполнению и оформлению комплекта докумен-

тов на единичные технологические процессы устанавливаются ГОСТ 3.1119-83 [73], ГОСТ 3.1129-93 [78] и ГОСТ 3.1130-93 [79].

Комплектность документов на технологический процесс изготовления детали включает:

- титульный лист (ТЛ) по ГОСТ 3.1105-84 [69];
- маршрутную карту (МК) по ГОСТ 3.1118-82 [72] формы 1 и 1а;
- операционные карты (ОК) по ГОСТ 3.1404-86 [80] формы 3 и 2а;
- карты эскизов (КЭ) по ГОСТ 3.1105-84 [69] формы 7 и 7а.

Кроме указанных документов, могут быть включены в комплект документов дополнительно:

- операционная карта технического контроля по ГОСТ 3.1502-85 [85] формы 2 и 2а;
- карта наладки инструмента (КН) по ГОСТ 3.1404-86 [80] формы 4 и 4а;
- карта кодирования информации (ККИ) по ГОСТ 3.1404-86 [80] формы 5 и 5а.

Последние два документа разрабатываются при применении станков с числовым программным управлением (ЧПУ).

В курсовом проекте технологические документы заполняют с помощью печатающих устройств, ЭВМ или рукописным способом с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм на соответствующих бланках черной пастой или тушью.

Маршрутная карта (МК) является основным и обязательным документом любого технологического процесса. Формы и правила оформления маршрутных карт регламентированы ГОСТ 3.1118-82 [72].

К заполнению граф технологических документов предъявляются следующие требования:

1. Каждая строка мысленно делится по горизонтали пополам, и информацию записывают в её нижней части, оставляя верхнюю часть свободной для внесения изменений.

2. Для граф, выделенных утолщенными линиями, существуют три

варианта заполнения:

а) графы заполняются кодами и обозначениями по соответствующим классификаторам и стандартам. Вариант используется разработчиками, внедрившими автоматизированную систему управления производством;

б) информация записывается в раскодированном виде;

в) информация дается в виде кодов с их расшифровкой; при курсовом проектировании рекомендуется этот вариант заполнения.

Для изложения технологических процессов в маршрутной карте используют способ заполнения, при котором информацию вносят построчно несколькими типами строк. Каждому типу строки соответствует свой служебный символ. Служебные символы условно выражают состав информации, размещаемой в графах данного типа строки формы документа, и предназначены для обработки содержащейся информации средствами механизации и автоматизации. Простановка служебных символов является обязательной в любом случае. В качестве служебных символов используются прописные буквы русского алфавита, проставляемые перед номерами соответствующей строки. Указание соответствующих служебных символов (для типов строк в зависимости от состава размещаемой информации) в графах маршрутной карты следует выполнять в соответствии с табл. 9.

При заполнении информации на строках, имеющих служебный символ “О”, следует руководствоваться требованиями, которые устанавливают правила записи операций и переходов [12, 13, 71, 72].

При операционном описании технологического процесса на маршрутной карте номер перехода следует проставлять в начале строки.

При заполнении информации на строках, имеющих служебный символ “Т”, следует руководствоваться требованиями соответствующих классификаторов, государственных и отраслевых стандартов на кодирование (обозначение) и наименование технологической оснастки (см. таблицу 40).

Информацию о применяемой на операции технологической

оснастке записывают в следующей последовательности:

- 1) приспособления;
- 2) вспомогательный инструмент;
- 3) режущий инструмент;
- 4) слесарно-монтажный инструмент;
- 5) специальный инструмент;
- 6) средства измерения.

Разделение информации по каждому средству технологической оснастки следует выполнять через знак “;”. Сведения, вносимые в отдельные графы и строки маршрутной карты, выбирают из табл. 39. Для удобства поиска соответствующих граф карты номера пунктов таблицы продублированы выносными линиями на полях (см. рис. 42).

Таблица 39 – Сведения, вносимые в отдельные графы и строки маршрутной карты

Номер пункта поиска	Наименование (условное обозначение графы)	Служебный символ	Содержание информации												
1	—	—	Наименование изделия (детали, сборочной единицы) по основному конструкторскому документу												
2	—	—	Обозначение изделия по основному конструкторскому документу или код ступени классификации по конструкторскому классификатору												
3	—	—	Код классификационных группировок технологических признаков для типовых и групповых технологических процессов по технологическому классификатору												
4	—	—	Обозначение документа по ГОСТ 3.1201—85 (Система обозначения технологической документации)												
5	—	—	Общее количество листов документа												
6	—	—	Порядковый номер листа документа												
7	—	—	Литера, присвоенная технологическому документу												
8	—	—	Графа для особых указаний												
9	Обозначение документа	А	Обозначение документов, применяемых при выполнении данной операции, например, ИОТ — инструкция по охране труда (табл.71)												
10	$T_{шт}$	Б	Норма штучного времени на операцию, мин												
11	$T_{п.з}$	Б	Норма подготовительно-заключительного времени на операцию, мин												
12	$K_{шт}$	Б	Кoeffициент штучного времени при многостаночном обслуживании, зависящий от количества обслуживаемых станков: <table><tr><td>Кол. станков</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td>$K_{шт}$</td><td>1</td><td>0,65</td><td>0,48</td><td>0,39</td><td>0,35</td></tr></table>	Кол. станков	1	2	3	4	5	$K_{шт}$	1	0,65	0,48	0,39	0,35
Кол. станков	1	2	3	4	5										
$K_{шт}$	1	0,65	0,48	0,39	0,35										
13	ОП	Б	Объем производственной партии, штуки												
14	ЕН	М02, Б, К, М	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала, или норма времени, например, 1, 10, 100												
15	КОИД	Б	Количество одновременно обрабатываемых заготовок при выполнении одной операции												
16	КР	Б	Количество исполнителей, занятых при выполнении операции												
17	УТ	Б	Код условий труда. Включает в себя цифру — условия труда: 1 — нормальные; 2 — тяжелые и вредные;												

Номер пункта поиска	Наименование (условное обозначение графы)	Служебный символ	Содержание информации
18	Р	Б	<p>3 — особо тяжелые, особо вредные; и букву, указывающую вид нормы времени:</p> <p>Р — аналитически-расчетная;</p> <p>И — аналитически-исследовательская;</p> <p>Х — хронометражная;</p> <p>О — опытно-статистическая</p> <p>Разряд работы, необходимой для выполнения операции. Код включает три цифры: первая — разряд работы по тарифно-квалификационному справочнику, две следующие — код формы и системы оплаты труда:</p> <p>10 — сдельная форма оплаты труда;</p> <p>11 — сдельная система оплаты труда прямая;</p> <p>12 — сдельная система оплаты труда премиальная;</p> <p>13 — сдельная система оплаты труда прогрессивная;</p> <p>20 — повременная форма оплаты труда;</p> <p>21 — повременная система оплаты труда простая;</p> <p>22 — повременная система оплаты труда премиальная</p>
19	ПРОФ	Б	Код профессии согласно классификатору (табл. 5.7)
20	СМ	Б	<p>Код степени механизации труда. Указывается цифрой:</p> <p>1 — наблюдение за работой автоматов;</p> <p>2 — работа с помощью машин и автоматов;</p> <p>3 — ручную при машинах и автоматах;</p> <p>4 — ручную без машин и автоматов;</p> <p>5 — ручную при наладке машин</p>
21	Код, наименование оборудования	Б	Код оборудования. Включает в себя высшую (шесть первых цифр) и низшую (четыре цифры после точки) классификационные группировки.
22	Код, наименование операции	А	<p>Код операции согласно классификатору технологических операций [12].</p> <p>При наличии операции, выполняемой на станке с ПУ, к коду операции добавляется код 4103». После кода операции записывается ее наименование</p>

Номер пункта поиска	Наименование (условное обозначение графы)	Служебный символ	Содержание информации
23	Цех	A	Номер цеха, в котором выполняется операция
24	Уч	A	Номер участка
25	PM	A	Номер рабочего места
26	Опер	A	Номер операции в технологической последовательности изготовления, контроля и перемещения Рекомендуемая нумерация операций: 000, 005, 010 и т. д.
27	Код	MO2	Код материала. Графа не заполняется, ставится прочерк
28	ЕВ	MO2, К, М	Код единицы величины — массы, длины, площади и т. п. детали или заготовки. Для массы, указанной в «кг» — код 166; в «г» — 163; в «т» — 168. Допускается вместо кода указывать единицы измерения величины
29	МД	MO2	Масса детали по конструкторскому документу
30	ЕН	MO2, Б, К, М	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала или норма времени, например, 1, 10, 100
31	$H_{\text{раск}}$	MO2, К, М	Норма расхода материала
32	КИМ	MO2	Коэффициент использования материала
33	Код заготовки	MO2	Код заготовки по классификатору (табл. 68). Допускается указывать вид заготовки (отливка, прокат, штамповка и т. д.)
34	—	MO1	Наименование, сортамент, размер и марка материала, обозначение стандарта, технических условий. Запись выполняется на уровне одной строки с применением разделительного знака дроби «/», например, Лист БОН-2,5 × 1000 × 2500 ГОСТ 19903—74/Ш—1У В ст. 3 ГОСТ 14637—79
35	Профиль и размеры	MO2	Обозначение профиля и размера заготовок. Рекомендуется указывать толщину, ширину и длину, сторону квадрата или диаметр и длину, например, 20 × 50 × 300, Ø 35. Профиль допускается не указывать
36	КД	MO2	Количество деталей, изготавливаемых из одной заготовки
37	МЗ	MO2	Масса заготовки

Примечание. Установлена пятизначная структура основного кода характеристики документации (XXXXX).

Первые две цифры - вид документации:

01- комплект технологической документации;

10- маршрутная карта;

- 20 - карта эскизов;
- 42 - ведомость оснастки;
- 44 - ведомость деталей к типовому (групповому) технологическому процессу (операции);
- 60 - операционная карта;
- 62 - карта наладки;
- 67 - карта кодирования информации.

Третья цифра - вид технологического процесса (операции) по организации:

- 0- без указания;
- 1- единичный процесс (операция);
- 2- типовой процесс (операция);
- 3- групповой процесс (операция).

Последние две цифры - вид технологического процесса по методу выполнения:

- 00- без указания;
- 02, 03 - технический контроль;
- 04 - перемещение;
- 21- обработка давлением;
- 41, 42 - обработка резанием;
- 50, 51 - термообработка.

Пример. Маршрутная карта единичного процесса обработки резанием - 10141. XXXXX (рис. 42). Последние четыре разряда (XXXX) - резерв дополнительного обозначения по отраслевому классификатору.

Наименование операции обработки резанием должно отражать применяемый вид оборудования и записываться именем прилагательным в именительном падеже (за исключением операции “Галтовка”) в соответствии с табл. 16 и 17.

Рисунок 42 – Пример заполнения маршрутной карты

Таблица 40 – Указатель кодов на режущий инструмент, измерительные средства и технологическую оснастку (выборочно)

Наименование оснастки	Код
Сверла спиральные общего назначения с цилиндрическим хвостовиком быстрорежущие	391210
Сверла спиральные общего назначения с коническим хвостовиком быстрорежущие	391267
Сверла твердосплавные	391303
Сверла для станков с ЧПУ и автоматической линией	391290
Метчики из углеродистой стали ручные	391310
Метчики быстрорежущие машинно-ручные	391330
Метчики твердосплавные	391350
Метчики для станков с ЧПУ	391391
Плашки резьбонарезные круглые	391510
Зенкеры быстрорежущие	391610
Зенкеры твердосплавные	391620
Зенкеры конические	391630
Зенкеры и зенковки для станков с ЧПУ	391690
Развертки ручные	391710
Развертки машинные быстрорежущие	391720
Развертки машинные твердосплавные	391740
Развертки для станков с ЧПУ	391790
Фрезы твердосплавные	391801
Фрезы быстрорежущие	391802
Фрезы зуборезные и резьбовые	391810
Фрезы концевые	391820
Фрезы насадные	391830
Фрезы для станков с ЧПУ	391890
Резцы твердосплавные	392101
Резцы с механическим креплением пластин	392104
Резцы быстрорежущие	392110
Резцы для станков с ЧПУ	392190
Пилы круглые сегментные	392210
Протяжки	392302
Долбяки зуборезные	392410
Шеверы дисковые	392430
Головки зуборезные для конических колес	392460
Гребенки зуборезные	392480
Головки, плашки, ролики резьбонакатные	392500
Головки резьбонарезные	392514
Полотна ножовочные ручные и машинные	392540
Напильники и борфрезы	392900
Калибры гладкие и скобы	393120
Калибры для конусов Морзе	393131
Калибры для метрической резьбы (пробки, кольца)	393140
Меры длины концевые плоскопараллельные	393200
Штангенциркули	393311
Штангенрейсмасы	393320
Микрометры гладкие	393410

Наименование оснастки	Код
Микрометры резьбовые	393420
Глубиномеры микрометрические	393440
Нутромеры микрометрические	393450
Линейки лекальные	393510
Плиты поверочные и разметочные	393550
Индикаторы рычажно-пружинные	394130
Приборы измерительные универсальные	394300
Приборы активного контроля	394630
Приборы для размерной настройки вне станка режущих инструментов для станков с ЧПУ	394650
Приборы для измерения режущего инструмента	394920
Инструмент алмазный шлифовальный на органической связке	397110
Инструмент алмазный шлифовальный на металлической связке	397120
Инструмент алмазный шлифовальный на керамической связке	397130
Инструмент абразивный из электрокорунда	398110
Инструмент абразивный из карбида кремния	398150
Патроны токарные	396110
Тиски машинные	396131
Головки делительные универсальные	396141
Стол� поворотные	396151
Плиты магнитные	396161
Приспособления универсальные сборные переналаживаемые	396181
Ключи гаечные, торцовые, трубные, специальные	392650
Инструмент вспомогательный для станков с ЧПУ	392801
Центры вращающиеся	392841
Тиски слесарные верстачные	392871

Таблица 41 – Указатель кодов основных видов заготовок в машиностроении
(выборочно)

Вид заготовок	Код
Сталь крупносортовая низкоуглеродистая	09312X
Сталь среднесортовая низкоуглеродистая	09322X
Сталь низкосортовая низкоуглеродистая	09332X
Сталь сортовая конструкционная	09501X
Сталь сортовая углеродистая	09503X
Сталь сортовая легированная	09504X
Сталь сортовая инструментальная	0966XX
Сталь сортовая быстрорежущая	0962XX
Трубы бесшовные углеродистые	134XXX
Отливки из ковкого чугуна	41111X
Отливки из серого чугуна	41112X
Отливки из легированных чугунов	41114X
Отливки из углеродистой стали	41121X
Отливки из легированной стали	41123X
Штамповки из черных металлов	41211X
Поковки из проката черных металлов	41212X

Вид заготовок	Код
Поковки из проката цветных металлов	41222X
Металлоконструкции сварные корпусные	41333X
Металлоконструкции сварные цилиндрические	41336X

Таблица 42- Указатель кодов профессий в машиностроении (выборочно)

Наименование профессий	Код
Долбежник	11868
Заточник	12260
Зуборезчик	12287
Зубошлифовщик	12290
Оператор автоматических линий	14972
Оператор станков с ЧПУ	15292
Полировщик	15887
Прессовщик	16014
Протяжник	16458
Разметчик	16641
Резчик на пилах, ножовках и станках	16937
Резьбофрезеровщик	17001
Резьбошлифовщик	17003
Сверловщик	17335
Слесарь-инструментальщик	17461
Слесарь механосборочных работ	17474
Станочник на специальных станках по обработке металла	17845
Строгальщик	17960
Токарь	18217
Токарь-карусельщик	18219
Токарь-полуавтоматчик	18225
Токарь-расточник	18235
Токарь-револьверщик	18236
Фрезеровщик	18632
Шлифовщик	18873

Операционная карта

Структура построения операционной карты (ОК) идентична маршрутной. Запись информации выполняется построчно с привязкой к соответствующим служебным символам (см. табл. 9).

Указание единиц величины следует выполнять в заголовках или подзаголовках соответствующих граф. Допускается указывать единицы величины параметров технологических режимов после их числовых значений,

например, 40 мм; 0,2 мм/об; 36 м/мин.

Указание данных по технологическим режимам следует выполнять после записи состава применяемой технологической оснастки.

При указании данных по технологической оснастке информацию следует записывать в следующей последовательности:

- 1) приспособления;
- 2) вспомогательный инструмент;
- 3) режущий инструмент;
- 4) средства измерения.

В целях разделения информации по группам технологической оснастки и поиска необходимой информации допускается перед указанием состава применять условное обозначение видов: приспособлений - "ПР"; вспомогательного инструмента - "ВИ"; режущего инструмента - "РИ"; средств измерения - "СИ". Например, СИ. АВВХХХ. Пробка Ø27Р7-пр.

При описании содержания перехода необходимо указывать данные по T_o и T_e . Это следует выполнять на уровне строки, где заканчивается описание содержания перехода под служебным символом "О".

Большинство граф операционной карты соответствует аналогичным графам маршрутной карты. Информацию по дополнительным графам следует вносить в соответствии с рис. 43 и табл. 43.

Запись содержания перехода следует выполнять в соответствии с рекомендациями (приложение Д). Полную запись делают при необходимости перечисления всех выдерживаемых размеров, сокращенная используется при ссылке на условное обозначение конструктивного элемента обрабатываемого изделия. Данная запись выполняется при достаточной графической информации.

Таблица 43- Информация по дополнительным графам операционной карты

Номер пункта поиска	Наименование (условное обозначение графы)	Содержание информации
1	-	Графы для записи содержания перехода, информации по оснастке, режущему измерительному инструменту
2	ПИ	Номер позиции инструментальной наладки. Графа заполняется для станков с ЧПУ
3	T_o	Норма основного времени на операцию, мин
4	Д или В	Расчетный размер обрабатываемого диаметра (ширины) детали. Данные по Д или В указываются с учетом величины перебега
5	T_{ϵ}	Норма вспомогательного времени на операцию, мин
6	L	Расчетный размер длины рабочего хода с учетом величины врезания и перебега
7	t	Глубина резания
8	i	Число рабочих ходов
9	s	Подача
10	n	Частота вращения шпинделя
11	v	Скорость резания
12	-	Номер операции
13	СОЖ	Информация по применяемой смазочно-охлаждающей жидкости

Для промежуточных переходов, не имеющих графических иллюстраций, в содержании следует указывать исполнительные размеры с их предельными отклонениями и при необходимости шероховатость обработанной поверхности и другие технические требования. Например, “Точить поверхность 3, выдерживая $d = 40_{-0,34}$ и $l = 100 \pm 0,4$ ”.

Переходы (основные и вспомогательные) нумеруются арабскими цифрами 1,2,3...

В общем случае **в содержание перехода включается:**

- 1) ключевое слово, характеризующее метод обработки, выраженное глаголом в неопределенной форме (см. табл. 20);
- 2) наименование (существительное в винительном падеже) обрабатываемой поверхности, конструктивных элементов или предметов

производства, например, “отверстие”, “фаску”, “канавку”, “заготовку” и т.п.;

3) информация о размерах обработки резанием или их условных обозначениях, приведенных на операционных эскизах и указанных там арабскими цифрами в окружности диаметром 6...8 мм (приложение Д);

4) дополнительная информация, характеризующая количество одновременно или последовательно обрабатываемых поверхностей, характер обработки, например, “предварительно”, “последовательно”, “по копиру”.

Параметры шероховатости обрабатываемой поверхности указываются только обозначениями на операционном эскизе. Допускается указывать в тексте содержания операции информацию о параметре шероховатости предварительно обрабатываемых поверхностей (промежуточных переходов), если это нельзя указать на операционном эскизе, например, “ фрезеровать предварительно поверхность 1, выдерживая высоту $70 \pm 0,5$ и $R_z = 50$ ”.

Карта эскизов

Карта эскизов (КЭ) - основной графический документ, дающий наглядную информацию о выполняемой технологической операции.

Эскизы следует выполнять с соблюдением масштаба или без соблюдения масштаба, но с примерным соблюдением пропорций.

При разработке технологической операции следует помнить, что сначала разрабатывается и полностью оформляется эскиз на карте эскизов на каждый установ и позицию, а только потом заполняется текстовая операционная карта.

На каждом эскизе необходимо показать:

1) заготовку в рабочем положении, причем её контур изображается в таком виде, в каком она получается в конце данной операции или установа. Если операция выполняется за несколько установов, то эскиз выполняется на каждый установ отдельно. В этом случае каждому эскизу присваивается номер операции и через черточку - номер вспомогательного перехода на перезакрепление заготовки. Например, 020-1, 065-2 и т.п.;

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Шифр									
Взам									
План									
Разработ	Миниоб	Дальность	5 10 99						
Проверен	Левин	Дальность	5 10 99						
Данен									
Утвержден									
И.контр									
Наименование операции	Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры	МЗ	КОИД		
Токарная черновая	Сталь 45 ГОСТ 1050 - 74	ННХ 28 30 160	0,72	0,72	Ф 35 ± 280	126	1		
Оборудование, устройство ЧПУ	Обозначение программы	10 10 10	10 10 10	10 10 10	Ф 35 ± 280	126	1		
Токарно - винторезный 16K20		3,24 2,02	23	23	Эксплуатация XXXX				
P	ПМ	В или В	L	L	S	n	V		
01		мм	мм	мм	мм/об	об/мин	м/мин		
002	1. Установить и закрепить заготовку						165		
T03	396110 XXXX патрон пододвигать 392841 XXXX центр вращающийся								
04									
005	2. Точить поверхность 3					0,1	0,02		
T06	392101 XXXX р пр ВК6, 393311 XXXX ШЦ - 1 - 125 - 0,1								
P07		32	40	15	1	1000	100		
08									
009	3. Точить канавку 2					0,04	0,1		
T10	392110 XXXX р канавочный Р6М5, XXXXXX XXXX шаблон								
P11		28	1	0,3	1	0,06	630	62	
12									
13									
OK									

Рисунок 43 – Пример заполнения операционной карты

2) поверхности, обрабатываемые на данной операции, выделяются утолщенными черными линиями. В учебных целях допускается выделять обрабатываемые поверхности красным цветом;

3) теоретическую схему базирования заготовки согласно ГОСТ 1495- 76 [110];

4) размеры, получаемые на данной операции с указанием допусков и шероховатости поверхности. При этом необходимо учесть, что на эскизе проставляются только те размеры, которые обеспечиваются только на данной операции. Проставлять размеры следует таким образом, чтобы не появилась необходимость пересчета номинальных значений и допусков на них, т.е. простановка размера должна учитывать способ его получения (технологическая база должна быть совмещена с измерительной);

5) габаритные размеры заготовки (в качестве справочных данных);

6) допуски на погрешности формы, взаимного расположения поверхностей, если это необходимо обеспечить на данной операции;

7) режущий инструмент показывается по мере необходимости, предпочтительно в конце рабочего хода (если инструмент затемняет эскиз, то его можно изобразить отведённым от заготовки).

