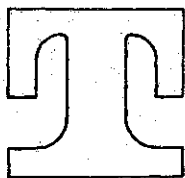


ДЛЯ ТЕХНИКУМОВ

И.С. Добрыднев

КУРСОВОЕ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ПО ПРЕДМЕТУ
„ТЕХНОЛОГИЯ
МАШИНОСТРОЕНИЯ“

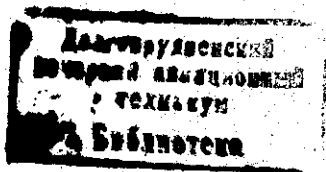


ДЛЯ ТЕХНИКУМОВ

И.С. Добрыднев

КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПО ПРЕДМЕТУ „ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ“

*Допущено Министерством высшего
и среднего специального образо-
вания СССР в качестве учебного
пособия для учащихся машино-
строительных техникумов*



МОСКВА
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»
1985

ББК 34.54
Д 57
УДК 658.512: 621(075)

Рецензенты инж. В.В. Монахов, Г.В. Коссова

- Добрыднєв И. С.
Д 57 Курсовое проектирование по предмету "Технология машиностроения": Учебн. пособие для техникумов по специальности "Обработка металлов резанием".
М.: Машиностроение, 1985. 184 с., ил.
В пер.: 35 коп.

Рассмотрены основные вопросы выполнения курсовых проектов, их тематика и организация. Даны методические рекомендации по разработке технологического процесса механической обработки заготовки, оформлению расчетно-пояснительной записки и графической части проекта с учетом требований ГОСТов. Приведены необходимые справочные материалы для выполнения проекта.

Д 2704040000-078 078-85
038(01)-85

ББК 34.54
6П4.6

Долгопрудненский авиационный техникум
Электронная библиотека



Козловский Александр Юрьевич



141702 Россия Московская обл.
г. Долгопрудный, пл. Собина, 1

Phone: 8(495)4084593 8(495)4083109
Email: dat_te@mail.ru
Site: gosdat.ru

© Издательство "Машиностроение"

ПРЕДИСЛОВИЕ

Успешное строительство коммунизма в нашей стране, развитие производственных сил и научно-технический прогресс повышают значение образования и подготовки высококвалифицированных специалистов среднего звена. Советское правительство и Коммунистическая партия Советского Союза поставили задачу дальнейшего совершенствования системы народного образования в нашей стране в соответствии с развитием науки и техники, культуры и экономики.

XXVI съезд КПСС потребовал шире развернуть подготовку кадров, лучше вооружить молодых специалистов современными достижениями науки и техники, умело использовать полученные знания на практике в производственных условиях. Особое значение приобретают эти требования в настоящее время, когда намечена программа качественных преобразований в машиностроении и в других отраслях народного хозяйства. Своевременное ознакомление учащихся с методикой выполнения курсовых проектов, требования, предъявляемые к проекту, систематизация исходных материалов, оформление расчетно-пояснительной записки, графической части и технологического процесса изготовления детали являются основной задачей настоящего учебного пособия.

Все вопросы технологии и ее организации, разрабатываемые в курсовом проекте, должны отвечать реальным целям, стоящим перед производством. В курсовом проекте необходимо показать сущность и значение научной организации труда, совершенствования технологии на основе использования новейших достижений науки и техники и методы улучшения использования рабочего времени.

Учащийся должен уметь анализировать существующую технологию и доказать, что технологический вариант, которому отдается предпочтение, обеспечит в реальных производственных условиях наибольший эффект при наименьших затратах как трудовых, так и материальных. В курсовом проекте необходимо обобщить опыт передовиков производства, сделать анализ их работы, использовать отечественную и зарубежную техническую информацию.

Материалы учебного пособия изложены с учетом Международной системы единиц СИ, Единой системы конструкторской и технологической документации (ЕСКД и ЕСТД) и других государственных стандартов.

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ О КУРСОВОМ ПРОЕКТЕ

Курсовое проектирование проводится с целью привития учащимся навыков самостоятельной работы и закрепления знаний, полученных при изучении специальных дисциплин, а также самостоятельного решения технологических и экономических задач при проектировании технологических процессов механической обработки деталей.