На рис. 44-45 представлены примеры оформления карты эскизов. Нумерация обрабатываемых поверхностей либо размеров обработки (см. табл. 23, приложение Д) проставляемая в кружочках, начинается с цифры 1. Последовательность простановки номеров в кружочке рекомендуется по ходу часовой стрелки. Нумерация относится только к конкретной рассматриваемой операции (установу). На последующих операциях (установках) нумерация опять начинается с цифры 1. При этом, естественно, одна и та же поверхность заготовки на разных операциях (установках) может иметь различный номер.

При заполнении основной надписи на карте эскизов (в верхней части) необходимо помнить, что средняя графа из трёх граф, обведённых жирной линией, не заполняется.

Для большей наглядности в курсовых проектах некоторые эскизы по согласованию с руководителем оформляются на листе формата А1 в полуконструктивном виде (эскизы наладок) (рис. 46). При этом на одном листе формата А1 можно разместить от одного до четырех эскизов. На эскизе наладки показывается всё то же, что и на карте эскизов, и дополнительная информация:

- теоретическая схема базирования заготовки по ГОСТ 21495-76 [110];
- режущий инструмент;
- траектория движения режущего инструмента для станков с ЧПУ (по мере необходимости);
- некоторые элементы конструкции станочного приспособления (по мере необходимости).

Над каждым эскизом наладки указывается наименование операции и её номер согласно маршрутной карте.

ГОСТ 3.1105-84			Форма 7а		
Дубл.					
Взам.					
Подп.					
			01100.00215	2	
АБВГ XXXXXX.XXX			К. 60141.00315	020	

$\sqrt{R280 (V)}$

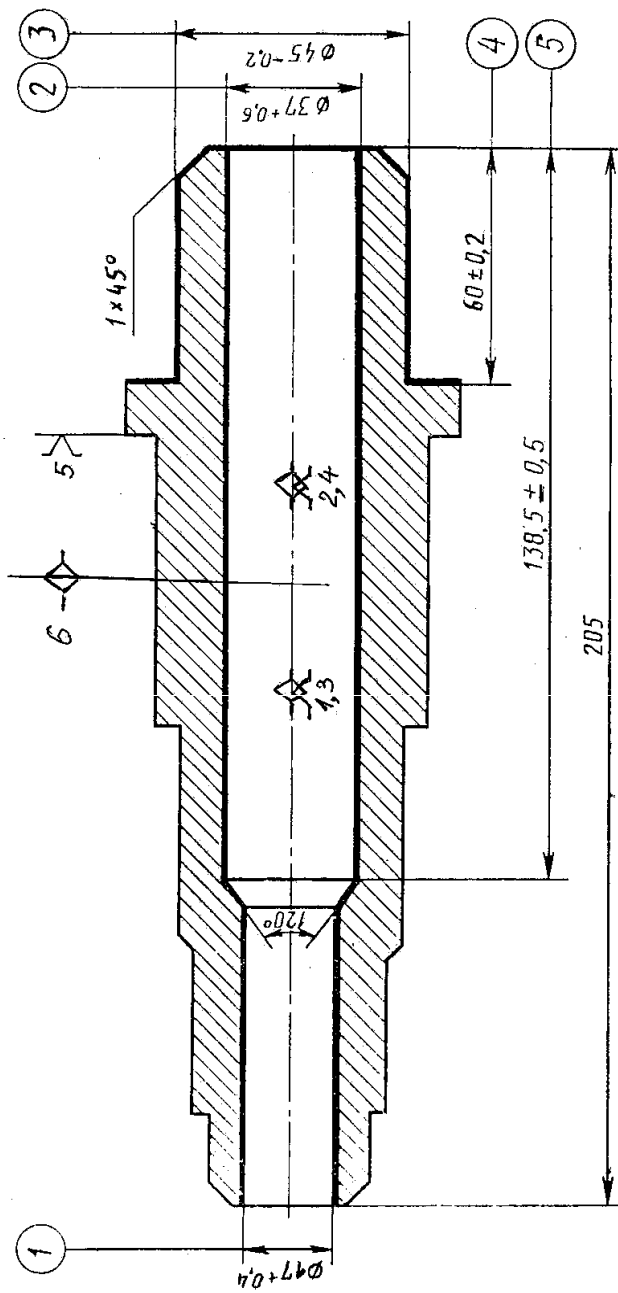


Рисунок 44 - Пример выполнения операционного эскиза

кз

				1	1
НПО „ЧАЙКА“		АБВГ XXXXXX. XXX		XXXXX. XXXXX	
		Корпус редуктора		25	01 — 005
		Оборудование, устройства ЧПУ		Идентификация	
		Токарный 1K20 ФЗС5, H22-1M			
		Кодирование информации, содержание кодра		Содержание перехода	
		N001 G27 S029 M114T 101 F10600			
		N002 G58			
		N003+G00 D002+000000			
		N004 G26			
		N005 G106 D0 L31			
		N006 G11 F70000 X-7600			
		N007 F10200 X-1060			
		N008 F10180 X+0640 Z-0320			
		N009 F10240 Z-0630			
		N000 F10040 X-0200			
		N011 Z-0150			
		N012 F10180 X+0460			
		N013 X+G000 Z-0150			
		N014 F10250 Z-1850			
		N015 F10050 X-0140			
		N016 Z-0200			
		N017 F10180 X+0600 Z-0300			
		N018 F70000 Z-3300			
		N019 F10050 X-0300			
		N020 Z-0200			
		N021 F10180 X+0280 Z-0140			
		N022 F10240 Z-1360			
		N023 X10080			
		N024 Z-1760			
		N025 X+0260			
				Разраб.	Иванова
					Исх. №1-25.06.85
				Н. контр.	Спиридонова
					Стиль з-н. 25.06.85
Дубл.	Взам.	Подп.	ККИ РИЗУНОК 46 - Пример заполнения ККИ		

Карта технического контроля

При выполнении курсового проектирования в качестве основного документа технического контроля следует использовать операционную карту технического контроля по ГОСТ 3.1502-82 (форма 2) [85].

Информация, вносимая в карту, выбирается из табл. 43. Пример заполнения карты представлен на рис. 47.

Таблица 43 – Информация, вносимая в карту технического контроля

Номер пункта поиска	Наименование (условное обозначение графы)	Содержание информации
1	Контролируемые параметры	Параметры, по которым идет технический контроль
2	T_o	Суммарное основное время на операцию
3	T_v	Суммарное вспомогательное время на операцию
4	Код средств ТО	Код, обозначение средств технологического оснащения (ТО) по классификатору или по НТД (нормативно- технологическим документам)
5	Наименование средств ТО	Краткое наименование средств технологического оснащения
6	Объем и ПК	Объем контроля (в шт.:%) и периодичность контроля (ПК) (в час, смену и т.д)
7	$T_o \quad T_v$	Основное или вспомогательное время на переход

Остальные графы заполняются по аналогии с маршрутной и операционной картами.

При описании операций технического контроля следует применять полную или краткую форму записи содержания переходов. Полную форму записи следует выполнять на всю длину строки с включением граф “Объем и ПК” и “ T_o / T_v ” с возможностью переноса информации на последующие строки. Данные по применяемым средствам измерений следует записывать всегда с новой строки.

Краткую форму записи надо применять только при проверке контролируемых размеров и других данных, выраженных числовыми значениями. В этом случае текстовую запись применять не следует, необходимо указать только соответствующие параметры, например, $\varnothing 47 \pm 0,039$.

Данные по применяемым средствам технологического оснащения следует записывать исходя из их возможностей, т.е. к каждому контролируемому размеру (параметру) или к группе контролируемых размеров (параметров).

При необходимости графических изображений к текстовым документам их следует выполнять по форме карты эскизов по ГОСТ 3.1105-84 [69].

Общие правила отражения и оформления требований безопасности труда в технологической документации регламентированы ГОСТ 3.1120-83 [74].

Требования безопасности труда при выполнении технологических операций должны быть учтены в маршрутной карте (МК) или операционных картах (ОК) комплектов документов технологического процесса изготовления детали.

В МК и ОК следует указывать обозначение инструкции по охране труда в строке с символом А.

Перечень типовых инструкции по охране труда представлен в табл. 44.

Таблица 44 – Перечень типовых инструкций по охране труда

Номер инструкции	Станок или профессия	Номер инструкции	Станок или профессия
1	2	3	4
63	Токарный	76	Шлифовальный
64	Резьботокарный	77	Точильно-шлифовальный
65	Токарный автомат или полуавтомат	78	Заточный
66	Токарно-револьверный	79	Полировальный
67	Фрезерный	80	При установке и испытании абразивных кругов
68	Расточной	81	Электроэрозионный

1	2	3	4
69	Отрезной	82	Электрохимический
70	Протяжной	83	Автоматические линии
71	Строгальный	84	Для слесарей механосборочных работ
72	Долбежный	86	Ручная электромашина
73	Зуборезный	87	Ручной пневоинструмент
74	Зубошлифовальный	88	Работа зачистным инструментом
75	Сверлильный	91	Контролер ОТК

Оформление технологических эскизов на иллюстративных листах курсового проекта должно выполняться в соответствии с ГОСТ 3.1109-82 [86], ГОСТ 3.1702-79 [71] и методических указаний [57].

Примеры оформления технологических эскизов на иллюстративных листах при выполнении курсового проекта при полной и сокращенной записи технологических переходов в операционной карте приведены на рис. 48 и 49.

Пример оформления комплекта технологической документации на изготовление стакана механизма периодического поворота универсальной набивочной машины ИНА 125 приведён в приложении 3.

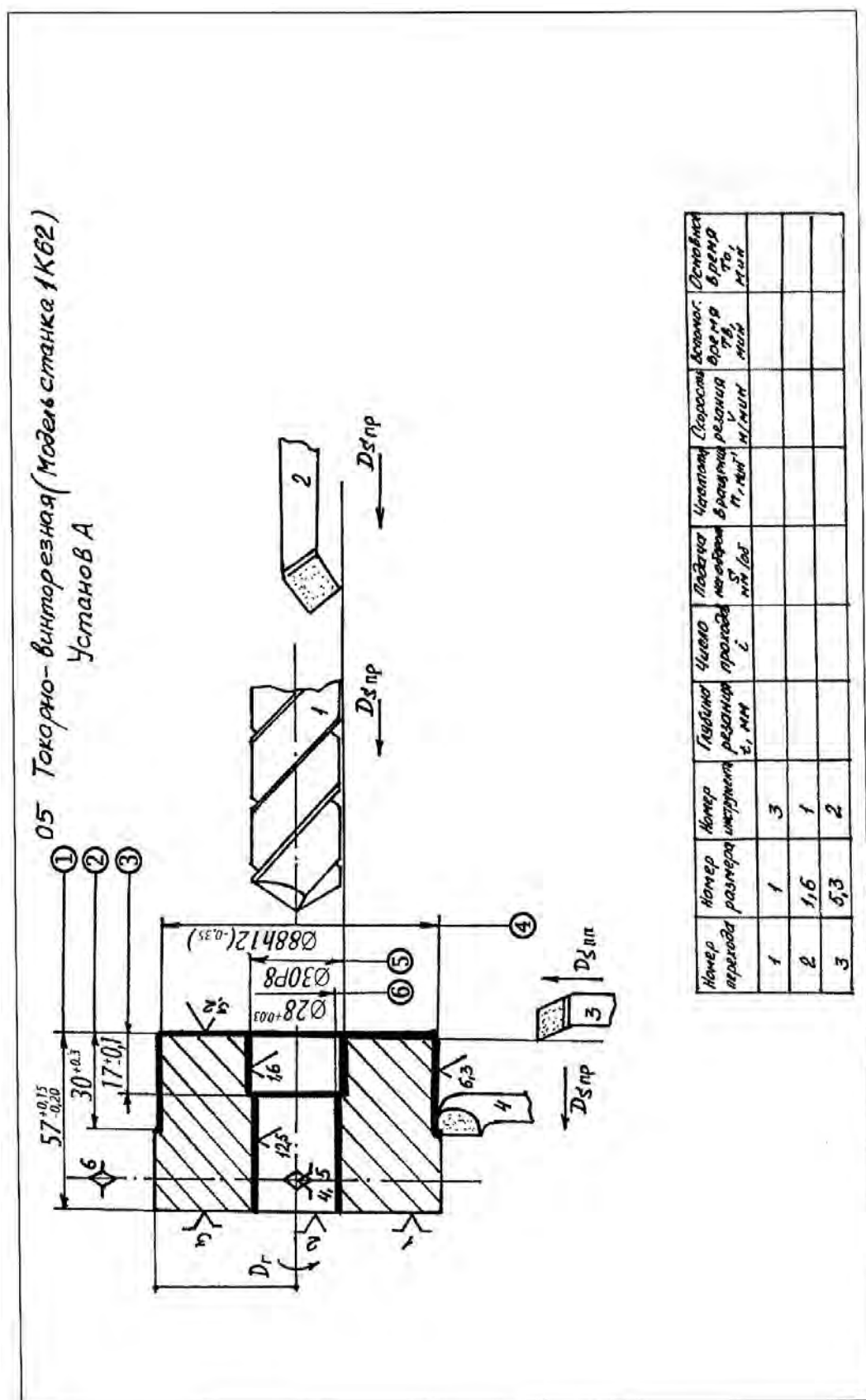


Рисунок 48 – Пример оформления технологического эскиза для иллюстративных целей при полной записи содержания перехода обработки в операционной карте

05 Токарно-винторезная (Модель)
Установ А

Номер аргумента	Номер лов.-пл. инструмента	Номер размера г, мм	Число прокладок г	Падение поверхности мм/год	Циркуляр высказывания и, мм/г	Скорость разложения г/мм/ч	Время тв. мин	Длительность времени тв. мин
1	1	3						
2	1,6	1						
3	5,3	2						

202

4.6 Проектирование приспособления

По согласовании с руководителем курсового проекта студент получает задание на проектирование специального станочного, сборочного или контрольного приспособления.

К проектированию приспособления следует приступать только после разработки окончательного варианта технологического процесса изготовления детали (при наличии комплекта технологических документов – МК, ОК и КЭ).

Для технологической операции, на которую необходимо разработать специальное приспособление, должны быть собраны следующие **исходные данные**:

- схема базирования и закрепления заготовки в приспособлении с указанием всех технологических баз и точек приложения зажимных усилий;
- схема базирования приспособления на станке;
- режимы резания и составляющие силы резания;
- данные о присоединительных элементах оборудования, на котором будет устанавливаться приспособление с заготовкой;
- требования к точности поверхностей заготовки, которые будут обработаны с помощью спроектированного приспособления (допуски на размеры, параметры шероховатости, допуски формы и расположения обрабатываемых поверхностей относительно технологических баз до и после выполнения операции);
- перечень технологических переходов, выполняемых на данной операции (установе или позиции) с указанием межпереходных размеров и отклонений на них;
- параметры применяемых режущих инструментов (например, свёрл, зенкеров или развёрток при использовании кондукторных втулок).

После сбора исходных данных формируется служебное назначение и указываются технические характеристики проектируемого приспособления. В частности, указывается, на какой операции применяется данное приспособ-

ление, для обработки каких поверхностей заготовки, на каком оборудовании, мощность привода, усилие зажима, усилие на рукоятке или давление в воздушной системе и т.д.

При проектировании приспособления надо максимально использовать стандартные элементы конструкций приспособлений (корпуса, установочные, зажимные, направляющие элементы и т.п.) и типовые конструкции приспособлений для различных видов обработки [20,21, т. 2; 28, 35-39, 42, 54, 56, 120-122, 125].

Поэтому проектирование приспособления должно сводиться к разработке конструкции, состоящей в основном из стандартных деталей и механизмов с минимальным числом оригинальных деталей.

Построив схему приспособления, необходимо рассчитать усилие зажима обрабатываемой заготовки и выбрать конструкцию зажимного устройства. После этого следует рассчитать допустимую погрешность изготовления приспособления. Рекомендации по выполнению указанных расчетов приводятся в литературе [5, 36-42,54].

Если расчёты показывают, что конструкция приспособления и принятая схема базирования не обеспечивают требуемой точности обработки, надо изменить схему базирования или конструкцию приспособления, т.е. ужесточить по величине отдельные составляющие суммарной погрешности обработки. Провести заново расчёт на точность. Если при новых условиях требуемая точность обработки не обеспечивается, следует изменить метод обработки.

После выполнения всех необходимых расчетов, проектируют сборочный чертёж приспособления с составлением на него спецификации. На чертеже приспособления показывают контуры заготовки и теоретическую схему базирования заготовки, технические характеристики приспособления и технические требования, предъявляемые к приспособлению.

Структура и содержание листа с чертежом приспособления приведены на рис. 50.

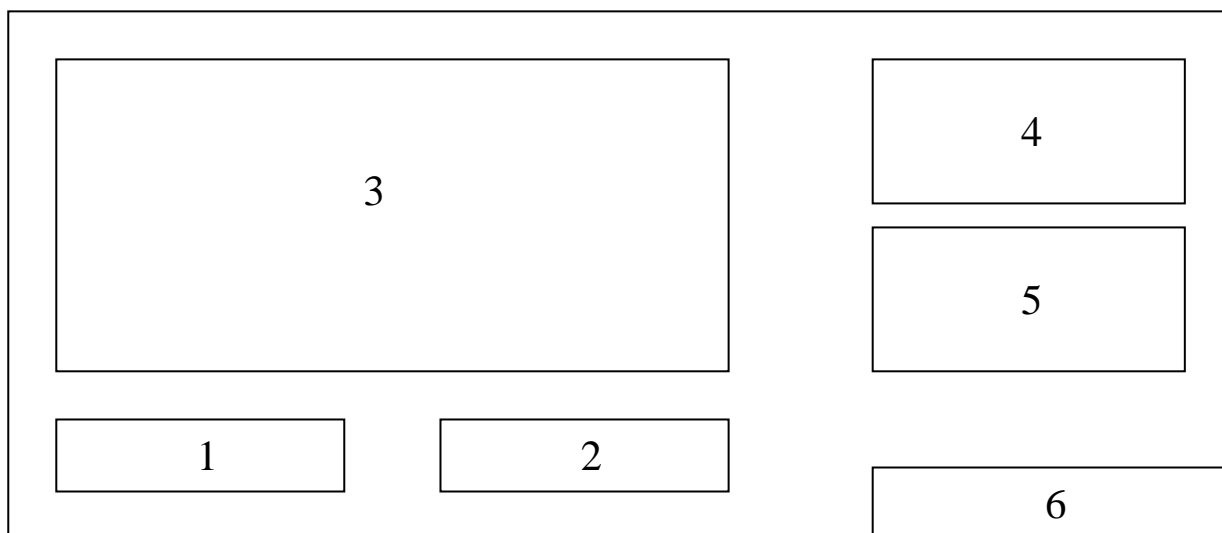


Рисунок 50 – Структура и содержание листа с чертежом приспособления:
 1 – теоретическая схема базирования заготовки; 2 – схема приспособления с условным обозначением элементов по ГОСТ 3.1107-81 [70]; 3 – чертёж приспособления с контуром заготовки и теоретическая схема базирования приспособления на станке; 4 – технические характеристики приспособления; 5 – технические требования, предъявления к приспособлению; 6 – основная надпись по ГОСТ 2.104 (форма 1)

Теоретически схема базирования приспособления и заготовки должны содержать необходимое количество проекций и соответствовать ГОСТ 21495-76 [110].

Сборочный чертёж приспособления проектируется в достаточном для понимания работы приспособления количестве проекций, видов, сечений. Движущие части приспособления показываются в крайних положениях. При наличии силового привода показать пути подвода и отвода рабочей среды (воздух, жидкость), место крепления заземления.

Заготовка изображается штрихпунктирными линиями в зажатом в приспособлении положении с обязательным изображением обрабатываемых поверхностей, участвующих в базировании и закреплении.

На чертеже приспособления должны быть указаны размеры:

- габаритные (по наиболее выступающим частям приспособления, в том числе и подвижным);
- присоединительные с указанием отклонений;
- посадочные;
- характерные (ход подвижных частей и т.п.).

На чертеже приспособления также должны быть указаны требования точности формы и расположения поверхностей, осей, подлежащих контролю при приёме приспособления (если они не приведены в технических требованиях), место и содержание маркировки и клеймения.

Содержание технических характеристик и технических требований на чертеже приспособления приводится по ГОСТ 2.316-68 [66].