Курсовой проект дает возможность установить степень усвоения учебного материала и умение учащегося применять знания, полученные при прохождении производственной, учебной и технологической практики, а также подготовить учащегося к выполнению дипломного проекта.

Пояснительная записка курсового проекта должна удовлетворять требованиям ГОСТ 2.105—79* "Общие требования к текстовым документам" и ГОСТ 2.106.68* "Текстовые документы".

Пояснительная записка курсового проекта пишется разборчиво и аккуратно, без сокращений слов, за исключением общепринятых сокращений, а также установленных в стандартах. Текст пояснительной записки пишется на одной стороне листа писчей бумаги формата А4 (297×210 мм) ГОСТ 2.301—68*, по формам 5 и 5а ГОСТ 2.106—68*.

Пояснительная записка курсового проекта должна иметь титульный лист, бланк задания на курсовое проектирование, содержание проекта, список использованных источников.

При защите курсового проекта руководитель проекта должен проверять: качество работы, ее соответствие заданию по курсовому проектированию и основным требованиям на курсовое проектирование, усвоение учащимся основного теоретического учебного материала, умение защищать выдвигаемые варианты и другие проблемные вопросы.

1.1. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

Тематика курсовых проектов должна отражать конкретные производственные задачи технической подготовки техников-технологов машиностроения для работы в механических и сборочных цехах. При составлении задания на курсовое проектирование необходимо исходить из примерно одинаковой сложности заданий для каждого учащегося. Задания на курсовое проектирование, выполняемые индивидуально, предусматри-

вают разработку технологического процесса изготовления детали или нескольких деталей с установленным годовым объемом выпуска.

Примерная тематика курсовых проектов:

1. Спроектировать единичный операционный технологический процесс изготовления детали — колесо зубчатое, чертеж Годовой объем выпуска изделия — 162 000 шт.

2. Спроектировать единичный операционный технологический процесс изготовления детали — вал-шестерня, чертеж Годовой объем выпуска изделия — 89 000 шт.

3. Спроектировать единичный операционный технологический процесс изготовления детали — спутника, чертеж Годовой объем выпуска изделия — 220 000 шт.

Темы курсовых проектов могут выполняться учащимися по заказам предприятий для конкретных производственных условий.

1.2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект состоит из пояснительной записки, комплекта технологической документации изготовления детали, графической части.

Пояснительная записка должна содержать:

задание на курсовое проектирование;

введение;

описание и технологический анализ проектируемого изделия;

выбор типа производства;

техничко-экономическое обоснование выбора заготовки;

анализ заводского технологического процесса изготовления детали;

разработку и обоснование проектируемого технологического процесса изготовления детали;

расчет промежуточных припусков, размеров и допусков на одну-две обрабатываемые поверхности аналитическим методом;

расчет промежуточных припусков на все остальные поверхности заготовки статистическим (табличным) методом;

расчет режимов резания аналитическим методом на одну-две обрабатываемые поверхности (на остальные поверхности детали — табличным методом);

техничко-экономическое сравнение двух вариантов технологической операции;

выбор, обоснование, конструирование и расчет одного специального станочного приспособления;

описание и расчет одного специального режущего инструмента на одну из операций технологического процесса обработки;

описание и расчет одного специального измерительного ин-

струмента или контрольного приспособления на технологическую операцию.

Графическая часть курсового проекта должна состоять из следующих рабочих чертежей: детали; заготовки данной детали; сборочного или чертежа общего вида станочного приспособления на одну из оригинальных операций проектируемого технологического процесса; специального режущего инструмента на одну операцию или переход; измерительного инструмента или чертежа общего вида контрольного приспособления; карты наладки на оригинальную технологическую операцию.

Комплект технологической документации изготовления детали должен содержать: титульный лист комплекта технологической документации на механическую обработку; маршрутный технологический процесс обработки; операционный технологический процесс обработки; карты эскизов на технологические операции; карты технического контроля. Комплектность технологических документов в зависимости от типа и характера производства рекомендуется устанавливать по ГОСТ 3.1108—74 или по согласованию с предприятием (учебным заведением).

2. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовые проекты должны выполняться на основе последних достижений науки и техники, новейших прогрессивных форм организации производства, при высоком уровне механизации и автоматизации технологических процессов. Это значит, что учащийся должен разрабатывать курсовой проект для технически передового производства, строго соблюдая Единую систему конструкторской и технологической документации, государственные и отраслевые стандарты.

2.1. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Для обеспечения единства правил выполнения и оформления пояснительной записки курсового проекта следует выполнять требования ГОСТ 2.105—79* "Общие требования к текстовым документам" и ГОСТ 2.106—68* "Текстовые документы".

Содержание пояснительной записки необходимо разделить на составные части: разделы, подразделы, пункты и подпункты.

Каждая составная часть должна иметь порядковый номер. Нумерация производится арабскими цифрами в пределах документа. Номер каждой составной части должен включать в себя все номера соответствующих составных частей более высоких

ступеней деления. Номера подразделов состоят из номера раздела и подраздела, разделенных точкой.

Наименование разделов и подразделов должно быть кратким, соответствовать содержанию документа и записываться в виде заголовков (в красную строку) прописными буквами, например:

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ДЕТАЛИ

2.2. ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ВИДА ЗАГОТОВКИ

2.3. РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ И ОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ

Переносы слов и их сокращения в заголовках не допускаются, и точку в конце заголовка не ставят. Если заголовок состоит из двух и более предложений, их разделяют точкой. Каждый раздел пояснительной записки начинают с новой страницы. Цифры, указывающие номера пунктов, не должны выступать за границу абзаца. Для разделов и подразделов расстояние между последней строкой и последующим заголовком должно быть примерно 15 мм.

Терминология и определения должны быть едиными и соответствовать общепринятым в научно-технической литературе.

Условные буквенные обозначения механических, химических, математических и других величин в пояснительной записке должны соответствовать государственным стандартам.

Значения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, должны быть приведены под формулой. Значение каждого символа дают с новой строки в той последовательности, в какой они приведены в формуле, начиная со слова "где", без двоеточия после него, например:

$$T_o = \frac{L_{\text{расч}}}{n_s} i,$$

где $L_{\text{расч}}$ — расчетная длина обработки, мм;
 n — частота вращения шпинделя станка, об/мин;
 s — подача обрабатываемого инструмента, мм/об;
 i — число рабочих ходов.

Размерность одного и того же параметра в пределах единого документа (пояснительной записки) в одной из установленных единиц измерения должна быть постоянной.

В пояснительной записке формулы нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела. Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой. Номер формулы указывают с правой стороны на уровне формулы в круглых скобках, например,

$$\Delta c = (C_3'' - C_3') N. \quad (3.21)$$

Ссылки в тексте на порядковый номер формулы дают в круглых скобках, например: "Экономический эффект выбранного вида изготовления заготовки определяется по формуле (3.21)".

Допускается нумерация формул в пределах части документа.

Все размещаемые иллюстрации в пояснительной записке, если их более одной, нумеруют арабскими цифрами по разделам. Номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой, например, рис. 1.1, рис. 1.2. Ссылки на ранее упомянутые иллюстрации дают с сокращенным словом "смотри", например, "см. рис. 1.1". Допускается нумерация иллюстраций в пределах части пояснительной записки.

Цифровой материал необходимо оформлять в виде таблиц. Диагональное деление головки таблиц не допускается. Графу "№ по пор." в таблицу не включают, и при необходимости нумерацию параметров и других данных указывают в графе перед их наименованием. При переносе таблицы на другой лист необходимо головку таблицы повторить и над ней дать слово "Продолжение". Если в документе имеется несколько таблиц, то после слова "Продолжение" необходимо указывать номер таблицы, например: "Продолжение табл. 3.1". Тематический заголовок таблицы помещают только над первой ее частью. Заголовок таблицы указывают в единственном числе.