Технические требования могут включать:

- погрешность приспособления;
- регулирование зазоров в соединениях деталей;
- обеспечение требуемой точности замыкающего звена в сборочной размерной цепи приспособления;
- порядок смазки приспособления (способ, марка смазки, периодичность замены, объём, проверка уровня и т.д.);
- контрольные испытания (методы контроля, средства измерения и т.д.);
- заземление электродвигателей и пусковой аппаратуры;
- маркирование и клеймение;
- порядок монтажа.

Расчёт сил зажима заготовки в приспособлении

При наличии схемы установки и закрепления заготовки в приспособлении, знании величин, мест приложения и направления действия сил и их моментов, составляется уравнение равновесия заготовки в процессе её обработки.

Надо стремиться, чтобы зажимное усилие было направлено перпендикулярно к установочной технологической базе, т.е. не вызывала отрыва заготовки от выбранных баз.

Заготовка находится под действием приложенных к ней всех внешних сил и их моментов (сил резания, зажимных сил, реакции опор, сил трения и т.д.).

Величину сил резания и их моментов определяют из условий обработки заготовки по формулам теории резания металлов (см. подраздел 4.5.5).

Для обеспечения надёжности зажима заготовки в приспособлении в расчетах принимают коэффициент запаса K по данным, приведенным в литературе [39,42,54, 125].

Коэффициент запаса K предусматривает возможное увеличение силы резания из-за затупления режущего инструмента, неоднородности обрабатываемого материала, неравномерности припуска на обрабатываемой поверхности и т.д.

В общем виде условие равновесия заготовки в приспособлении, возникающее под действием сил резания и сил зажима, можно представить в виде формулы

$$W \geq \frac{K \cdot P_{рез}}{\psi}, \quad (50)$$

где W – усилие зажима;

K – коэффициент запаса;

$P_{рез}$ – сила резания;

ψ – коэффициент трения в местах контакта заготовки с элементами приспособления.

В справочниках приводятся расчётные формулы сил зажима с учётом назначения конструкции зажимного устройства и схемы закрепления заготовки [37-39,42,54, 125].

В зажимных устройствах нередко применяются винтовые механизмы. В этом случае допускаемое зажимное усилие, создаваемое винтовым механизмом, определяется по формуле:

$$W=d^2 \cdot [\sigma_p] \cdot C^2 , \quad (51)$$

где d – номинальный диаметр резьбы, мм;

$[\sigma_p]$ – допускаемое напряжение материала, МПа;

C – коэффициент для основных метрических резьб, $C=1,4$.

Рассчитав усилие зажима заготовки по формуле (50), можно определить номинальный диаметр резьбы винтового механизма по формуле:

$$d = \frac{1}{C} \cdot \sqrt{\frac{W}{[\sigma_p]}} \quad (52)$$

или выбрать по [42, табл. 105 и 107, с 222-225].

Расчёт допустимой погрешности изготовления приспособления

При обработке поверхностей заготовки на станке с использованием проектируемого приспособления, необходимо обеспечить заданную точность размеров, формы и взаимного расположения поверхностей (плоскостность и параллельность поверхностей или их осей, соосность осей отверстий, перпендикулярность торца к цилиндрической поверхности или её оси и т.д.).

При проектировании приспособления надо учитывать возможность обеспечения заданной точности в зависимости от применяемого метода обработки.

Наряду с другими факторами на погрешность обработки оказывает влияние погрешность изготовления приспособления, неточность которого приводит к погрешности обработки заготовки по выдерживаемому размеру и в большинстве случаев к погрешности взаимного положения обработанной и базовой поверхностей.

При определении погрешности приспособления надо учитывать метод обработки, особенности конструкции приспособления и его установки на станке.

Например, обработка отверстий в заготовках с использованием кондукторов вызывает погрешность межцентровых расстояний обрабатываемых отверстий, расстояния от установочной и измерительной баз до оси обрабатываемого отверстия, отклонение от перпендикулярности оси обрабатываемого отверстия к опорному торцу заготовки.

Методики расчёта суммарной погрешности обрабатываемой заготовки, вызванные неточностью изготовления приспособления, подробно изложены в литературе [20,21, т.1, гл.1; 33,37-42].

Погрешность изготовления приспособления можно определить расчётно-аналитическим способом или с помощью практических рекомендаций указанной литературы по назначению величин составляющих погрешностей изготовления приспособления.

Суммарная погрешность обработки определяется как сумма всех составляющих, оказывающих влияние на точность получения заданных размеров и должна быть меньше допуска на соответствующий заданный размер заготовки т.е.

$\sum \varepsilon_{об} \leq \delta$,

где δ - допуск на соответствующий размер расположения обрабатываемой поверхности заготовки, заданный на чертеже детали, мм.

Точность изготовления приспособления ($\varepsilon_{пр}$) можно определить по формуле:

$$\varepsilon_{пр} \leq \delta - K \cdot \sqrt{(K_1 \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{уст}^2 + \varepsilon_{изм}^2 + \varepsilon_n^2 + (K_2 \cdot \omega)^2}, \quad (53)$$

где K – коэффициент, указывающий отступление от закона нормального распределения отдельных составляющих. Принимаем $K=1,2$;

K_1 – коэффициент, принимаемый во внимание в случае, когда $\varepsilon_{\delta} \neq 0$. В условиях серийного производства принимаем $K_1=0,85$;

K_2 – коэффициент, равный 0,6 – 0,8;

ε_6 – погрешность базирования заготовки в приспособлении [42, табл.74, с. 152-161];

ε_3 – погрешности, возникающие в результате деформации заготовки и приспособления при закреплении [42, табл.75-78, с.162-168];

$\varepsilon_{уст}$ – погрешность установки приспособления на станке [42, табл.79, с.170]. В серийном производстве можно принять $\varepsilon_{уст}=0,01 \div 0,1$ мм;

$\varepsilon_{изн}$ – погрешности, возникающие в результате износа деталей приспособления [41,42 табл.80-82, с.172-176];

$\varepsilon_{п}$ – погрешность установки и смещения режущего и вспомогательного инструмента на станке, вызываемая неточностью изготовления направляющих элементов приспособления [42, табл.85, с. 183].

При отсутствии направляющих элементов погрешность не учитывается;

ω – значение погрешности обработки, исходя из экономической точности данного метода (приложения Е и Ж).

Примеры расчета различных видов приспособлений приведены в литературе [42, табл.88-92, с 187-198].

В справочнике И.М. Олерова [41] основным исходным фактором для определения допусков на размеры деталей приспособления и величин их износа принимается допуск “а”, характеризующий взаимное расположение поверхностей. Например, отклонение обрабатываемой поверхности относительно базы.

В общем виде зависимость величины “а” от ряда факторов, вызывающих погрешность в различных приспособлениях, можно записать так:

$$a=f(a_{ц}, a_{п}, a_{н}, a_{и}, a_{э}),$$

где $a_{ц}$ – погрешность смещения детали относительно приспособления при установке.

Например, при базировании заготовки по отверстию на вал приспособления или на гладкую цилиндрическую оправку; при базировании

кондукторной плиты по отверстию на центрирующий буртик крышки и т.д.,

$$a_u = \frac{B - Ц}{2},$$

где B – наибольший предельный размер отверстия;

Ц – наименьший предельный размер вала приспособления;

a_n – погрешность приспособления, вызванная неточностью его изготовления

$$a_n = (0,07 \div 0,10) a;$$

$a_{и}$ – погрешность центрирования инструмента по втулке (например, для кондукторов).

$$a_u = \frac{\alpha_{вт} - \alpha_u}{2},$$

где $\alpha_{вт}$ – наибольший предельный размер отверстия втулки;

α_u – наименьший предельный размер диаметра инструмента;

a_n – погрешность настройки приспособления

$$a_n = (0,1 \div 0,3) a;$$

a_3 – погрешность, вызванная отклонением от concentricности диаметров сменной кондукторной втулки

$$a_3 = (0,05 \div 0,12) a.$$

После определения погрешностей, вызванных отдельными факторами, определяют суммарную допускаемую погрешность a_d

$$a_d = a_u + a_n + a_{и} + a_3.$$

Последние две составляющие ($a_{и}$ и a_3) рассчитываются для кондуктора.

Выше приведены в качестве примера две методики расчёта суммарной допускаемой погрешности проектируемого приспособления, которые обозначены в первой методике $\varepsilon_{пр}$, во второй – a_d , и соответственно допуск на соответствующий размер расположения обрабатываемых поверхностей заготовки относительно базы, заданный по чертежу, обозначен в первой методике – δ , во второй – a .

Расчёт следует проводить по методике, которая учитывает в большей степени реальные условия механической обработки на операции (установе, переходе), где применяется проектируемое приспособление и которая даёт более реальные результаты по величине суммарной погрешности приспособления (она не должна превышать величину δ или a , т.е. $\varepsilon_{\text{пр}} \leq \delta$ или $a_d \leq a$).

Особенности проектирования контрольных приспособлений и методика определения погрешностей контрольных приспособлений приведены в [5, т. 2, разд. 2.8, с. 136-159].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В разделе «заключение» курсового проекта приводятся основные выводы по результатам выполнения проекта по решению основных технологических и конструкторских задач, сформулированных в задании на курсовое проектирование. В частности, может быть отмечено, что:

- в соответствии с ГОСТ 3.1121-84 [75, п. 1.2] по коэффициенту закрепления операций определен соответствующий тип производства;
- рассчитан размер партии одновременно запускаемых заготовок в производство и периодичность их запуска;
- предлагается с учетом типа производства непоточная, стационарная с расчленением сборочных работ организационная форма сборки заданного механизма машины;
- разработан комплект технологической документации на сборку заданного механизма машины (маршрутная карта на общую сборку и операционная карта на сборку одной сборочной единицы);
- проведен анализ нескольких вариантов обработки отверстия в корпусной детали на основе экономически достижимых параметров качества поверхностного слоя отверстия и выбран конкретный вариант обработки;

- на первой вертикально-фрезерной операции обработки корпуса из трёх возможных вариантов базирования заготовки на основе расчета технологических размерных цепей принят вариант базирования корпуса по главным отверстиям и двум плоским поверхностям, который обеспечивает наименьшее смещение оси растачиваемых главных отверстий относительно оси отверстий в заготовке корпуса на второй горизонтально-расточной операции;

- разработан комплект технологической документации на изготовление корпуса (маршрутная карта и операционные карты с картами эскизов на вертикально-фрезерную и горизонтально-расточную операции);

- спроектировано специальное станочное приспособление на горизонтально-расточную операцию, обеспечивающее заданную точность расположения главных отверстий корпуса относительно основных конструкторских баз.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Александров Ю.П. Основы технологии машиностроения. Решение задач для разработки технологического процесса изготовления детали машины. Методические указания к курсовой работе для студентов высших учебных заведений всех форм обучения специальности 151001.65 - Технология машиностроения / Ю.П. Александров. – Калининград, 2004.– 111с.
- 2 Балакшин Б.С. Теория и практика технологии машиностроения: в 2-х кн. / Б.С. Балакшин. – М., 1982.
- 3 Горбачевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред. – Минск, 1983. – 256 с.
- 4 Ковшов А.Н. Технология машиностроения / А.Н. Ковшов. – М., 1987. – 320 с.
- 5 Технология машиностроения: в 2-х т. / В.М. Бурцев, А.С. Васильев, А.М. Дальский и др.; под ред. А.М. Дальского – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001.
- 6 Махаринский Е.И. Основы технологии машиностроения / Е.И. Махаринский, В.А. Горохов. – Минск, 1997. – 423 с.
- 7 Базров Б.М. Основы технологии машиностроения / Б.М. Базров. – М., 2005. – 736 с.
- 8 Технология машиностроения (специальная часть) / А.А. Гусев, Е.Р. Ковальчук, И.М. Колесов и др. - М., 1986. – 480 с.
- 9 Новиков М.П. Основы сборки машин и механизмов / М.П. Новиков. – М., 1980. – 592 с.
- 10 Общемашиностроительные нормативы времени на сборку слесарную и обработку деталей и слесарно-сборочные работы. – М., 1974. – 280 с.
- 11 Худобин Л.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / Л.В. Худобин, В.Ф. Гурьянихин, В.Р. Берзин. – М., 1989. – 288 с.

- 12 Классификатор технологических операций машиностроения и приборостроения 1 85 151. – М., 1987. – 120 с.
- 13 Классификатор технологических переходов машиностроения и приборостроения 189 187. – М., 1991. – 119 с.
- 14 Классификатор ЕСКД. 179 100. Класс 28. Оснастка технологическая. Инструмент режущий. – М., 1986. – 54 с.
- 15 Усынин В.Ф. Неразъемные соединения: методические указания по выполнению практической работы для студентов дневной и заочной форм обучения высших заведений по специальности 151001.65 – Технология машиностроения / В.Ф. Усынин. – Калининград, 2006. – 58 с.
- 16 Колесов И.М. Основы технологии машиностроения: учебник для машиностроительных вузов / И.М. Колесов. – Л., 1985. – 512 с.
- 17 Маталин А.А. Технология машиностроения: учебник для машиностроительных вузов / А.А. Маталин. – Л., 1985. – 512 с.
- 18 Митрофанов С.П. Групповая технология машиностроительного производства: в 2-х т. / С.П. Митрофанов. – Л., 1983.
- 19 Размерный анализ технологических процессов / В.В. Матвеев, М.М. Тверской, Ф.И. Бойков и др. – М., 1982. – 264 с.
- 20 Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М., 1985.
- 21 Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова. – М., 2001.
- 22 Солонин И.С. Расчет сборочных и технологических размерных цепей / И.С. Солонин. – М., 1980. – 110 с.
- 23 Правдин Ю.Ф. Размерные цепи: методические указания по оформлению иллюстративного листа размерного анализа в курсовых и дипломных проектах (работах) для студентов специальности 151001.65- «Технология машиностроения» / Ю.Ф. Правдин. – Калининград, 2000. – 13 с.

- 24 Балабанов А.Н. Технологичность конструкций машин / А.Н. Балабанов. – М., 1987. – 330 с.
- 25 Балабанов А.Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя / А.Н. Балабанов. – М., 1990. – 350 с.
- 26 Технология машиностроения: учебное пособие для вузов: в 2-х кн. под ред. С.А. Мурашкина. – М., 2003.
- 27 Технология машиностроения: учебник для вузов: в 2-х т. / под ред. А.М. Дальского. – М., 2001.
- 28 Справочник технолога. Обработка металлов резанием / под ред. А.А. Панова. – М., 1988. – 736 с.
- 29 Правдин Ю.Ф. Документы текстовые учебные. Титульные листы и основные надписи: методические указания / Ю.Ф. Правдин. – Калининград, 2003. – 13 с.
- 30 Правдин Ю.Ф. Документы текстовые учебные. Общие требования к оформлению: методические указания / Ю.Ф. Правдин, В.Ф. Усынин, Т.П. Колина. – Калининград, 2006. – 87 с
- 31 Суслов А.Г. Технология машиностроения: учебник для вузов / А.Г. Суслов. – М., 2004. – 400 с.
- 32 Кузьмин В.В. Математическое моделирование технологических процессов сборки и механообработки изделий машиностроения: учебное пособие для вузов / В.В. Кузьмин, А.Г. Схиртладзе, В.Н. Тилипалов. – Калининград, 1999. – 224 с.
- 33 Косилова А.Г. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении: справочник технолога / А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков, М.А. Калинин. – М., 1976. – 288 с.
- 34 Чарнко Д.В. Основы выбора технологического процесса механической обработки / Д.В. Чарнко. – М., 1963. – 320 с.
- 35 Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков / М.А. Ансеров. – Л., 1975. – 656 с.

- 36 Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. – М., 2001.
- 37 Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: справочник. – М., 1979. – 304 с.
- 38 Станочные приспособления: в 2-х т./ под ред. Б.Н. Вардашкина, А.Г. Шатиирова. – М., 1984.
- 39 Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений в машиностроении / В.С. Корсаков. – М., 1983. – 277 с.
- 40 Микитянский В.В. Точность приспособлений в машиностроении / В.В. Микитянский. – М., 1984. – 325 с.
- 41 Олеров И.М. Допуски на изготовление и износ деталей станочных приспособлений: справочник / И.М. Олеров. – М., 1983. – 56 с.
- 42 Антонюк В.Е. Конструктору станочных приспособлений: справочник / В.Е. Антонюк. – Минск, 1991. – 400 с.
- 43 Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения / под ред. А.С. Горленко. – М., 1988. – 192 с.
- 44 Технологичность конструкций изделий: справочник / под ред. Ю.Д. Амирова. – М., 1985. – 353 с.
- 45 Дьячков В.Б. Специальные металлорежущие станки общего машиностроительного применения: справочник / В.Б. Дьячков. – М., 1989. – 287 с.
- 46 Металлорежущие инструменты / Г.Н. Сахаров, О.Б. Арбузов и др. – М., 1989. – 328 с.
- 47 Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках: в 2-х ч. – М., 1974.
- 48 Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на шлифовальных и доводочных станках. – М., 1974. – 203 с.

49 Общемашиностроительные нормативы времени: вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. – М., 1984. – 380 с.

50 Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Массовое производство. – М., 1974. – 136 с.

51 Общемашиностроительные укрупненные нормативы времени на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Единичное, мелкосерийное и среднесерийное производство: в 3-х ч. – М., 1987.

52 Общемашиностроительные нормативы времени на термообработку (закалку) током высокой частоты конструкционных, углеродистых и малолегированных сталей. – М., 1973. – 71 с.

53 Общемашиностроительные нормативы времени на термообработку изделий в печах пламенных, электрических и соляных ваннах. – М., 1973. – 111 с.

54 Горохов В.А. Проектирование и расчет приспособлений: учебное пособие / В.А. Горохов. – Минск, 1986. – 236 с.

55 Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места, на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Массовое производство. – М., 1988. – 366 с.

56 Кузнецов Ю.И. Оснастка для станков с ЧПУ: справочник / Ю.И. Кузнецов, А.Р. Маслов, А.Н. Байков. – М., 1983. – 359 с.

57 Правдин Ю.Ф. Документы технологические учебные. Технологические эскизы: методические указания по оформлению иллюстративного листа технологических эскизов при выполнении курсовых и дипломных проектов и работ студентами направления 552900 «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительного производства» / Ю.Ф. Правдин. – Калининград, 1999. – 31 с.

58 ГОСТ 2.102-68 ЕСКД Виды и комплектность конструкторских документов. – М., 1968. – 12 с.

59 ГОСТ 2.105-95 ЕСКД Общие требования к текстовым документам. – Минск, 1996. – 36 с.

60 ГОСТ 2.109-73 ЕСКД Основные требования к чертежам. – М., 1973. – 23 с.

61 ГОСТ 2.307-68 ЕСКД Нанесение размеров и предельных отклонений. – М., 1968. – 34 с.

62 ГОСТ 2.308-79 ЕСКД Указания на чертежах допусков формы и расположения поверхностей. – М., 2002. – 10 с.

63 ГОСТ 2.309-73 ЕСКД Обозначение шероховатости поверхностей. – М., 2002. – 10 с.

64 ГОСТ 2.310-68 ЕСКД Нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки. – М., 1968. – 6 с.

65 ГОСТ 2.312-72 ЕСКД Условные изображения и обозначения швов сварных соединений. – М., 1972. – 5 с.

66 ГОСТ 2.316-68 ЕСКД Правила нанесения на чертежах надписей, технологических требований и таблиц. – М., 1968. – 7 с.

67 ГОСТ 3.1102-81 ЕСТД Стадии разработки и виды документов. – М., 2001. – 6 с.

68 ГОСТ 3.1103-82 ЕСТД Основные надписи. – М., 1983. – 10 с.

69 ГОСТ 3.1105-84 ЕСТД Формы и правила оформления документов общего назначения. – М., 1985. – 19 с.

70 ГОСТ 3.1107-81 ЕСТД Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические изображения. – М., 1983. – 8 с.

71 ГОСТ 3.1109-82 ЕСТД Термины и определения основных понятий. – М., 1985. – 16 с.

72 ГОСТ 3.1118-82 ЕСТД Формы и правила оформления маршрутных карт. – М., 2001. – 22 с.

73 ГОСТ 3.1119-83 ЕСТД Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на единичные технологические процессы. – М., 1985. – 13 с.

74 ГОСТ 3.1120-83 ЕСТД Общие правила отражения и оформления требований безопасности труда в технологической документации. – М., 1984. – 9 с.

75 ГОСТ 3.1121-84 ЕСТД Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на типовые и групповые технологические процессы (операции). – М., 1988. – 41 с.

76 ГОСТ 3.1127-93 ЕСТД (введен впервые) Общие правила выполнения текстовых технологических документов. – М., 1995. – 11 с.

77 ГОСТ 3.1128-93 ЕСТД (введен впервые) Общие правила выполнения графических технологических документов. – М., 1995. – 19 с.

78 ГОСТ 3.1129-93 ЕСТД Общие правила записи технологической информации в технологических документах на технологические процессы и операции. – М., 1995. – 31 с.

79 ГОСТ 3.1130-93 ЕСТД Общие требования к формам и бланкам документов. – М., 1995. – 5 с.

80 ГОСТ 3.1404-86 ЕСТД Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием. – М., 1986. – 56 с.

81 ГОСТ 3.1405-86 ЕСТД Формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы термической обработки. – М., 1987. – 7 с.

82 ГОСТ 3.1407-86 ЕСТД Формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы (операции), специализированные по методам сборки. – М., 1987. – 27 с.

83 ГОСТ 3.1408-85 ЕСТД Формы и правила оформления документов на технологические процессы получения покрытий. – М., 1986. – 14 с.

84 ГОСТ 3.1419-85 ЕСТД Формы и правила оформления документов на технологические процессы сварки. – М., 1985. – 35 с.

85 ГОСТ 3.1502-85 ЕСТД Формы и правила оформления документов на технологический контроль. – М., 1986. – 12 с.

86 ГОСТ 3.1702-79 ЕСТД Правила записи операций и переходов. Обработка резанием. – М., 1982. – 32 с.

87 ГОСТ 3.1703-79 ЕСТД Правила записи операций и переходов. Слесарные. Слесарно-сборочные работы. – М., 1986. – 9 с.

88 ГОСТ 3.1705-81 ЕСТД Правила записи операций и переходов. Сварка. – М., 1984. – 7 с.

89 ГОСТ 7.1-2003 Библиографическое описание документа. – М., 2003. – 49 с.

90 ГОСТ 7.12-93 Сокращение русских слов и словосочетаний в библиографическом описании. – М., 1998. – 26 с.

91 ГОСТ 9.105-80 ЕСКД Покрытия лакокрасочные. Класс соединения и основные параметры методов окрашивания. – М., 1996. – 26 с.

92 ГОСТ 9.301-78 ЕСКД Покрытия металлические и неметаллические. Общие требования. – М., 2004. – 15 с.

93 ГОСТ 9.303-84 ЕСКД Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Общие требования к выбору. – М., 1997. – 75 с.

94 ГОСТ 14.004-83 ЕСТПП Термины и определения основных понятий. – М., 1983. – 12 с.

95 ГОСТ 14.201-83 ЕСТПП Общие правила обеспечения технологичности конструкции изделия. – М., 1984. – 10 с.

96 ГОСТ 14.301-83 ЕСТПП Общие правила разработки технологических процессов и выбора средств технологического оснащения. – М., 1983.

97 ГОСТ 14.303-73 ЕСТПП Правила разработки и применения типовых технологических процессов. – М., 1975.

98 ГОСТ 370-81 Станки вертикально-сверлильные. Нормы точности и жесткости. – М., 1982. – 22 с.

99 ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры, характеристики и обозначения. – М., 1990. – 10 с.

100 ГОСТ 5264-80 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – М., 1980. – 34 с.

101 ГОСТ 9726-83 Станки фрезерные вертикальные с крестовым столом. Нормы точности и жесткости. – М., 1984. – 36 с.

102 ГОСТ 11654-84 Станки фрезерные круглошлифовальные. Нормы точности и жесткости. – М., 1985. – 27 с.

103 ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. – М., 1996. – 60 с.

104 ГОСТ 17734-81 Станки фрезерные консольные. Нормы точности и жесткости. – М., 1987. – 28 с.

105 ГОСТ 18097-88 Станки токарно-винторезные и токарные. Основные размеры. Нормы точности и жесткости. – М., 1988. – 31 с.

106 ГОСТ 18098-79 Станки координатно-расточные и координатно-шлифовальные. Нормы точности. – М., 1986. – 27 с.

107 ГОСТ 18831-73 Технологичность конструкций изделий. – М., 1973.

108 ГОСТ 19257-73 Отверстия под нарезание метрической резьбы. Диаметры. – М., 1988. – 31 с.

109 ГОСТ 19258-73 Стержни под нарезание метрической резьбы. Диаметры. – М., 1974. – 26 с.

110 ГОСТ 21495-76 Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения. – М., 1976. – 35 с.

111 ГОСТ 25751-83 Инструменты режущие. Термины и определения общих понятий. – М., 1983. – 24 с.

112 ГОСТ 25761-83 Виды обработки резанием. Термины и определения общих понятий. – М., 1983. – 6 с.

113 ГОСТ 25762-83 Обработка резанием. Термины, определения и обозначения общих понятий. – М., 1985. – 41 с.

114 РД 50-98-86 Методические указания. Выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500мм. – М., 1987. – 83 с.

115 РД 50-635-87 Методические указания. Цепи размерные. Основные понятия. Методы расчета линейных и угловых цепей. – М., 1987. – 45 с.

116 ГОСТ 2110-85 Станки горизонтально-расточные. Нормы точности. – М., 1985. – 28 с.

117 ГОСТ 26645-85 Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. – М., 1989. – 55 с.

118 ГОСТ 24643-81 ОНВ. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения. – М., 1984. – 14 с.

119 Альбом контрольно-измерительных приспособлений / Ю.С. Степанов, В.И. Афонасьев, А.Г. Схиртладзе, А.Е. Щукин, А.С. Ямников; под общ. ред. Ю.С. Степанова. – М.: Машиностроение, 1998. – 184с.

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

121 Степанов Ю.С. Современные конструкции станочных оправок / Ю.С. Степанов. – М.: Машиностроение, 1996. – 184 с.

122 Баранчиков В.И. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: справочник / В.И. Баранчиков, А.В. Жаринов, Н.Д. Юдина и др.; под общ. ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.

123 Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым и программным управлением: в 2-х ч. – М.: Экономика, 1990.

124 Локтев А.Д. Общемашиностроительные нормативы режимов резания: справочник: в 2-х т. / А.Д. Локтев, Н.Ф. Гущин, В.А. Батуев и др. – М.: Машиностроение, 1991.

125 Правдин Ю.Ф. Основы проектирования станочных приспособлений: учебное пособие / Ю.Ф. Правдин. – Калининград: ФГОУ ВПО «КГТУ», 2007. – ч.1. – 288 с.

Приложение А

Пример оформления титульного листа курсового проекта

Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Калининградский государственный технический университет»

Кафедра технологии автоматизированного машиностроения

Курсовой проект
допущен к защите
руководитель

(Ф.И.О.руководителя, звание)
_____200_г.
(дата, подпись)

Курсовой проект защищен
с оценкой
руководитель

(Ф.И.О.руководителя, звание)
_____200_г.
(дата, подпись)

Технологический процесс сборки

(Наименование механизма изделия и его составной части)

и изготовления

(Наименование детали, обозначение чертежа)

Курсовой проект по дисциплине
«Технология машиностроения»

Пояснительная записка

КП 52.151001.65.ПЗ

Нормоконтролер

(Ф.И.О. звание)
_____200_г.
(дата, подпись)

Проект выполнил

(Ф.И.О.студента)
_____200_г.
(дата, подпись)

Приложение Б

Форма задания на курсовой проект

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

«Калининградский государственный технический университет»

Кафедра технологии автоматизированного машиностроения

Задание

на курсовой проект по технологии машиностроения

Студент _____ группа _____

1 Тема проекта: _____

2 Исходные данные:

- чертеж детали _____
- чертеж сборочной единицы _____
- годовая программа выпуска деталей _____

3 Перечень графических материалов курсового проекта:

3.1 Технологические схемы сборки сборочных единиц машины.

3.2 Анализ точности изготовления детали.

3.3 Технологические эскизы обработки заготовки.

3.4 Сборочный чертеж приспособления (станочного, сборочного или контрольного)

3.5 _____

4 Содержание пояснительной записки:

- аннотация
- задание
- введение
- определение типа производства и размера партии деталей
- технологический процесс сборки изделия и его составных частей:
 - технологические схемы и циклограммы сборки изделия
 - описание сборки отдельных сборочных единиц изделия
 - анализ технологичности сборочных единиц
- технологический процесс изготовления детали
- разработка технологического маршрута изготовления детали
- выбор технологических баз на первой и последующих операциях механической обработки заготовки
- анализ точности обработки наиболее ответственных поверхностей заготовки при разных вариантах маршрута обработки
- разработка технологических операций
- выбор технологического оборудования, его технические характеристики
- выбор технологической оснастки (приспособлений, режущего, мерительного и вспомогательного инструмента)
- расчет режимов резания на трех разнохарактерных операциях
- техническое нормирование всех операций технологического процесса изготовления детали
- научно-исследовательская работа
- заключение
- список используемых источников
- приложения (маршрутные и операционные карты технологии сборки изделия и изготовления детали, спецификация на приспособление, другие материалы)

5 Дата выдачи задания _____

(подпись руководителя)

6 Срок сдачи студентом курсового проекта _____

Принял к выполнению студент _____ (подпись, дата, фамилия и инициалы)

Приложение В

Пример аннотации курсового проекта по дисциплине “Технология машиностроения” студента группы 00-ТМ Иванова А.А

Технологический процесс сборки механизма периодического поворота Н40- ИНА 125.02.010СБ машины укладочной универсальной Н40- ИНА 125 и изготовления корпуса Н40- ИНА 125.02.077, КГТУ, 2008- КП. 65 с, 6 рисунков, 8 таблиц, 25 источников. Приложения на 15 страницах.

Графический материал объемом 4 листа формата А1, в том числе технологические схемы сборки и циклограммы сборки сборочных единиц механизма периодического поворота; анализ точности изготовления корпуса на вертикально-фрезерной и горизонтально-расточной операциях; карты эскизов обработки заготовки на: вертикально-фрезерной и горизонтально-расточной операциях; сборочный чертеж специального станочного приспособления на горизонтально-расточную операцию.

Актуальность проекта определяется необходимостью совершенствования технологии сборки механизма периодического поворота машины ИНА 125 и изготовления корпуса, в связи с активным развитием рыбной промышленности и увеличением выпуска технологического оборудования для потребностей рыбной отрасли.

Разработаны технологические процессы сборки механизма машины и изготовления корпуса для мелкосерийного производства в соответствии с выполненными расчетами коэффициента закрепления операций.

На основе анализа вариантов базирования корпуса на вертикально-фрезерной операции и анализа обеспечения точности расположения главных отверстий относительно основной конструкторской базы принят вариант базирования корпуса по главным отверстиям и двум плоскостям.

Разработаны комплекты технологических документов на технологические процессы сборки механизма машины и изготовления корпуса.

ГОСТ 3.1118-82 Форма 2															
Цех	Уч	РМ	опер.	код	ЕВ	МД	ЕН	Нрасх	КИМ	код загот	Профиль и размеры			КД	МЗ
Наименование операции															
Наименование оборудования															
Наименование документа															
А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	Н	О	П	Р
Сборочные единицы, детали															
М01															
М02															
М03															
М04															
М05															
М06															
М07															
М08															
М09															
М10															
М11															
М12															
М13															
М14															
М15															
М16															
М17															
М18															
М19															
М20															
М21															
М22															
М23															
М24															
М25															
М26															
М27															
М28															
М29															
М30															
М31															
М32															
М33															
М34															
М35															
М36															
М37															
М38															
М39															
М40															
М41															
М42															
М43															
М44															
М45															
М46															
М47															
М48															
М49															
М50															
М51															
М52															
М53															
М54															
М55															
М56															
М57															
М58															
М59															
М60															
М61															
М62															
М63															
М64															
М65															
М66															
М67															
М68															
М69															
М70															
М71															
М72															
М73															
М74															
М75															
М76															
М77															
М78															
М79															
М80															
М81															
М82															
М83															
М84															
М85															
М86															
М87															
М88															
М89															
М90															
М91															
М92															
М93															
М94															
М95															
М96															
М97															
М98															
М99															
М100															
М101															
М102															
М103															
М104															
М105															
М106															
М107															
М108															
М109															
М110															
М111															
М112															
М113															
М114															
М115															
М116															
М117															
М118															
М119															
М120															
М121															
М122															
М123															
М124															
М125															
М126															
М127															
М128															
М129															
М130															
М131															
М132															
М133															
М134															
М135															
М136															
М137															
М138															
М139															
М140															
М141															
М142															
М143															
М144															
М145															
М146															
М147															
М148															
М149															
М150															
М151															
М152															
М153															
М154															
М155															
М156															
М157															
М158															
М159															
М160															
М161															
М162															
М163															
М164															
М165															
М166															
М167															
М168															
М169															
М170															
М171															
М172															
М173															
М174															
М175															
М176															
М177															
М178															
М179															
М180															
М181															
М182															
М183															
М184															
М185															
М186															
М187															
М188															
М189															
М190															
М191															
М192															
М193															
М194															
М195															
М196															
М197															
М198															
М199															
М200															
М201															
М202															
М203															
М204															
М205															
М206															
М207															
М208															
М209															
М210															
М211															
М212															
М213															
М214															
М215															
М216															
М217															
М218															
М219															
М220															
М221															
М222															
М223															
М224															
М225															
М226															
М227															
М228															
М229															
М230															
М231															
М232															
М233															
М234															
М235															
М236															
М237															
М238															
М239															
М240															
М241															
М242															
М243															
М244															
М245															
М246															
М247															
М248															
М249															
М250															
М251															
М252															
М253															
М254															
М255															
М256															
М257															
М258															
М259															
М260															
М261															
М262															
М263															
М264															
М265															
М266															
М267															
М268															
М269															
М270															
М271															
М272															
М273															
М274															
М275															
М276															
М277															
М278															
М279															
М280															
М281															
М282															
М283															
М284															
М285															
М286															
М287															
М288															
М289															
М290															
М291															
М292															
М293															
М294															
М295															
М296															
М297															
М298															
М299															
М300															
М301															
М302															
М303															
М304															
М305															
М306															
М307															
М308															
М309															
М310															
М311															
М312															
М313															
М314															
М315															
М316															
М317															
М318															
М319															
М320															
М321															
М322															
М323															
М324															
М325															
М326															
М327															
М328															
М329															
М330															
М331															
М332															
М333															
М334															
М335															
М336															
М337															
М338															
М339															
М340															
М341															
М342															
М343															
М344															
М345															
М346															
М347															
М348															
М349															
М350															
М351															
М352															
М353															
М354															
М355															
М356															
М357															
М358															
М359															
М360															
М361															
М362															
М363															
М364															
М365															
М366															
М367															
М368															
М369															
М370															
М371															
М372															
М373															
М374															
М375															
М376															
М377															
М378															
М379															
М380															
М381															
М382															
М383															
М384															
М385															
М386															
М387															
М388															
М389															
М390															
М391															
М392															
М393															
М394															
М395															
М396															
М397															
М398															
М399															
М400															
М401															
М402															
М403															
М404															
М405															
М406															
М407															
М408															
М409															
М410															
М411															
М412															
М413															
М414															
М415															
М416															
М417															
М418															
М419															
М420															
М421															
М422															
М423															
М424															
М425															
М426															
М427															
М428															
М429															
М430															
М431															
М432															
М433															
М434															
М435															
М436															
М437															
М438															
М439															
М440															
М441															
М442															
М443															
М444															
М445															
М446															
М447															
М448															
М449															
М450															
М451															
М452															
М453															
М454															
М455															
М456															
М457															
М458															
М459															
М460															
М461															
М462															
М463															
М464															
М465															
М466															
М467															
М468															
М469															
М470															
М471															
М472															
М473															
М474															
М475															
М476															
М477															
М478															
М479															
М480															
М481															
М482															
М483															
М484															
М485															
М486															
М487															
М488															
М489															
М490															
М491															
М492															
М493															
М494															
М495															
М496															
М497															
М498															
М499															
М500															
М501															
М502															
М503															
М504															
М505															
М506															
М507															
М508															
М509															
М510															
М511															
М512															
М513															
М514															
М515															
М516															
М517															
М518															
М519															
М520															
М521															
М522															
М523															
М524															
М525															
М526															
М527															
М528															
М529															
М530															
М531															
М532															
М533															
М534															
М535															
М536															
М537															
М538															
М539															
М540															
М541															
М542															
М543															
М544															
М545															
М546															
М547															
М548															
М549															
М550															
М551															
М552															
М553															
М554															
М555															
М556															
М557															
М558															
М559															
М560															
М561															
М562															
М563															
М564															
М565															
М566															
М567															
М568															
М569															
М570															
М571															
М572															
М573															

229

ГОСТ 3.1118-82 форма 16

Лист
Взам.
Подп.

Мк

3 3

код. Наименование операции

код. Наименование оборудования

Наименование детали, сб. ед., материала

опер.

цех

уч

РМ

см

проф.

Р

УТ

КР

КОИД

ЕН

ОП

К шт.

Т пз.

Т шт.

Н. рас.

Обозначение, код

Обозначение документа

025 Комплектующая

Скомплектовать узел - Крышка в сборе (поз.33) деталями (поз.154(4), поз.127(4), поз.143, поз.162, поз.102(4), поз.68, поз.69, поз.51, поз.41(4), поз.154(4), поз.127(4), поз.101(5), поз.72, поз.143, поз.162, поз.154(4), вал в сборе (поз.67), колеса в сборе (поз.72) стакан в сборе (поз.63).

030 Слесарно-сборочная узла - крышка в сборе (поз.33).

Верстак слесарный.

Оправка, молоток, гаечный ключ.

На крышку (поз.33) установить стакан (поз.63), заглушки (поз.68, 69), крышку (поз.51), закрепить болтами М10 (поз.127) с шайбами (поз.41 154). Установить на вал (поз.67), прокладки (поз.10), колеса зубчатое (поз.72), закрепить гайкой М24 (поз.143) и деталями (поз.61 162)

Проверить плавность вращения вала рукой. Вращение вала должно быть плавным без заеданий

Отрегулировать осевой люфт прокладками (поз.102)

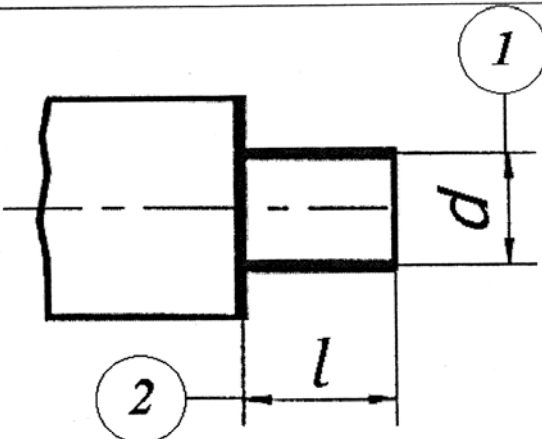
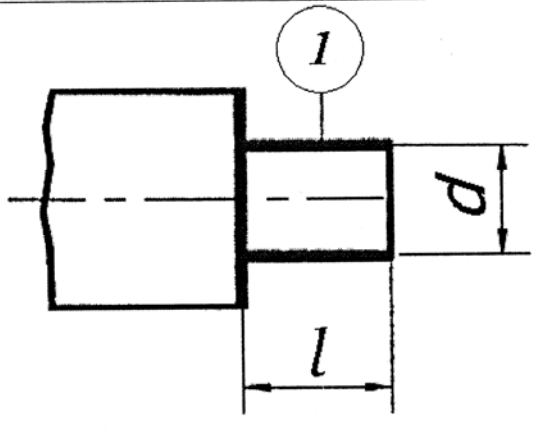
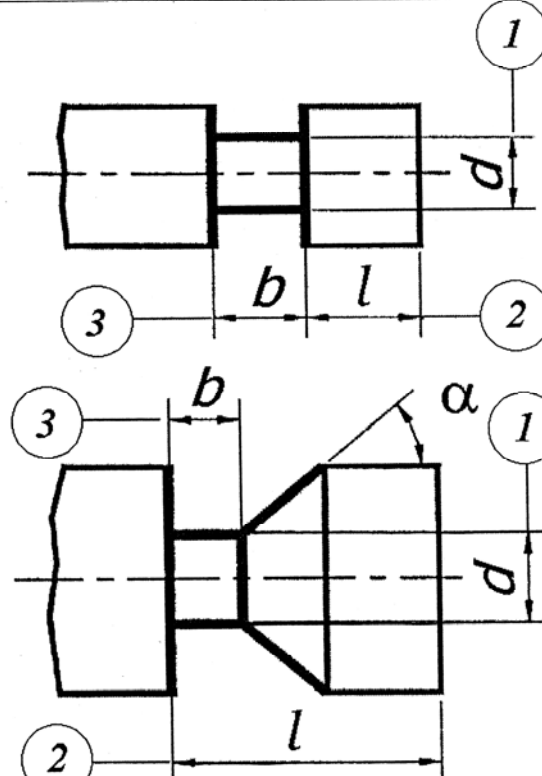
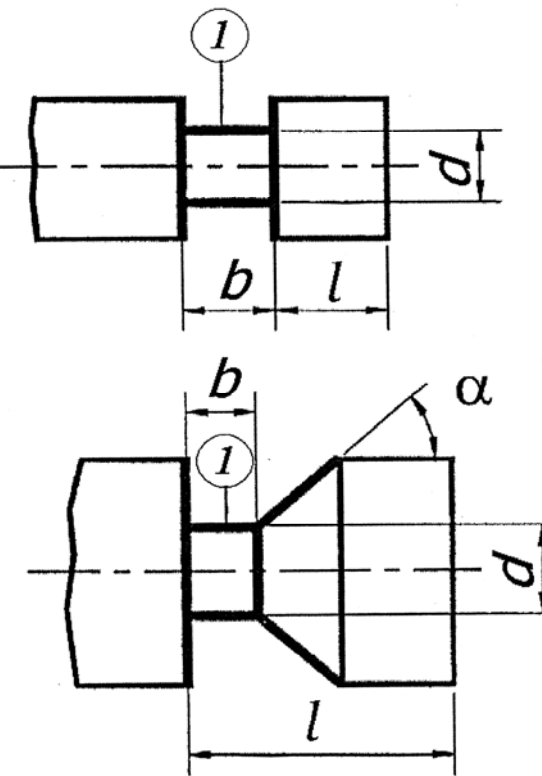
Проверить вращение собранного узла, оно должно быть плавным без заеданий от руки