При использовании в пояснительной записке или другом документе справочных материалов необходимо давать ссылки на использованные источники с указанием в квадратных скобках порядкового номера источника, помещенного в конце пояснительной записки.

2.2. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Графическая часть курсового проекта выполняется в полном соответствии с действующими стандартами ЕСКД и другими требованиями, установленными государственными стандартами на отдельные изделия.

Графическая часть проекта выполняется на листах любых форматов, установленных ГОСТ 2.301-68*, при этом основную надпись на чертежах выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 2.104-68*.

Форматы для чертежей выбирают с учетом размеров проектируемой детали или сборочного чертежа (станочного приспособления) и удобства их размещения. Изображение на чертежах располагают относительно фронтальной плоскости проекции так, чтобы оно давало наиболее полное представление о форме предмета.

Толщина линий должна быть одинакова для всех изображений на данном чертеже, вычерчиваемых в одинаковом масштабе, и удовлетворять требованиям ГОСТ 2.303-68* "Линии".

При выполнении рабочего чертежа детали общее число разрезов, сечений, видов и размеров должно быть минимальным, но достаточным для его изготовления и контроля.

Справочные размеры на чертежах отмечают условным знаком "*", а в технических требованиях чертежа записывают: "*Размеры для справок". Не допускается повторять размеры одного и того же элемента на разных изображениях, технических требованиях, основной надписи и спецификации. Предельные отклонения размеров указывают непосредственно после номинальных размеров, а многократно повторяющиеся на чертеже предельные отклонения линейных и других размеров 12 квалитета и грубее допускается оговаривать общей записью в технических требованиях, например: "Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий — по $H14$, валов — по $h14$, остальных — по $\pm \frac{IT14}{2}$ ".

Нанесение предельных отклонений размеров на чертежах следует производить по ГОСТ 2.307—68*, но с учетом условных обозначений полей допусков и посадок, а также числовых значений предельных отклонений, принятых по ГОСТ 25347—82.

Способ нанесения предельных отклонений на чертежах курсового проекта не ограничен, но более эффективным для учащегося является обозначение, когда у числовых размеров указывается буквенный символ посадок, номер квалитета и в скобках числовое значение предельных отклонений, например, $\phi 18H7^{(+0,018)}$. Предельные отклонения, указываемых числовыми величинами (десятичной дробью), записывают до последней значащей цифры включительно, выравнивая число знаков в верхнем и нижнем отклонении с добавлением нулей, например, $\phi 20^{+0,24}_{-0,20}$.

Допуски формы и расположения поверхностей указывают на чертежах условными обозначениями или текстом в технических требованиях по ГОСТ 2.308—79.

Условные обозначения допусков формы и расположения поверхностей приведены в табл. 2.1.

При условном обозначении данные о допусках формы и расположения поверхностей указывают в прямоугольной рамке, разделенной на две или три части (рис. 2.1), в которых помещают: в первой — знак допуска по таблице (см. табл. 2.1); во второй — числовое значение допуска; в третьей — буквенное обозначение базы или другой поверхности, к которой относится допуск формы и расположения поверхностей; если несколько баз, то вписывают все их обозначения (рис. 2.1).

Рамки вычерчивают сплошными тонкими линиями. Высота цифр, букв и знаков, вписываемых в рамки, должна быть равна размеру шрифта размерных чисел. Наклон линий в знаках должен быть приблизительно 75° , а высота рамки на 2—3 мм превышает размер принятого для данного чертежа шрифта.

Рамку с данными допусков формы или расположения поверхностей соединяют с элементом, к которому относится допуск формы и расположение поверхностей. Пересекать рамку какими-либо линиями не допускается.