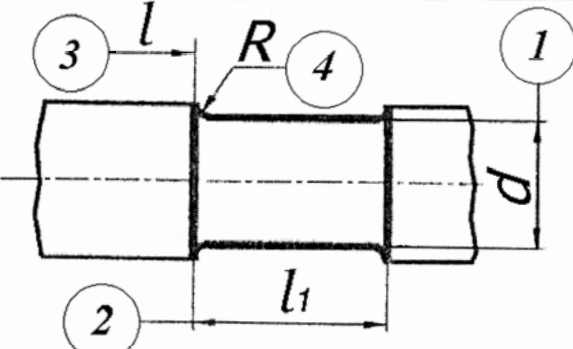
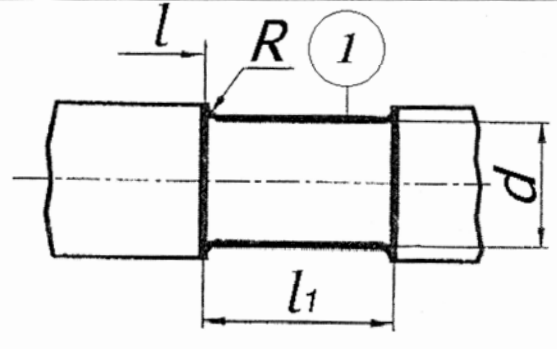
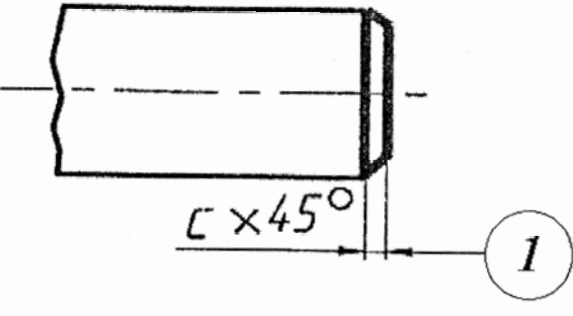
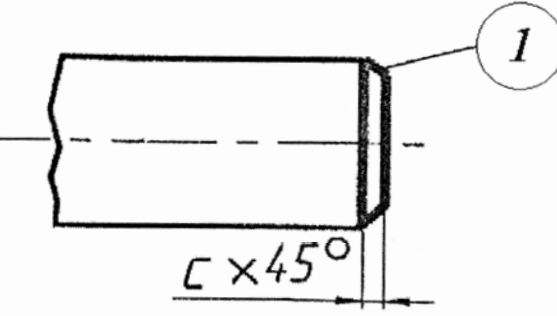
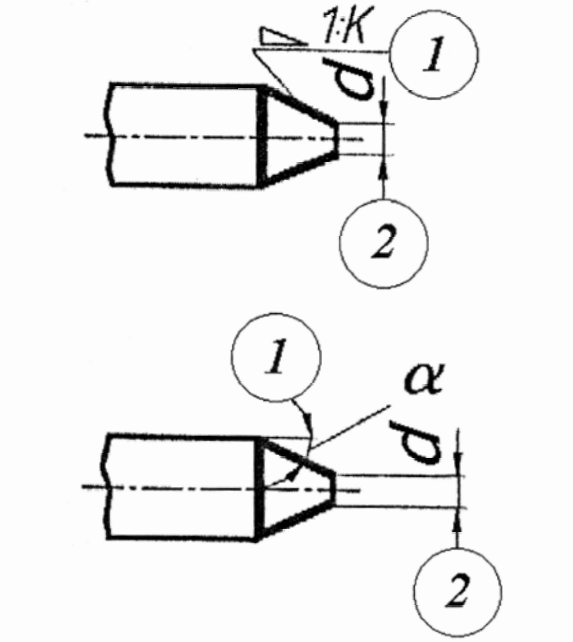
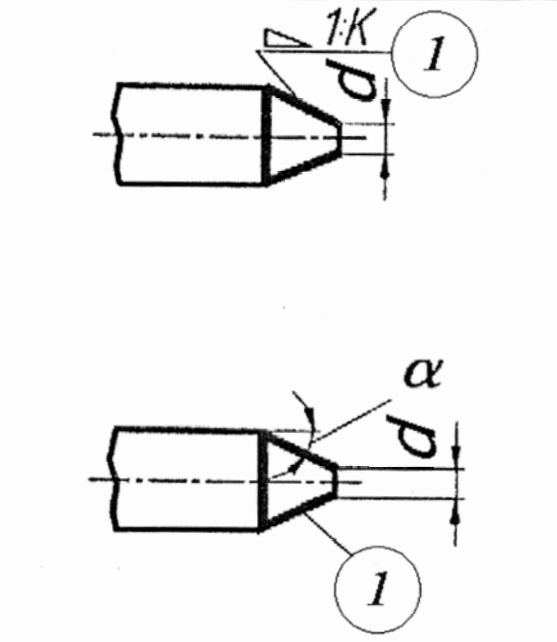
ГОСТ 3.1407-86 Форма 1													
Взам.	Лист	Изм.	Лист	Изм.	Лист	Изм.	Лист	Изм.	Лист	Изм.	Лист	Изм.	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Разработчик	(Иванов И. И.)		КТТУ		Н40-ИНА 125.02.72						2		1
Проверил	(Сидоров П. П.)												
И контр.													
Колесо													
обозначение документа													
01	код наименования операции												МИ
Слесарно-сборочная подузла-колесо в сборе (поз. 72)													
02	код наименования оборудования		КЛП		КЛА								ТММ
Оборудование, устройства ЧПУ													
Верстак слесарный													
К/М	Наименование детали, сд. единицы или материала												
Р													
К03	Колесо (поз. 72)												
04	Палец в сборе (поз. 64), 8 шт.												
05	Колесо зубчатое (поз. 60)												
06	Винт (поз. 42), 8 шт.												
07	Гайка ГОСТ 5915-70, М8-7Н8 029 (поз. 139), 8 шт.												
08	Шпалка ГОСТ 123360-78, 2-10х8х38 Сталь 45 (поз. 167)												
09	Болт ГОСТ 7798-70, М10-6дх25/66/029 (поз. 124), 4 шт.												
10	Шайба ГОСТ 6402-70, 10.65 Т.029 (поз. 154), 4 шт.												
011	1 Установить колесо (поз. 72) в приспособление												
012	2. Запрессовать пальцы в сборе (поз. 64) в отверстия колеса (поз. 72)												
Т13	Втулка, маляток												
014	3. Сдвинуть гайки (поз. 139) с винтами (поз. 42)												
015	4. Контроль гайки (поз. 139)												
Т16	Ключ гаечный												
ОК													
Операционная карта													

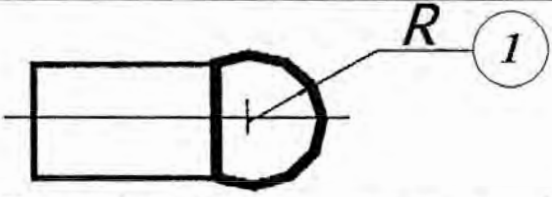
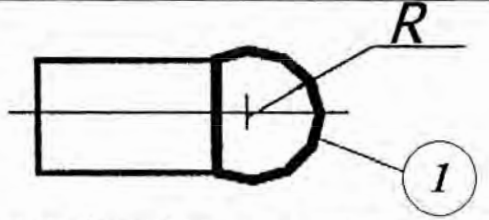
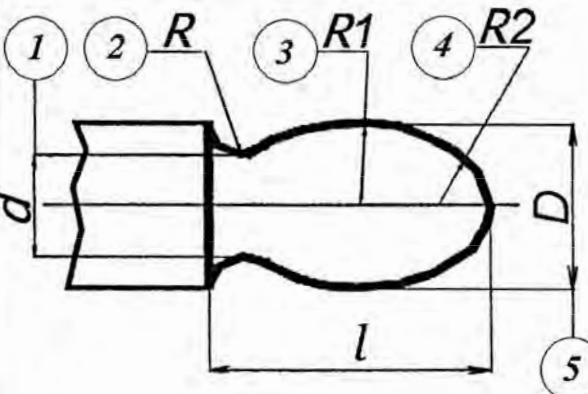
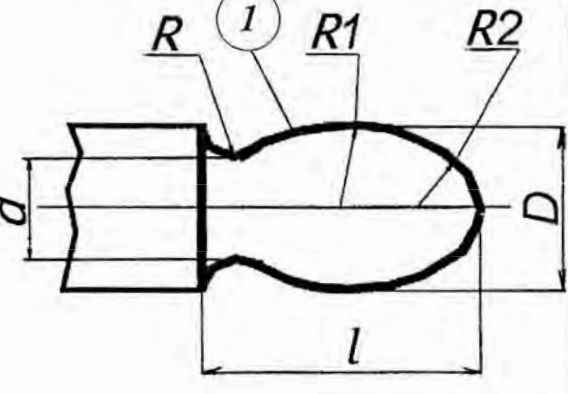
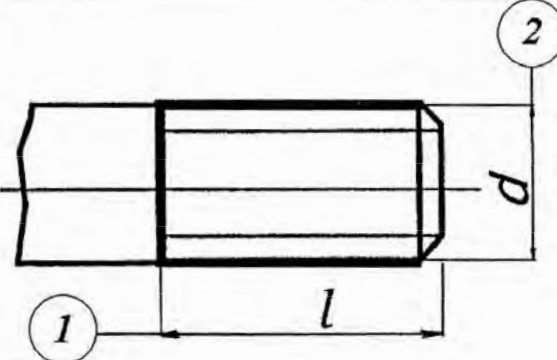
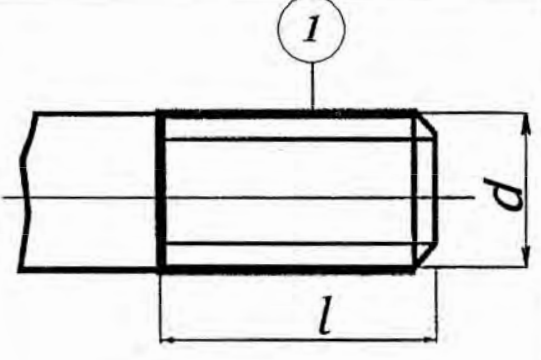
[illegible]

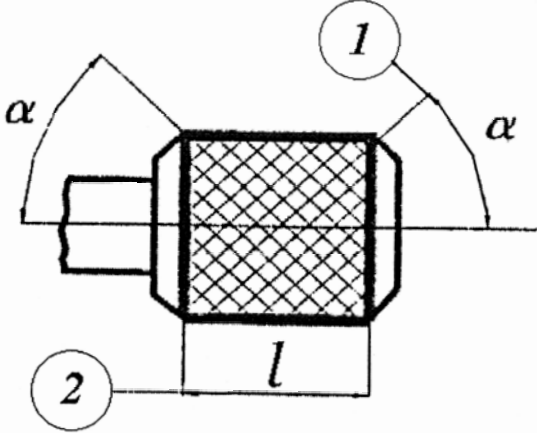
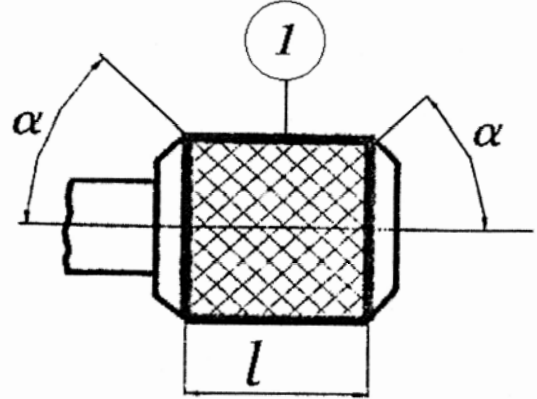
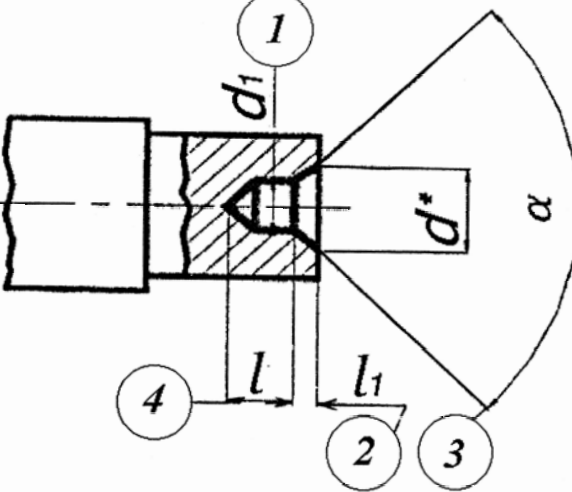
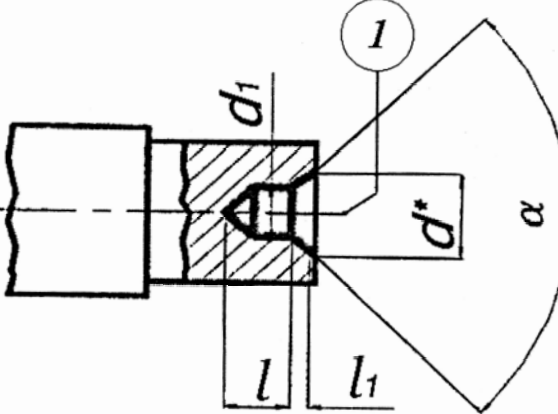
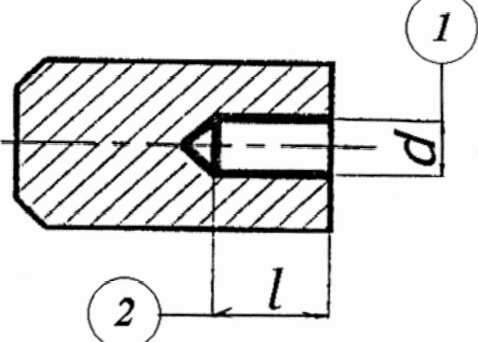
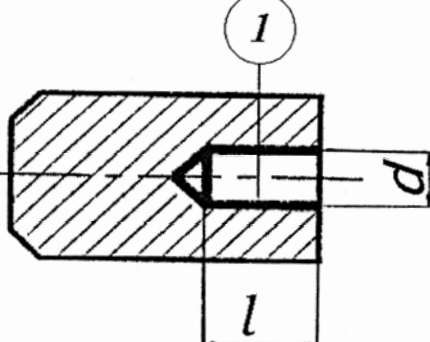
Приложение Д

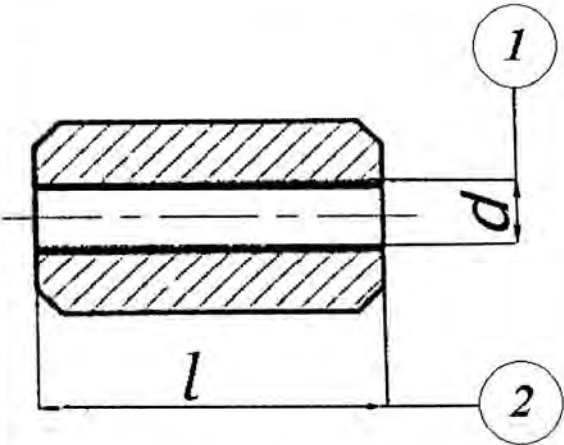
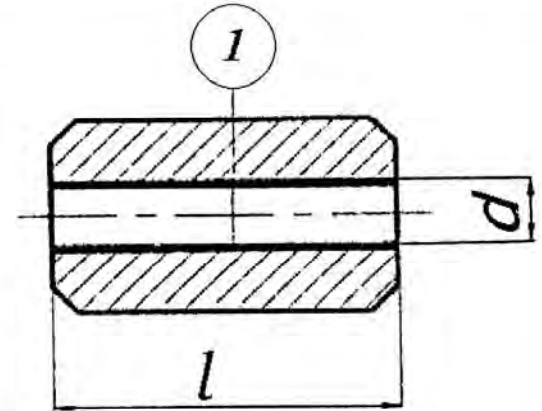
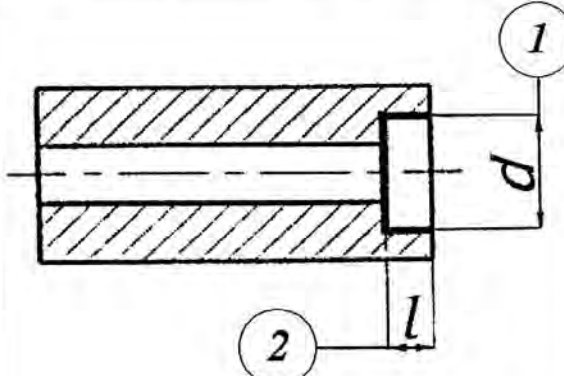
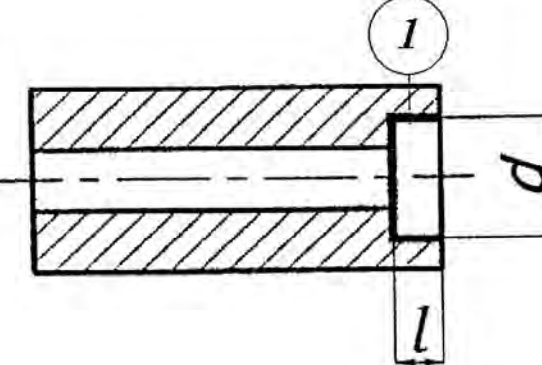
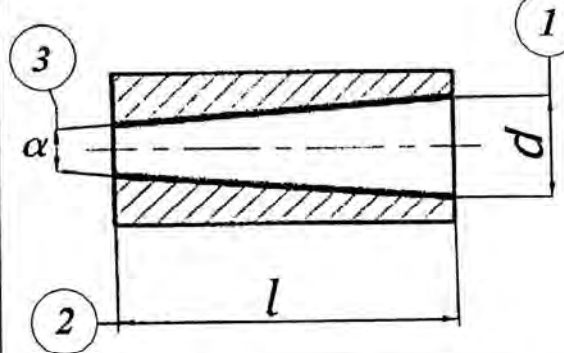
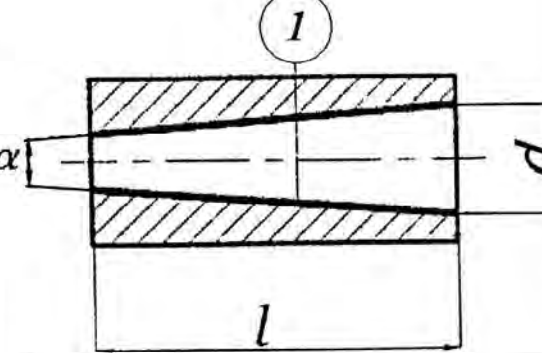
Примеры полной и сокращенной записи содержания
переходов обработки резанием по ГОСТ 3.1702-79

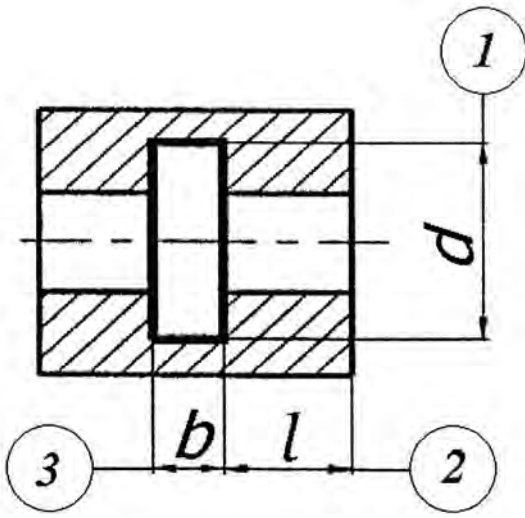
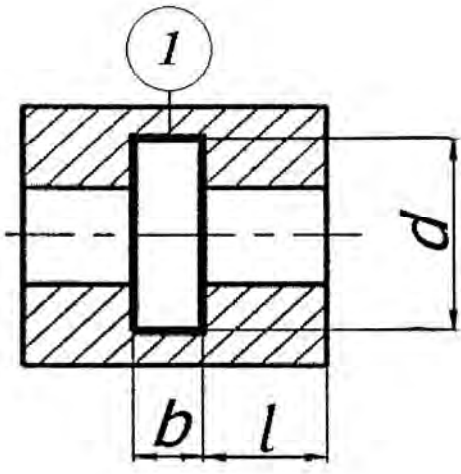
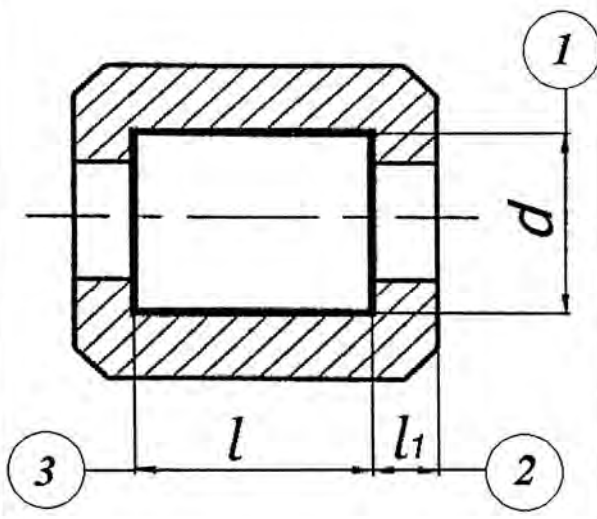
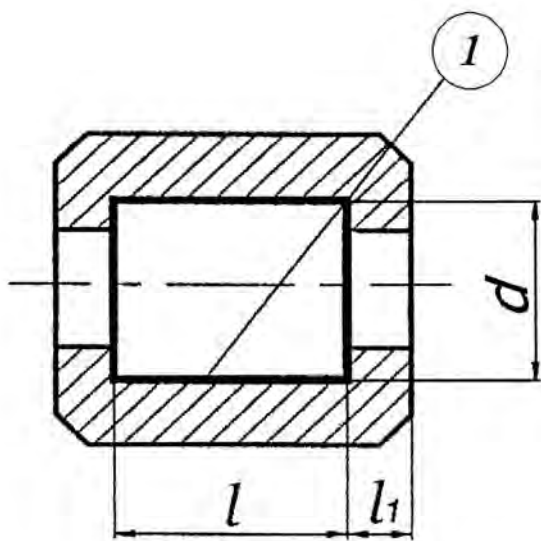
Эскиз и полная запись переходов	Эскиз и сокращённая запись переходов
 <p data-bbox="287 884 766 996">Точить (шлифовать, притереть, полировать и т. п.) поверхность, выдерживая размеры 1 и 2</p>	 <p data-bbox="893 884 1372 996">Точить (шлифовать, притереть, полировать и т. п.) поверхность 1</p>
 <p data-bbox="287 1780 766 1904">Точить (шлифовать, довести, полировать и т. п.) канавку, выдерживая размеры 1-3 и угол α</p>	 <p data-bbox="893 1780 1372 1904">Точить (шлифовать, довести, полировать и т. п.) канавку 1</p>

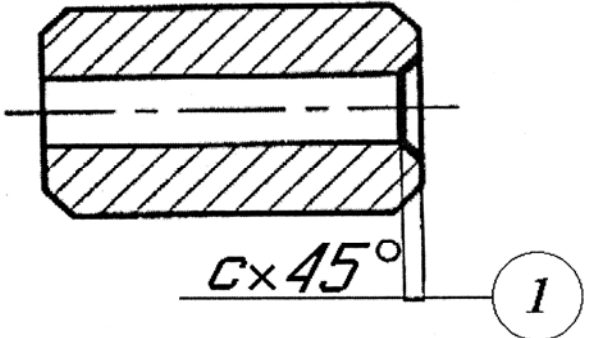
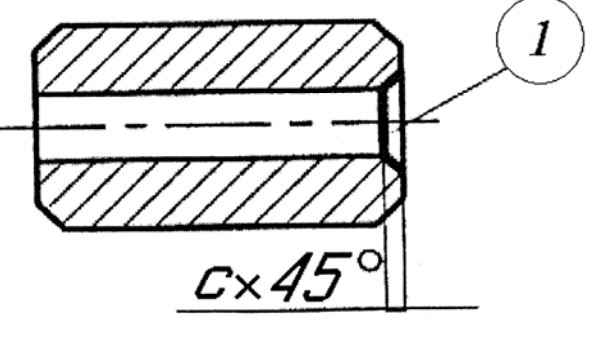
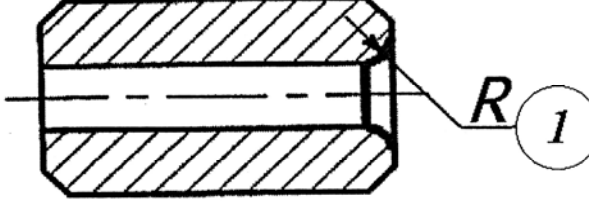
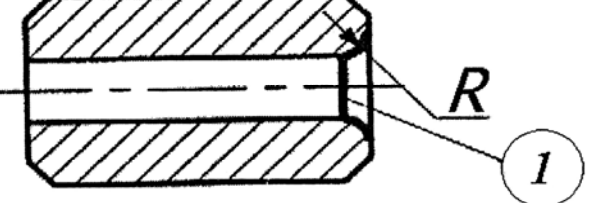
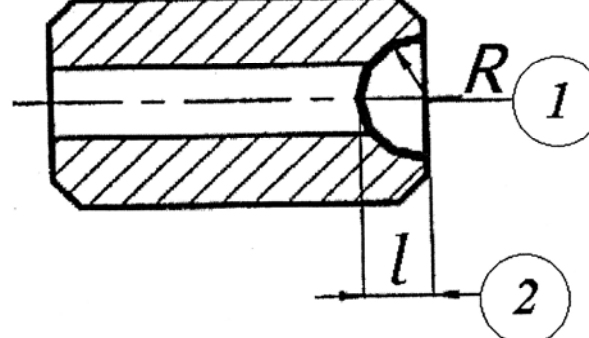
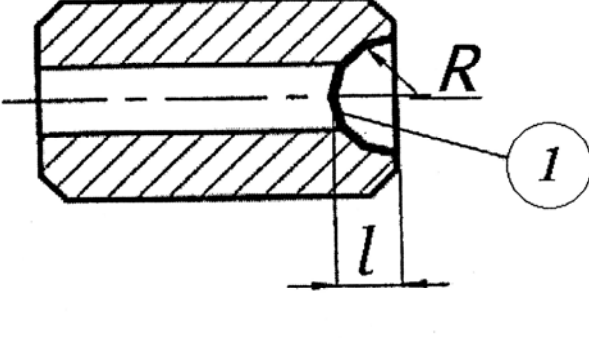
Эскиз и полная запись переходов	Эскиз и сокращённая запись переходов
 <p>Точить (шлифовать, полировать и т. п.) выточку, выдерживая размеры 1-4</p>	 <p>Точить (шлифовать, полировать и т. п.) выточку 1</p>
 <p>Точить (шлифовать, полировать и т. п.) фаску, выдерживая размер 1</p>	 <p>Точить (шлифовать, полировать и т. п.) фаску 1</p>
 <p>Точить (шлифовать, притереть и т. п.) конус, выдерживая размеры 1 и 2</p>	 <p>Точить (шлифовать, притереть и т. п.) конус 1</p>

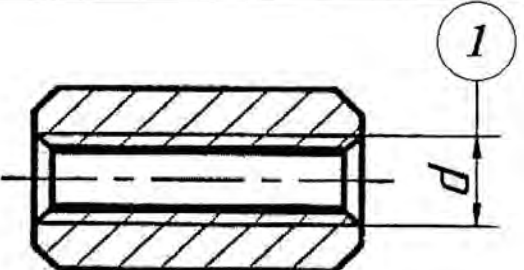
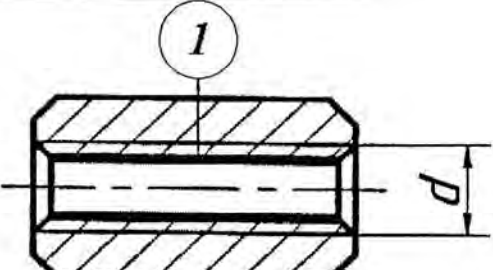
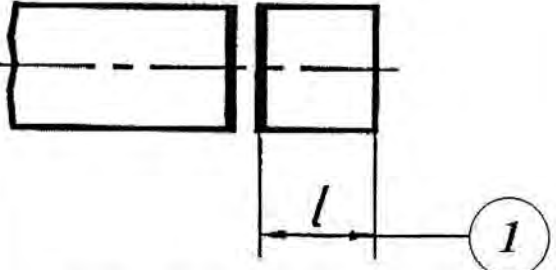
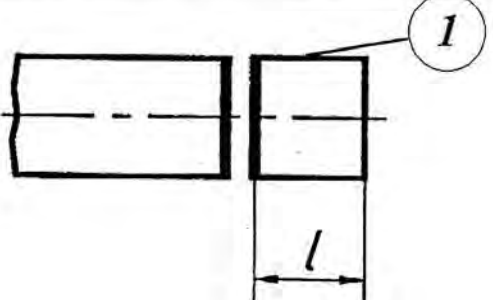
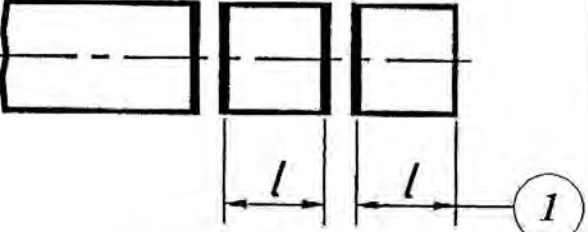
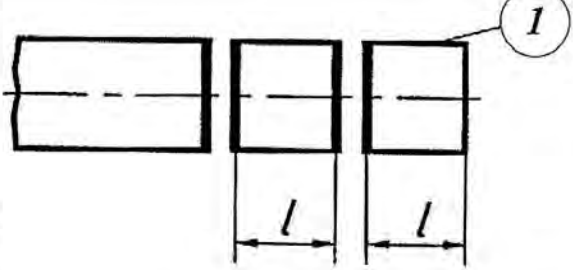
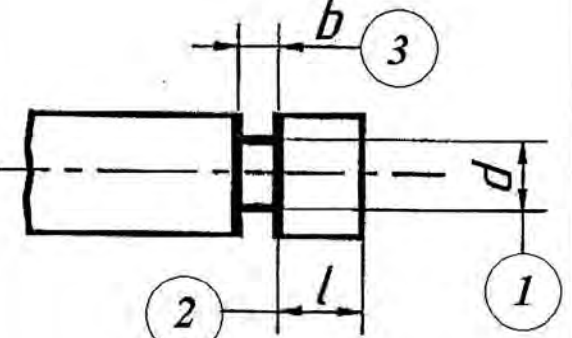
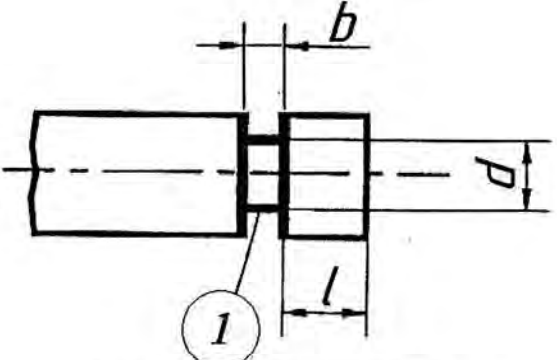
Эскиз и полная запись переходов	Эскиз и сокращённая запись переходов
 <p>Точить (шлифовать, притереть и т. п.) сферу, выдерживая размер 1</p>	 <p>Точить (шлифовать, притереть и т. п.) сферу 1</p>
 <p>Точить (шлифовать, притереть и т. п.) криволинейную поверхность, выдерживая размеры 1 - 5</p>	 <p>Точить (шлифовать, притереть и т. п.) криволинейную поверхность 1</p>
 <p>Нарезать (фрезеровать, накатать, шлифовать и т.п.) резьбу, выдерживая размеры 1 и 2</p>	 <p>Нарезать (фрезеровать, накатать, шлифовать и т.п.) резьбу 1</p>

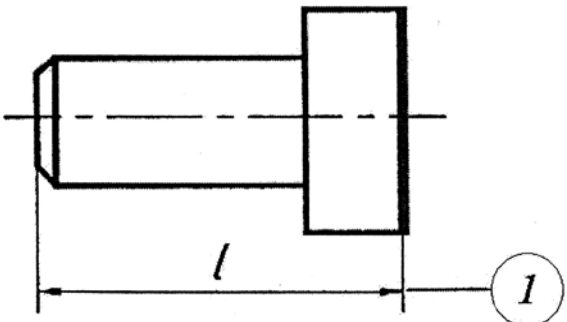
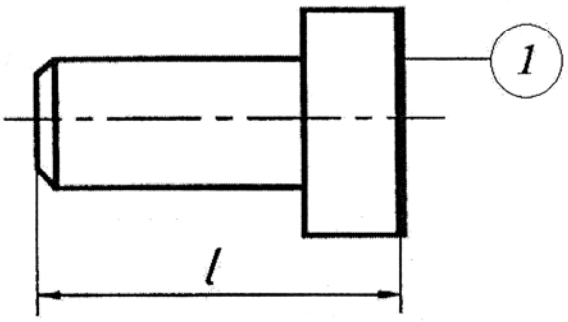
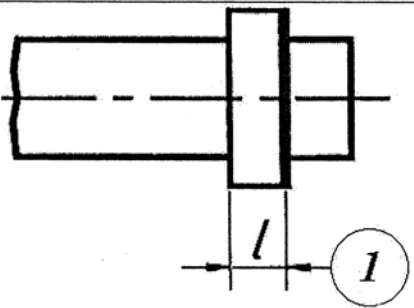
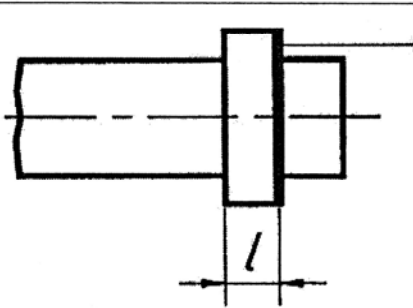
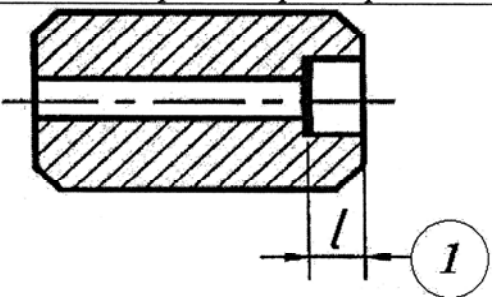
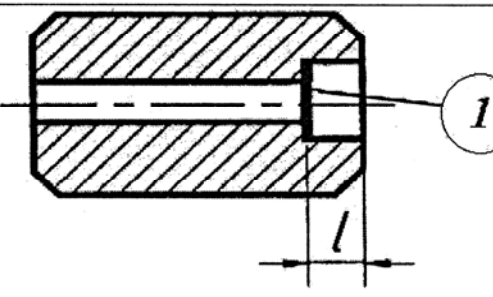
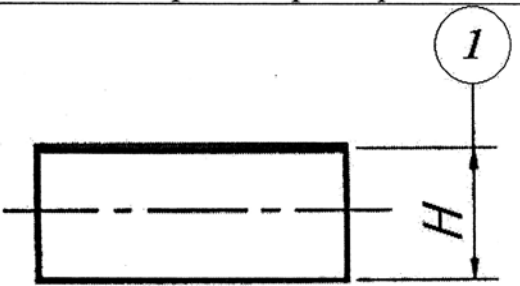
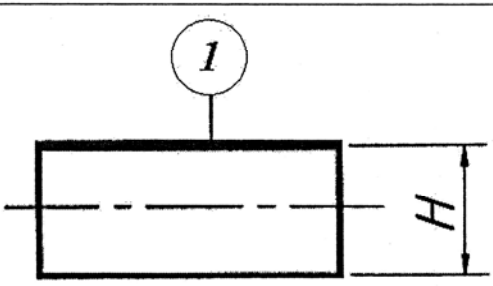
Эскиз и полная запись переходов	Эскиз и сокращённая запись переходов
 <p>Накатать рифление, выдерживая размеры 1 и 2</p>	 <p>Накатать рифление 1</p>
 <p>Центровать торец, выдерживая размеры 1 - 4</p>	 <p>Центровать торец 1</p>
 <p>Сверлить (зенкеровать, развернуть и т.п.) отверстие, выдерживая размеры 1 и 2</p>	 <p>Сверлить (зенкеровать, развернуть и т.п.) отверстие 1</p>

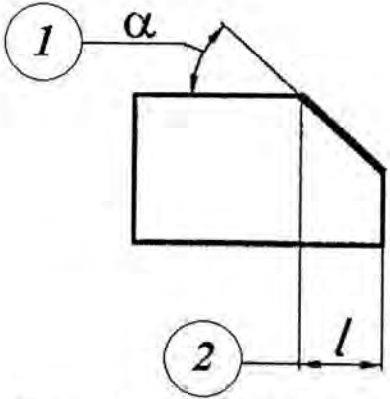
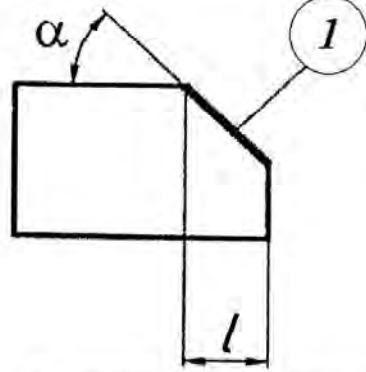
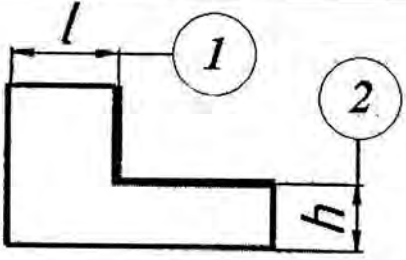
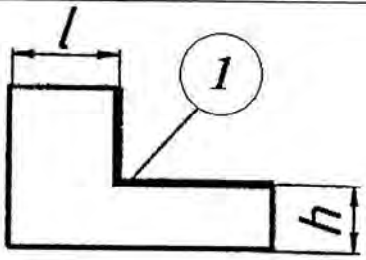
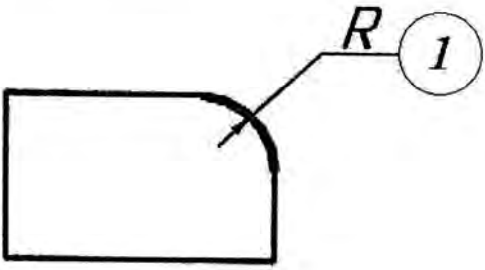
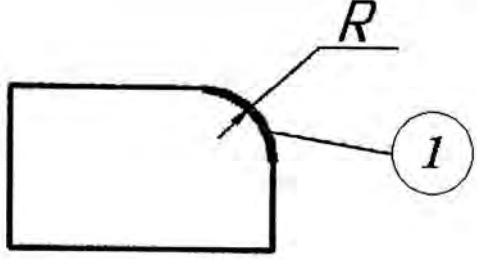
Эскиз и полная запись переходов	Эскиз и сокращённая запись переходов
 <p data-bbox="268 779 703 898">Сверлить (зенкеровать, развернуть и т.п.) отверстие, выдерживая размеры 1 и 2</p>	 <p data-bbox="863 770 1315 846">Сверлить (зенкеровать, развернуть и т.п.) отверстие 1</p>
 <p data-bbox="268 1317 703 1435">Расточить (зенкеровать, развернуть и т.п.) отверстие, выдерживая размеры 1 и 2</p>	 <p data-bbox="863 1330 1315 1406">Расточить (зенкеровать, развернуть и т.п.) отверстие 1</p>
 <p data-bbox="225 1823 762 1935">Расточить (зенкеровать, развернуть и т.п.) коническое отверстие, выдерживая размеры 1 - 3</p>	 <p data-bbox="831 1816 1362 1892">Расточить (зенкеровать, развернуть и т.п.) коническое отверстие 1</p>

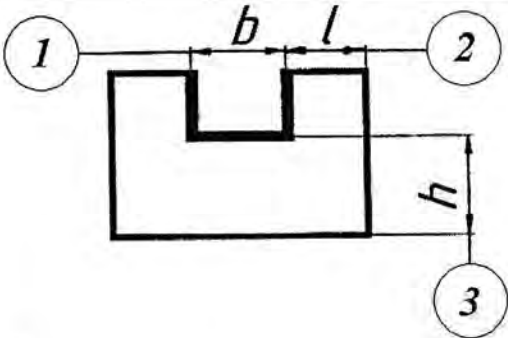
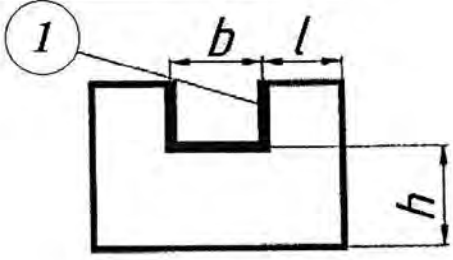
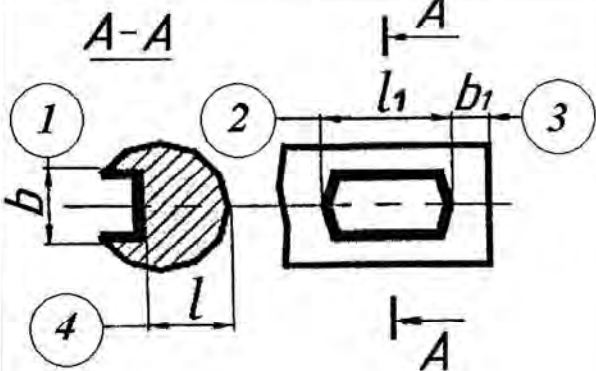
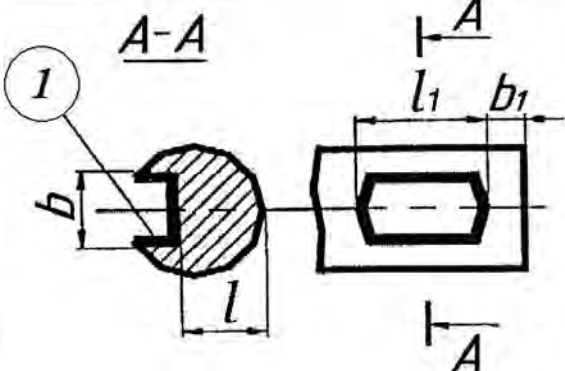
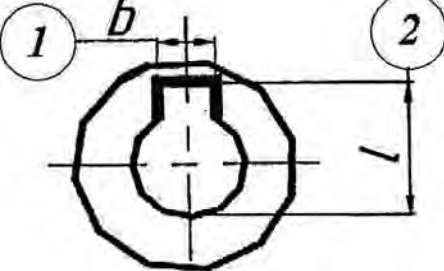
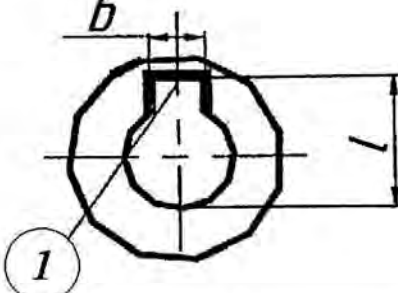
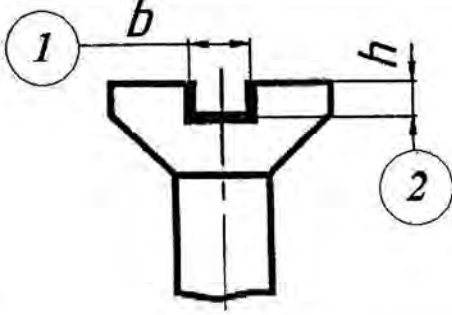
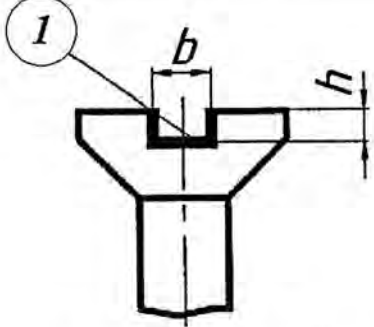
Эскиз и полная запись переходов	Эскиз и сокращённая запись переходов
 <p data-bbox="295 929 694 996">Расточить канавку, выдерживая размеры 1 - 3</p>	 <p data-bbox="957 952 1268 996">Расточить канавку 1</p>
 <p data-bbox="215 1702 790 1814">Расточить (полировать, довести и т.п.) выточку, выдерживая размеры 1 - 3</p>	 <p data-bbox="901 1691 1340 1814">Расточить (полировать, довести и т.п.) выточку 1</p>