Знаки условного обозначения допусков по ГОСТ 2.308—79

Группа допуска	Вид допуска	Знак
Допуск формы	Допуск прямолинейности	
	Допуск плоскостности	
	Допуск круглости	
	Допуск цилиндричности	
	Допуск профиля продольного сечения	
Допуск расположения	Допуск параллельности	
	Допуск перпендикулярности	
	Допуск наклона	
	Допуск соосности	
	Допуск симметричности	
	Позиционный допуск	
	Допуск пересечения осей	
Суммарные допуски формы и расположения	Допуск радиального биения Допуск торцового биения Допуск биения в заданном направлении	
	Допуск полного радиального биения Допуск полного торцового биения	
	Допуск формы заданного профиля	
	Допуск формы заданной поверхности	

Рис. 2.1. Условные обозначения допусков форм и расположений на чертежах и технологических эскизах

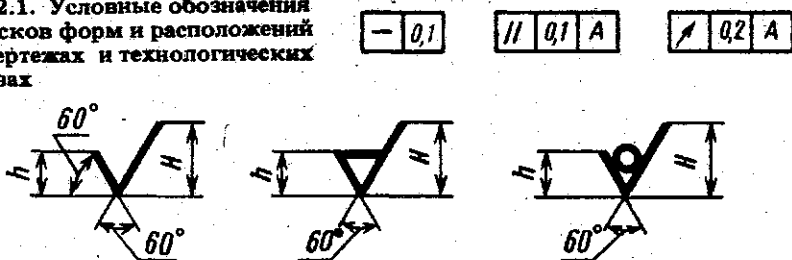


Рис. 2.2. Условные обозначения шероховатости поверхности в зависимости от вида обработки

При выполнении рабочих чертежей деталей необходимо обозначать шероховатость поверхностей по ГОСТ 2.309—73*. Шероховатость поверхностей должна быть указана на всех поверхностях детали, выполняемых по данному чертежу, независимо от метода их образования. В обозначении шероховатости поверхностей детали применяют один из знаков, изображенных на рис. 2.2.

Высота h знаков приблизительно равна высоте цифр размерных чисел. Высота H равна 1,5—3,0 высоте принятых знаков. Толщина линий знаков должна быть приблизительно равна половине толщины сплошной основной линии, применяемой на данном чертеже.

Для обозначения шероховатости поверхности применяют следующие знаки:

✓ — обозначение шероховатости поверхностей, вид обработки которой конструктором не устанавливается. Этот знак на чертежах является предпочтительным.

✓ — обозначение шероховатости поверхностей, которая должна быть образована удалением слоя материала в процессе обработки заготовки, например: точением, сверлением, фрезерованием, шлифованием, полированием, травлением и т.п.

✓ — обозначение шероховатости поверхностей, обрабатываемой без удаления слоя материала, например: литьем, ковкой, объемной штамповкой, прокатом, волочением и т.п., а также поверхности изделий, не обрабатываемых по данному чертежу.

Шабрить

✓ — знак шероховатости применяется, когда вид обработки является единственным.

✓ — обозначение шероховатости поверхности с разъяснением в технических требованиях чертежа.

(✓) — обозначение одинаковой шероховатости поверхности элементов детали. Данное обозначение помещается в правом верхнем углу чертежа со знаком обозначения одинаковой шероховатости всех элементов обрабатываемой заготовки.

Базовую длину в обозначении шероховатости поверхности не указывают, если требования к шероховатости нормируют указанием параметра R_a или R_z . Определение параметра производится в пределах базовой длины, соответствующей значению параметра в таблице по ГОСТ 2789—73**.

При выполнении графической части курсового проекта необходимо правильно обозначать шероховатость поверхностей изображенного изделия. Обозначение шероховатости поверхностей изделий располагают на линиях контура или выносных линиях (по возможности ближе к размерной линии) или на полках выносок, а также при недостатке места допускается располагать обозначения шероховатости на размерных линиях или на продолжениях выносной линии (рис. 2.3). На линии невидимого контура допускается наносить обозначения шероховатости только в случаях, когда от этой линии нанесен размер.

Если на изображении чертежа все поверхности одинаковой шероховатости, то обозначение шероховатости помещают в правом верхнем углу чертежа и на изображении не наносят (рис. 2.4). Знак шероховатости, вынесенный в правый верхний угол чертежа, должен быть приблизительно в 1,5 раза больше, чем на изображении чертежа.