Эскиз и полная запись переходов	Эскиз и сокращённая запись переходов
 <p>Зенковать (шлифовать, полировать и т.п.) фаску, выдерживая размер 1</p>	 <p>Зенковать (шлифовать, полировать и т.п.) фаску 1</p>
 <p>Расточить (зенковать, шлифовать, полировать и т.п.) галтель, выдерживая размер 1</p>	 <p>Расточить (зенковать, шлифовать, полировать и т.п.) галтель 1</p>
 <p>Расточить (шлифовать, полировать и т.п.) сферу, выдерживая размеры 1 и 2</p>	 <p>Расточить (шлифовать, полировать и т.п.) сферу 1</p>

Эскиз и полная запись переходов	Эскиз и сокращённая запись переходов
 <p>Нарезать (шлифовать, довести и т. п.) резьбу, выдерживая размер 1</p>	 <p>Нарезать (шлифовать, довести и т. п.) резьбу 1</p>
 <p>Отрезать деталь (заготовку), выдерживая размер 1</p>	 <p>Отрезать деталь (заготовку) 1</p>
 <p>Отрезать две заготовки, выдерживая размер 1</p>	 <p>Отрезать две заготовки 1</p>
 <p>Врезаться в поверхность (нарезать деталь), выдерживая размеры 1-3</p>	 <p>Врезаться в поверхность 1 (нарезать деталь по поверхности 1)</p>

Эскиз и полная запись переходов	Эскиз и сокращённая запись переходов
 <p>Подрезать (шлифовать, полировать и т. п.) торец, выдерживая размер 1</p>	 <p>Подрезать (шлифовать, полировать и т. п.) торец 1</p>
 <p>Подрезать (шлифовать, полировать и т. п.) торец буртика, выдерживая размер 1</p>	 <p>Подрезать (шлифовать, полировать и т. п.) торец буртика 1</p>
 <p>Подрезать (шлифовать, полировать и т. п.) дно отверстия, выдерживая размер 1</p>	 <p>Подрезать (шлифовать, полировать и т. п.) дно отверстия 1</p>
 <p>Фрезеровать (строгать, шлифовать и т.п.) поверхность, выдерживая размер 1</p>	 <p>Фрезеровать (строгать, шлифовать и т.п.) поверхность 1</p>

Эскиз и полная запись переходов	Эскиз и сокращённая запись переходов
 <p>Фрезеровать (строгать, шлифовать и т.п.) фаску, выдерживая размеры 1 и 2</p>	 <p>Фрезеровать (строгать, шлифовать и т.п.) фаску 1</p>
 <p>Фрезеровать (строгать, шлифовать и т.п.) уступ, выдерживая размеры 1 и 2</p>	 <p>Фрезеровать (строгать, шлифовать и т.п.) уступ 1</p>
 <p>Фрезеровать (строгать, шлифовать и т.п.) галтель, выдерживая размер 1</p>	 <p>Фрезеровать (строгать, шлифовать и т.п.) галтель 1</p>

Эскиз и полная запись переходов	Эскиз и сокращённая запись переходов
 <p>Фрезеровать (строгать, протянуть, шлифовать и т.п.) паз, выдерживая размеры 1-3</p>	 <p>Фрезеровать (строгать, протянуть, шлифовать и т.п.) паз 1</p>
 <p>Фрезеровать шпоночный паз, выдерживая размеры 1-4</p>	 <p>Фрезеровать шпоночный паз 1</p>
 <p>Долбить (протянуть) шпоночный паз, выдерживая размеры 1 и 2</p>	 <p>Долбить (протянуть) шпоночный паз 1</p>
 <p>Фрезеровать (протянуть) шлиц, выдерживая размеры 1 и 2</p>	 <p>Фрезеровать (протянуть) шлиц 1</p>

Приложение Е

Точность и параметры поверхностного слоя при обработке наружных
цилиндрических поверхностей

Обработка		Обтачивание черновое Получистовое или однократное чистовое				Обтачивание тонкое				Шлифование: предварительное чистовое тонкое Притирка, суперфиниш												
Шероховатость поверхности Ra, мкм		50-6,3 25-1,6 6,3-0,4				1,6-0,2				6,3-0,4 3,2-0,2 1,6-0,1 0,8-0,1												
Глубина дефектного поверхностного слоя, мкм		120-60 50-20 30-20				10-5				20 15-5 5 5-3												
Квалитет допуска		14 13 12 13 12 11 10 9 8				9 8 7 6				9 8 7 6 6 5 5 4												
Технологические допуски (мкм) на размер при номинальных диаметрах поверхности, мм	Св.3 до 6	-	180	120	180	120	75	48	30	18	30	18	12	8	30	18	12	8	30	18	12	8
	Св.6 до 10	-	220	150	220	150	90	58	36	22	36	22	15	9	36	22	15	9	36	22	15	9
	Св.10 до18	-	270	180	270	180	110	70	43	27	43	27	18	11	43	27	18	11	43	27	18	11
	Св.18 до30	-	330	210	330	210	130	84	52	33	52	33	21	13	52	33	21	13	52	33	21	13
	Св.30 до50	620	390	250	390	250	160	100	62	39	62	39	25	16	62	39	25	16	62	39	25	16
	Св.50 до80	740	460	300	460	300	190	120	74	46	74	46	30	19	74	46	30	19	74	46	30	19
	Св.80 до 120	870	540	350	540	350	220	140	87	57	87	57	35	22	87	57	35	22	87	57	35	22
	Св.120до180	1000	630	400	630	400	250	160	100	63	100	63	40	25	100	63	40	25	100	63	40	25
	Св.180до250	1150	720	460	720	460	290	185	115	72	115	72	46	29	115	72	46	29	115	72	46	29
	Св.250до315	1300	810	520	810	520	320	210	130	81	130	81	52	32	130	81	52	32	130	81	52	32
	Св.315до400	1400	890	570	890	570	360	230	140	89	140	89	57	36	140	89	57	36	140	89	57	36
	Св.400до500	1550	970	630	970	630	400	250	155	97	155	97	63	40	155	97	63	40	155	97	63	40

Продолжение приложения Е

Обработка	Степень точности по ГОСТ 24643-81	Допуски формы (мкм) при номинальных диаметрах поверхности, мм			
		Св.3 до 10	Св.10 до 18	Св.18 до 30	Св.30 до 50
Шлифование: предварительное чистовое тонкое Притирка,супер- финиширование	6-7-8	4-6-10	5-8-12	6-10-16	8-12-20
	5-6-7	2,5-4-6	3-5-8	4-6-10	5-8-12
	4-5-6	1,6-2,5-4	2-3-5	2,5-4-6	3-5-8
	3-4-5	1,0-1,6-2,5	1,2-2-3	1,6-2,5-4	2-3-5
	3-4-5	1,0-1,6-2,5	1,2-2-3	1,6-2,5-4	2-3-5
	2-3-4	0,6-1,0-1,6	0,8-1,2-2	1,0-1,6-2,5	1,2-2-3
	2-3-4	0,6-1,0-1,6	0,8-1,2-2	1,0-1,6-2,5	1,2-2-3
	1-2-3	0,4-0,6-1,0	0,4-0,6-1,0	0,6-1,0-1,6	0,8-1,2-2
	7-8-9	6-10-16	8-12-20	10-16-25	12-20-30
	6-7-8	4-6-10	5-8-12	6-10-16	8-12-20
Обкатывание, алмазное выглаживание	5-6-7	2,5-4-6	3-5-8	4-6-10	5-8-12
	4-5-6	1,6-2,5-4	2-3-5	2,5-4-6	3-5-8
	3-4-5	1,0-1,6-2,5	1,2-2-3	1,6-2,5-4	2-3-5
	2-3-4	0,6-1,0-1,6	0,8-1,2-2	1,0-1,6-2,5	1,2-2-3
	7-8-9	6-10-16	8-12-20	10-16-25	12-20-30
	6-7-8	4-6-10	5-8-12	6-10-16	8-12-20
Обработка	Степень точности по ГОСТ 24643-81	Допуски формы (мкм) при номинальных диаметрах поверхности, мм			
		Св.50 до 120	Св.120 до 250	Св.250 до 400	Св.400 до 500
Обтачивание: черновое получистовое или однократное чистовое	11-12-13	100-160-240	120-200-300	160-240-400	200-300-500
	10-11-12	60-100-160	80-120-200	100-160-240	120-200-300
	9-10-11	40-60-100	50-80-120	60-100-160	80-120-200
	10-11-12	60-100-160	80-120-200	100-160-240	120-200-300
	9-10-11	40-60-100	50-80-120	60-100-160	80-120-200
	8-9-10	25-40-60	30-50-80	40-60-100	50-80-120
	7-8-9	16-25-40	20-30-50	25-40-60	30-50-80
	6-7-8	10-16-25	12-20-30	16-25-40	20-30-50
	5-6-7	6-10-16	8-12-20	10-16-25	12-20-30
	11-12-13	100-160-240	120-200-300	160-240-400	200-300-500

Обработка	Степень точности по ГОСТ 24643-81	Допуски формы (мкм) при номинальных диаметрах поверхности, мм			
		Св.50 до 120	Св.120 до 250	Св.250 до 400	Св.400 до 500
Обтачивание тонкое:	6–7–8	10–16–25	12–20–30	16–25–40	20–30–50
	5–6–7	6–10–16	8–12–20	10–16–25	12–20–30
	4–5–6	4–6–10	5–8–12	6–10–16	8–12–20
	3–4–5	2,5–4–6	3–5–8	4–6–10	5–8–12
Шлифование: предварительное чистовое тонкое Притирка, супер- финиширование	6–7–8	10–16–25	12–20–30	16–25–40	20–30–50
	5–6–7	6–10–16	8–12–20	10–16–25	12–20–30
	4–5–6	4–6–10	5–8–12	6–10–16	8–12–20
	3–4–5	2,5–4–6	3–5–8	4–6–10	5–8–12
	3–4–5	2,5–4–6	3–5–8	4–6–10	5–8–12
	2–3–4	1,6–2,5–4	2–3–5	2,5–4–6	3–5–8
	2–3–4	1,6–2,5–4	2–3–5	2,5–4–6	3–5–8
	1–2–3	1,0–1,6–2,5	1,2–2–3	1,6–2,5–4	2–3–5
	7–8–9	16–25–40	20–30–50	25–40–60	30–50–80
	6–7–8	10–16–25	12–20–30	16–25–40	20–30–50
Обкатывание, алмазное выглаживание	5–6–7	6–10–16	8–12–20	10–16–25	12–20–30
	4–5–6	4–6–10	5–8–12	6–10–16	8–12–20
	3–4–5	2,5–4–6	3–5–8	4–6–10	5–8–12
	2–3–4	1,6–2,5–4	2–3–5	2,5–4–6	3–5–8

Примечания:

1. Приведенные в таблице данные относятся к деталям из стали. Для сталей из чугуна или цветных сплавов допуски на размер и допуски формы можно принимать соответственно на один квалитет и одну степень точнее.

2. Допуски на размер и допуски формы действительны для поверхностей с $l/d < 2$. При $l/d = 2 \dots 10$ допуски принимать соответственно на один - два квалитета и одну - две степени точности формы грубее.

3. Допуски формы (цилиндричности, круглости и профиля продольного сечения – сокращенно «допуски геометрии») указаны для уровней С – В – А (С – высокий, В – повышенной и А – нормальной) относительной геометрической точности.

4. Указанные в таблице значения Ra примерно соответствуют уровням А – С относительной геометрической точности, причем $Rz = 4Ra$.

Продолжение приложения Е

Обработка	Шероховатость поверхности Ra, мкм	Глубина дефектного поверхностного слоя, мкм	Квалитет допуска	Технологические допуски (мкм) на размер при номинальных диаметрах поверхности, мм											
				Св.3 до 6	Св.6 до 10	Св.10 до 18	Св.18 до 30	Св.30 до 50	Св.50 до 80	Св.80 до 120	Св.120 до 180	Св.180 до 250	Св.250 до 315	Св.315 до 400	Св.400 до 500
Обкатывание, алмазное выглаживание	0,8- 0,05	-	10	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250
			9	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155
			8	18	22	27	33	39	46	57	63	72	81	89	97
			7	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63
			6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
			5	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27

Обработка	Степень точности формы по ГОСТ 24643-81	Допуски формы (мкм) при номинальных диаметрах поверхности, мм			
		Св.3 до 10	Св.10 до 18	Св.18 до 30	Св.30 до 50
Обтачивание: черновое получистовое или однократное чистовое тонкое	11-12-13	-	-	-	80-120-200
	10-11-12	25-40-60	30-50-80	40-60-100	50-80-120
	9-10-11	16-25-40	20-30-50	25-40-60	30-50-80
	10-11-12	25-40-60	30-50-80	40-60-100	50-80-120
	9-10-11	16-25-40	20-30-50	25-40-60	30-50-80
	8-9-10	10-16-25	12-20-30	16-25-40	20-30-50
	7-8-9	6-10-16	8-12-20	10-16-25	12-20-30
	6-7-8	4-6-10	5-8-12	6-10-16	8-12-20
	5-6-7	2,5-4-6	3-5-8	4-6-10	5-8-12
	6-7-8	4-6-10	5-8-12	6-10-16	8-12-20
	5-6-7	2,5-4-6	3-5-8	4-6-10	5-8-12
	4-5-6	1,6-2,5-4	2-3-4	2,5-4-6	3-5-8
	3-4-5	1,0-1,6-2,5	1,2-2-3	1,6-2,5-4	2-3-5

Приложение Ж

Точность и параметры поверхностного слоя при обработке отверстий

Обработка		Сверление и рассверливание	Зенкерование: черновое Однократное ли- того или проши- того отверстия; чистовое после чернового или сверления	Развертывание: нормальное точное тонкое
Шероховатость поверхности Ra, мкм		25-0,8	25-6,3 25-0,4	12,5-0,8 6,3-0,4 3,2-0,1
Глубина дефектного поверхностного слоя, мкм		70-15	50-20 50-20	25-15 15-5 10-5
Квалитет допуска		13 12 11 10 9	13 12 13 12 11 10 9 8	11 10 9 8 7 6 5
Технологические допуски (мкм) на размер при номинальных диаметрах поверхности, мм	Св.3 до 6	- - 75 48 30	- - -	75 48 30 18 12 8 5
	Св.6 до 10	- - 90 58 36	- - -	90 58 36 22 15 9 6
	Св.10 до18	270 180 110 70 43	270 180 270 180 110 70 43 27	110 70 43 27 18 11 8
	Св.18 до30	330 210 130 84 52	330 210 330 210 130 84 52 33	130 84 52 33 21 13 9
	Св.30 до50	390 250 160 100 62	390 250 390 250 160 100 62 39	160 100 62 39 25 16 11
	Св.50 до80	460 300 190 120 74	460 300 460 300 190 120 74 46	190 120 74 46 30 19 13
	Св.80 до 120	-	540 350 540 350 220 140 87 57	220 140 87 57 35 22 15
	Св.120до180	-	-	250 160 100 63 40 25 18
	Св.180до250	-	-	290 185 115 72 46 29 20
	Св.250до315	-	-	320 210 130 81 52 32 23
	Св.315до400	-	-	360 230 140 89 57 36 25
	Св.400до500	-	-	-

Обработка		Протягивание: черновое литого или прошитого отверстия; чистовое после чернового или после сверления	Растачивание: черновое чистовое тонкое	Шлифование: предварительное чистовое тонкое
Шероховатость поверхности Ra, мкм		12,5-0,8 6,3-0,2	25-1,6 6,3-0,4 3,2-1,6	6,3-0,4 3,2-0,2 1,6-0,1
Глубина дефектного поверхностного слоя, мкм		25-10 10-5	50-20 25-10 10-5	25-10 20-5 10-5
Квалитет допуска		11 10 9 8 7 6	13 12 11 10 9 8 7 6 5	9 8 7 6 5
Технологические допуски (мкм) на размер при номинальных диаметрах поверхности, мм		Св.3 до 6	- - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - -
		Св.6 до 10	- - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - -
		Св.10 до 18	- - 43 27 18 11	43 27 18 11 8
		Св.18 до 30	- - 52 33 21 13	52 33 21 13 9
		Св.30 до 50	160 100 62 39 25 16	62 39 25 16 11
		Св.50 до 80	190 120 74 46 30 19	74 46 30 19 13
		Св.80 до 120	220 140 87 57 35 22	87 57 35 22 15
		Св.120 до 180	250 160 100 63 40 25	100 63 40 25 18
		Св.180 до 250	- - - - - -	115 72 46 29 20
		Св.250 до 315	- - - - - -	130 81 52 32 23
		Св.315 до 400	- - - - - -	140 89 57 36 25
		Св.400 до 500	- - - - - -	155 97 63 40 27

Продолжение приложения Ж

Обработка	Шероховатость поверхности Ra, мкм	Глубина дефектного поверхностного слоя, мкм	Квалитет допуска	Технологические допуски (мкм) на размер при номинальных диаметрах поверхности, мм											
				Св.3 до 6	Св.6 до 10	Св.10 до 18	Св.18 до 30	Св.30 до 50	Св.50 до 80	Св.80 до 120	Св.120 до 180	Св.180 до 250	Св.250 до 315	Св.315 до 400	Св.400 до 500
Притирка, хонингование	1,6-0,1	5-3	5 4	5 4	6 4	8 5	9 6	11 7	13 8	15 10	18 12	20 14	23 16	25 18	27 20
Раскатывание, калибрование, алмазное выглаживание	6,3-0,1	-	10	-	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250
			9	-	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155
			8	-	22	27	33	39	46	57	63	72	81	89	97
			7	-	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63
			6	-	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
			5	-	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27

Обработка	Степень точности формы по ГОСТ 24643-81	Допуски формы (мкм) при номинальных диаметрах поверхности, мм			
		Св.3 до 10	Св.10 до 18	Св.18 до 30	Св.30 до 50
Сверление и рассверливание	10-11-12	-	30-50-80	40-60-100	50-80-120
	9-10-11	-	20-30-50	25-40-60	30-50-80
	8-9-10	10-16-25	12-20-30	16-25-40	20-30-50
	7-8-9	6-10-16	8-12-20	10-16-25	12-20-30
	6-7-8	4-6-10	5-8-12	6-10-16	8-12-20
Зенкерование: черновое однократное литого или прошитого отверстия; чистовое после чернового или сверления	10-11-12	-	30-50-80	40-60-120	50-80-120
	9-10-11		20-30-50	25-40-60	30-50-80
	10-11-12		30-50-80	40-60-120	50-80-120
	9-10-11		20-30-50	25-40-60	30-50-80
	8-9-10	-	12-20-30	16-25-40	20-30-50
	7-8-9		8-12-20	10-16-25	12-20-30
	6-7-8		5-8-12	6-10-16	8-12-20
	5-6-7		3-5-8	4-6-10	5-8-12

Продолжение приложения Ж

Обработка	Степень точности формы по ГОСТ 24643-81	Допуски формы (мкм) при номинальных диаметрах поверхности, мм			
		Св.3 до 10	Св.10 до18	Св.18 до30	Св.30до50
Развертывание: нормальное точное тонкое	8–9–10	10–16–25	12–20–30	16–25–40	20–30–50
	7–8–9	6–10–16	8–12–20	10–16–25	12–20–30
	6–7–8	4–6–10	5–8–12	6–10–16	8–12–20
	5–6–7	2,5–4–6	3–5–8	4–6–10	5–8–12
	4–5–6	1,6–2,5–4	2–3–5	2,5–4–6	3–5–8
	3–4–5	1,0–1,6–2,5	1,2–2–3	1,6–2,5–4	2–3–5
	2–3–4	0,6–1,0–1,6	0,8–1,2–2	1,0–1,6–2,5	1,2–2–3
Протягивание: черновое литого или прошитого отверстия; чистовое после чернового или после сверления	8–9–10	-	-	-	20–30–50
	7–8–9				12–20–30
	6–7–8		5–8–12	6–10–25	8–12–20
	5–6–7	-	3–5–8	4–6–10	5–8–12
	4–5–6		2–3–5	2,5–4–6	3–5–8
	3–4–5		1,2–2–3	1,6–2,5–4	2–3–5
Растачивание: черновое чистовое тонкое	10–11–12	25–40–60	30–50–80	40–60–100	50–80–120
	9–10–11	16–25–40	20–30–50	25–40–60	30–50–80
	8–9–10	10–16–25	12–20–30	16–25–40	20–30–50
	7–8–9	6–10–16	8–12–20	10–16–25	12–20–30
	6–7–8	4–6–10	5–8–12	6–10–16	8–12–20
	5–6–7	2,5–4–6	3–5–8	4–6–10	5–8–12
	4–5–6	1,6–2,5–4	2–3–5	2,5–4–6	3–5–8
	3–4–5	1,0–1,6–2,5	1,2–2–3	1,6–2,5–4	2–3–5
	2–3–4	0,6–1,0–1,6	0,8–1,2–2	1,0–1,6–2,5	1,2–2–3

Продолжение приложения Ж

Обработка	Степень точности формы по ГОСТ 24643-81	Допуски формы (мкм) при номинальных диаметрах поверхности, мм			
		Св.3 до 10	Св.10 до 18	Св.18 до 30	Св.30 до 50
Шлифование: предварительное	6–7–8	-	5–8–12	6–10–16	8–12–20
	5–6–7		3–5–8	4–6–10	5–8–12
	4–5–6	-	2–3–5	2,5–4–6	3–5–8
	3–4–5	-	1,2–2–3	1,6–2,5–4	2–3–5
	2–3–4	-	0,8–1,2–2	1,0–1,6–2,5	1,2–2–3
Притирка, хонингование	2–3–4	0,6–1,0–1,6	0,8–1,2–2	1,0–1,6–2,5	1,2–2–3
	1–2–3	0,4–0,6–1,0	0,5–0,8–1,2	0,6–1,0–1,6	0,8–1,2–2
Раскатывание, калибрование, алмазное выглаживание	7–8–9	6–10–16	8–12–20	10–16–25	12–20–30
	6–7–8	4–6–10	5–8–12	6–10–16	8–12–20
	5–6–7	2,5–4–6	3–5–8	4–6–10	5–8–12
	4–5–6	1,6–2,5–4	2–3–5	2,5–4–6	3–5–8
	3–4–5	1,0–1,6–2,5	1,2–2–3	1,6–2,5–4	2–3–5
	2–3–4	0,6–1,0–1,6	0,8–1,2–2	1,0–1,6–2,5	1,2–2–3
Обработка	Степень точности формы по ГОСТ 24643-81	Допуски формы (мкм) при номинальных диаметрах поверхности, мм			
		Св.50 до 120	Св.120 до 250	Св.250 до 400	Св.400 до 500
Сверление и рассверливание	10–11–12	60–100–160			
	9–10–11	40–60–100			
	8–9–10	25–40–60	-	-	-
	7–8–9	16–25–40			
	6–7–8	10–16–25			
Зенкерование: черновое	10–11–12	60–100–160	-	-	-
	9–10–11	40–60–100			

Приложение 3

Точность расположения осей отверстий при растачивании, после сверления, зенкерования, развертывания

Таблица П.3.1 – Точность расположения осей отверстий при растачивании

Станки	Методы координации инструмента	Отклонение межосевого расстояния, мкм
Токарные	Перемещением салазок на угольнике	100-300
	По шкале с нониусом	200-400
	По концевым мерам	50-100
	По индикаторному упору	40-80
	По кондуктору	50-100
	При программном управлении установкой координат	25-60
Координатно-расточные	По оптическим приборам	4-20
Алмазно-расточные	-	10-50
Агрегатно-расточные многошпиндельные	С направлением борштанг	25-70
	Без направления инструмента ¹	50-100
При вылете инструмента $l \leq (3..4)d$.		

Таблица П.3.2 – Допуски (мм) расположения осей отверстий после сверления

Таблица П.3.2 Допуски (мм) расположения осей отверстий после сверления					
Параметр	Диаметр отверстия, мм	Материал детали			
		Чугун и алюминий		Сталь	
		Сверло по ГОСТ 885-77			
		Общего назначения	Точного исполнения	Общего назначения	Точного исполнения
1	2	3	4	5	6
Смещение оси отверстия относительно оси кондукторной втулки	До 6	0,13	0,12	0,18	0,17
	Св.6 до 10	0,13	0,11	0,18	0,16
	» 10 »18	0,15	0,13	0,20	0,18
	» 18 »30	0,20	0,18	0,28	0,26
	» 30 »50	0,27	0,25	0,38	0,26
Технологических баз ¹	До 6	0,17	0,15	0,23	0,21
	Св.6 до 10	0,17	0,15	0,22	0,20
	» 10 »18	0,18	0,17	0,25	0,23
	» 18 »30	0,25	0,23	0,34	0,32
	» 30 »50	0,32	0,30	0,46	0,44

Продолжение табл. П.3.2

1	2	3	4	5	6
Расстояние между осями двух отверстий, обработанных одновременно на одной позиции	До 6	$\pm 0,23$	$\pm 0,20$	$\pm 0,31$	$\pm 0,29$
	Св.6 до 10	$\pm 0,23$	$\pm 0,20$	$\pm 0,31$	$\pm 0,28$
	» 10 »18	$\pm 0,25$	$\pm 0,23$	$\pm 0,34$	$\pm 0,31$
	» 18 »30	$\pm 0,35$	$\pm 0,32$	$\pm 0,48$	$\pm 0,45$
	» 30 »40	$\pm 0,45$	$\pm 0,42$	$\pm 0,65$	$\pm 0,61$

¹Без учета погрешности базирования заготовки.

Примечание. При сверлении отверстий комбинированными сверлами табличные значения смещения осей должны быть увеличены: при $l=(2..3)d$ – в 1,8 раза; при $l>3d$ – 2,5..2,8 раза.

Таблица П.3.3 – Допуски (мм) расположения осей отверстий после зенкерования

Параметр	Диаметр обработки- ваемого отверстия, мм	Материал детали					
		Чугун		Алюминий		Сталь	
		Крепление инструмента					
		жесткое	плаваю- щее	жесткое	плаваю- щее	жесткое	плаваю- щее
Смещение обрабаты- ваемого отверстия относи- тельно оси отверстия втулки	До 12	0,10	0,08	0,11	0,09	0,10	0,12
	Св.12 до 18	0,09	0,08	0,11	0,10	0,12	0,12
	» 18 »30	0,12	0,10	0,15	0,12	0,17	0,13
	» 30 »50	0,14	0,13	0,18	0,14	0,20	0,16
	» 50 »60	-	0,06	-	0,07	-	0,07
	» 60 »80	-	0,07	-	0,07	-	0,07
Техноло- гических баз ¹	До 12	0,12	0,10	0,14	0,12	0,15	0,13
	Св.12 до 18	0,12	0,11	0,14	0,13	0,15	0,13
	» 18 »30	0,16	0,14	0,19	0,15	0,21	0,17
	» 30 »50	0,18	0,16	0,22	0,18	0,25	0,19
	» 50 »60	-	0,09	-	0,10	-	0,10
	» 60 »80	-	0,10	-	0,10	-	0,10
Расстояние между ося- ми двух од- новременно обработан- ных на од- ной позиции автоматичес кой линии отверстий	До 12	0,16	0,14	0,19	0,16	0,21	0,17
	Св.12 до 18	0,16	0,15	0,19	0,17	0,20	0,18
	» 18 »30	0,21	0,19	0,26	0,21	0,29	0,23
	» 30 »50	0,24	0,22	0,30	0,25	0,34	0,26
	» 50 »60	-	0,11	-	0,12	-	0,13
	» 60 »80	-	0,13	-	0,13	-	0,13

¹Без учета погрешности базирования заготовки.

Таблица П.3.4 – Допуски (мм) расположения осей отверстий после развертывания

Параметр	Диаметр отверстия, мм	Точность кондукторной втулки	
		повышенная	высокая
Смещение оси обрабатываемого отверстия относительно оси постоянной кондукторной втулки	До 18	0,042	0,038
	Св.18 до 30	0,047	0,045
	» 30 »50	0,052	0,049
	» 50 »80	0,018	0,016
Технологических баз ¹	До 18	0,070	0,066
	Св.18 до 30	0,074	0,072
	» 30 »50	0,079	0,076
	» 50 »80	0,053	0,052
Расстояние между осями двух отверстий, обработанных на одной позиции автоматической линии	До 18	0,070	0,067
	Св.18 до 30	0,076	0,069
	» 30 »50	0,092	0,087
	» 50 »80	0,039	0,036
¹ Без учета погрешности базирования заготовки.			
Примечание. При сверлении и развертывании отверстий комбинированным инструментом точность расположения осей отверстий соответствует точности зенкерования (см. табл.П.3. 3).			

Приложение И

Комплект технологической документации
на изготовление стакана Н40-ИНА 125.02.116

ГОСТ 3.1105-84 форма 2		
Дубл.		
Взам.		
Подп.		
КГТУ	КП52.151001.65.116	1100 11 1
Стакан	01100	КП
<p>Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Капнинградский государственный технический университет"</p> <p>КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ на изготовление стакана Н40-ИНА 125.02.116</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 20px;"> <div style="width: 45%;"> <p>Нормоконтроль: _____</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>Разработал студент: _____ (Иванов И.И.)</p> <p>Проверил руководитель: _____ (Сидоров П.П.)</p> </div> </div>		
ТЛ	Титульный лист	

										ГОСТ 3.1118-82										форма 1					
Дубл.																									
Взам.																									
Подл.																									
										01100										4		1			
Разраб.	Иванов И.И.					01.06.2006					КПТУ					КП52.151001.65.116					10141				
										Стакан															
Н.контр.																									
Заготовка 140 ОСТ 14-2-205-87 / Сталь 45 ГОСТ 1050-88																									
M01	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры		КД	МЗ														
M02	713658	кг	2,97	1	0	0,10	09122005140			1	6,57														
A	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции		Код,наименование,оборудования		СМ	Проф.	Р	УГ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.						
B																									
005 4285 Пило-отрезная ИОТ №69																									
A03																									
B04	Пило-отрезной станок 8Г662 18810 3 1 1 1 1 200 5 4,3																								
O05	1. Отрезать заготовку, выдерживая размер l =200																								
T06	РИ.Круг 400х4,0х32 14А 40-Н 27 Б 80 м/с 2 кл. 24А ГОСТ 21963-82; СИ.Линейка ЛТР-200 ГОСТ 17435-72;																								
07	Очки_защитн._закрытые 3П2-80 ГОСТ 12.4.013-85																								
08																									
A09	8 2 010 2171 Штамповка объемная																								
B10	Горизонтально-ковочная машина ВВ1141 19700 4 1 1 1 1 200																								
T11	ПР. Штампы, прихваты; СИ. Штангенциркуль ШЦ-III-160-0,05 ГОСТ 166-89																								
12																									
A13	2 1 015 4233 Токарная с ЧПУ 60141; 20141 ИОТ №63																								
B14	Токарный-винторезный станок с ЧПУ 16К20Ф3С32 19149 3 1 1 1 1 200 20 3,585																								
T15	ПР. Патрон 7102-0072 ГОСТ 24351-80. РИ.Резец 2112-0021 ВК6 ГОСТ 18880-73; Резец 2140-0554 Т15К6 ГОСТ 20874-75,																								
T16	резец канавочный, СИ. Штангенциркуль ШЦ-III-160-0,005, нутромер, шаблон спец.																								
МК/МОК Маршрутно-операционная карта																		2							

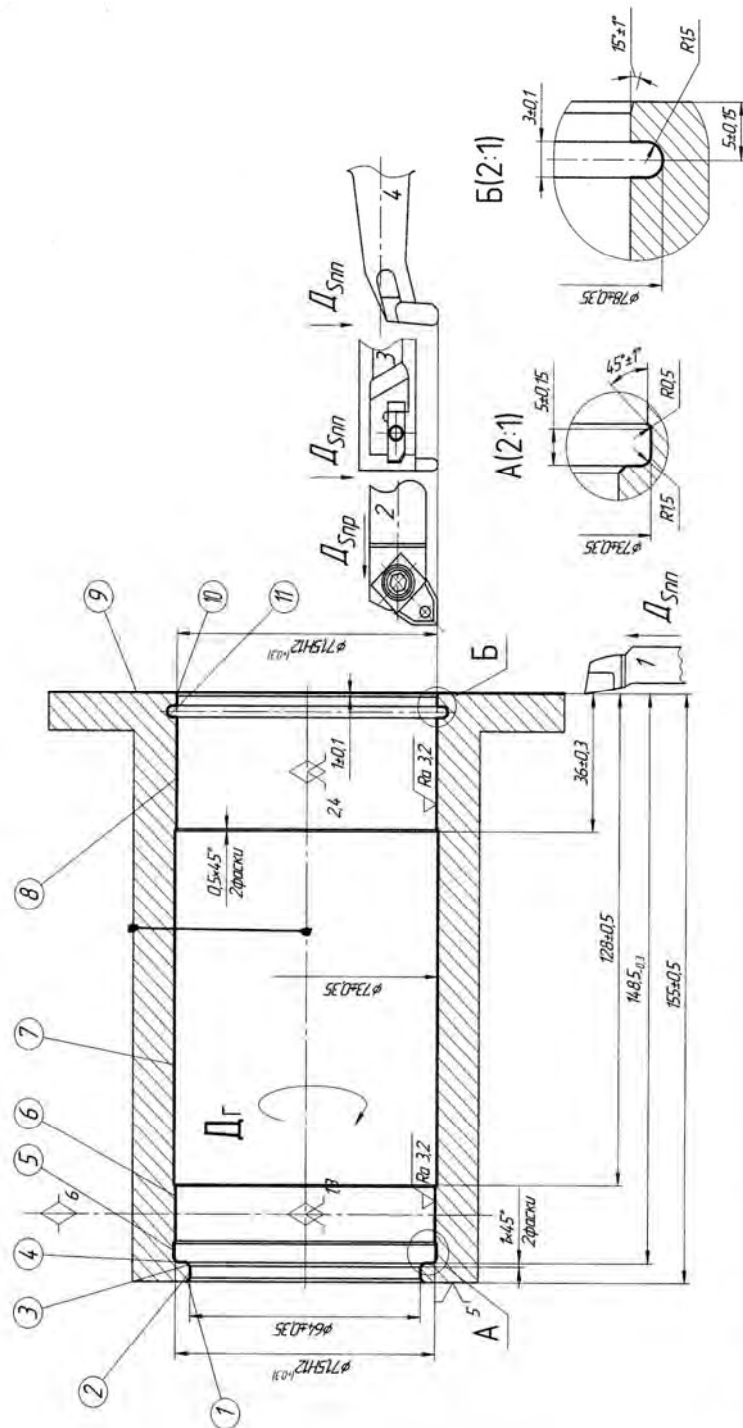
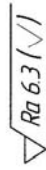
[illegible]

[illegible]

[illegible]

Дубл.		Взам.		Подл.		ГОСТ 3.1404-86 форма 3									
Разраб.						01100 3 1									
						60141									
Н.контр.						КП 015									
						КП									
Наименование операции		Материал		Твердость		ЕВ		МД		Профиль и размеры		МЗ		КОИД	
Токарная с ЧПУ		Сталь 45 ГОСТ 1050-88				кг		2,97				6,57		1	
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То		Тв		Тпз.		Тшт.		СОЖ			
16K20Ф3С32				2,998		0,67		20		3,585		10% ЭТ-2			
Р		ПИ		D или B		L		t		i		S		То п V	
0,2															
001 1. Установить заготовку в патроне и закрепить															
T02 ПР.Патрон 7102-0072 ГОСТ 24351-80															
003 2. Подрезать торец 9, выдерживая размеры согласно эскизу															
0,12 0,242															
T04 РИ.Резец 2112-0021 ВК6 ГОСТ 18880-73; СИ.Штангенциркуль ШЦ-III-160-0,05 ГОСТ 166-89															
P05 1 137 1 2 0,4 900 418,46															
006 3. Расточить внутренние поверхности 3,6,8 под шлифование, 1,2,3,7,10 начисто выдерживая размеры															
007 согласно эскизу															
0,11 2,566															
T08 РИ.Резец 2140-0554 T15K6 ГОСТ 20874-75; СИ.Нутромер НМ75 ГОСТ 10,88;															
09 СИ.Штангенглубиномер ШГ-160-0,05 ГОСТ 162-90															
P10 2 72 153 0,5 3 0,33 900 203,575															
011 4. Расточить кольцевую канавку 11, выдерживая размеры согласно эскизу															
0,02 0,11															
T12 РИ. резец канавочный специальный; СИ. Шаблон специальный															
P13 3 78 3 1 0,2 160 71,71															
OK		Операционная карта													
		6													

[illegible]

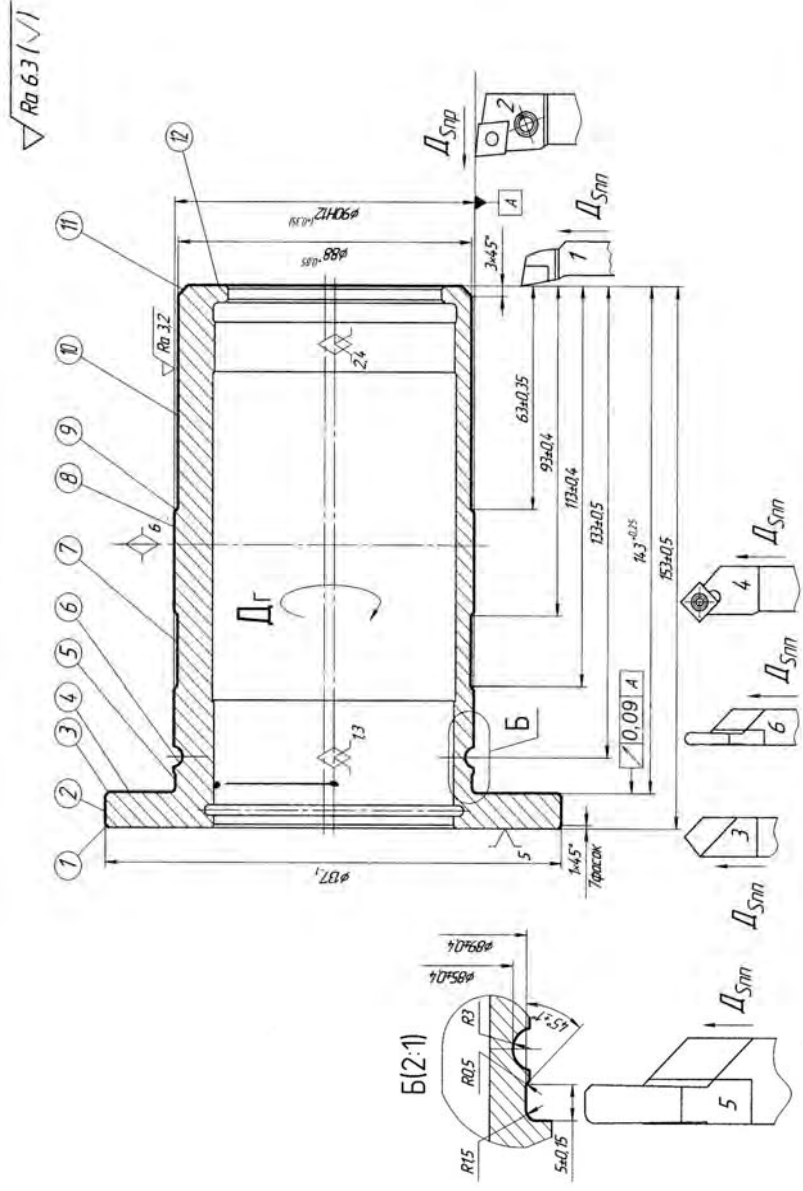
[illegible]

КЭ	Карта эскизов	8
----	---------------	---

ГОСТ 3.1404-86										форма 3				
Дубл.	Взам.	Подл.												
			01100										3	1
Разраб.			01.06.2006	КГТУ		КП52.151001.65.116				60141.				
Н.контр.			Материал		Твердость		ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД		
Токарная с ЧПУ			Сталь 45 ГОСТ 1050-88				кг	2,97			6,57	1		
Оборудование, устройство ЧПУ			Обозначение программы		То		Тв	Тпз.	Тшт.		СОЖ			
16K20Ф3С32					2,16		0,79	20	4,016		10% ЭГК			
Р			ПИ	D или B		L	t	i	S	Тв	п	То		
O01	1. Установить деталь на оправке и закрепить													
T02	ПР. оправка консольная													
O03	2. Подрезать торец 12, выдерживая размер 153(±0.5)													
T04	РИ.Резец 2112-0021 ВК6 ГОСТ 18880-73; СИ.Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-89													
P05	1	88	2	1	0,4	900	248,814							
O06	3. Точить поверхности 4,8 под шлифование, 11,10,9,3,2 начисто выдерживая размеры согласно эскизу													
T07	РИ.Резец 2102-1328 Т15К6 ГОСТ 24996-81; СИ.Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-89													
P08	2	90	143	0,5	3	0,4	400	113,097						
O09	4. Точить фаску 1													
T10	РИ.Резец 2136-0508 Р6М5 ГОСТ 18875-73; СИ.Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89													
P11	3	137	1	1	0,5	160	68,864							
O12	5. Точить выточку 7, выдерживая размеры согласно эскизу													
T13	РИ.Резец 2102-1206 Т15К6 ГОСТ 24996-81; СИ.Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89													
ОК												Операционная карта		9

[illegible]

Дубл. Взам. Подл.	ГОСТ 3.1105-84 , форма 7									
Разраб.	КПТУ				КП52.151001.65.116				01100	
									3 3	
					20141.					
Н.контр.	Стакан									
									020	



КЭ	Карта эскизов	11
----	---------------	----