Чтобы не перегружать рабочий чертеж многократно повторяющимися знаками одинаковой шероховатости, или когда часть поверхности не обрабатывается по данному чертежу, целесообразно выносить их в правый верхний угол чертежа.

Обозначение шероховатости поверхностей повторяющихся элементов изделия (отверстий, пазов, зубьев и т.п.), число которых указано на чертеже, а также обозначение шероховатости одной и той же поверхности наносят один раз независимо от чертежа изображений. Обозначение шероховатости поверх-

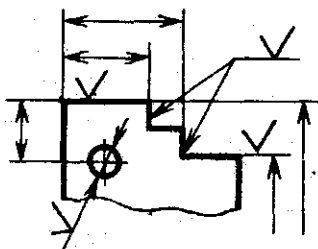


Рис. 2.3. Методы расположения обозначения шероховатости поверхности детали при недостатке места на изображении чертежа

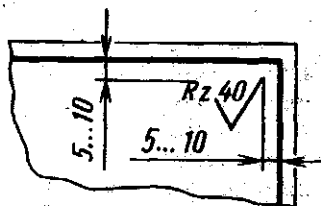


Рис. 2.4. Обозначение шероховатости для всех поверхностей детали

Рис. 2.5. Обозначение шероховатости поверхности детали, в которых знак не имеет полки

ности, в которых знак не имеет полки, располагают относительно надписи чертежа так, как показано на рис. 2.5.

На чертежах изделий, подвергаемых термической и другим видам обработки, указывают показатели свойств материалов, полученных в результате обработки, например: твердость HRC, HRA, HB; временное сопротивление σ_B ; предел упругости σ_y . Величина глубины обработки h и твердости материалов на чертежах указываются предельными значениями "от ... до", например: $h\ 0,7 \dots 0,9$; HRC, 40 ... 45.

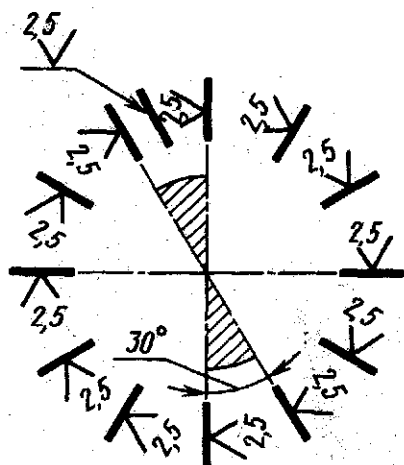
Поверхности деталей, подвергаемых термической электрохимической, гальванической обработке, отмечают штрих-пунктирной утолщенной линией на той проекции, на которой они ясно определены.

При выполнении курсового проекта учащийся разрабатывает сборочные чертежи (станочных приспособлений, приспособления для контроля обрабатываемой заготовки, специальных режущих и измерительных инструментов и т.д.), которые должны удовлетворять требованиям ГОСТ 2.109—73*. Сборочные чертежи должны содержать:

- 1) изображение сборочной единицы, дающее полное представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу;
- 2) номера позиций составных частей, входящих в сборочную единицу;
- 3) габаритные размеры сборочной единицы, а также установочные, присоединительные и другие необходимые справочные и исполнительные размеры;
- 4) техническую характеристику сборочной единицы или технические требования (при необходимости).

Номера позиций наносят на полках линий выносок, проводимых от изображений составных частей, и располагают параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группируют в колонку или строчку.

Номера позиций наносят на чертеже, как правило, один раз, но допускается и повторно указывать номера позиций одинаковых составных частей изделия для более ясного понимания чертежа. Размер шрифта позиций должен быть на один-два



номера больше, чем размер шрифта, принятого для размерных чисел. Текст на чертеже, таблицы и надписи должны быть краткими и точными, без сокращений слов, за исключением общепринятых или установленных в стандартах.

Текстовую часть, помещенную на поле чертежа, располагают над основной надписью. Между текстовой частью и основной надписью не допускается помещать различные изображения (сечения, виды, выносные элементы), таблицы.

Для обозначения на чертеже изображений (видов, разрезов, сечений), поверхностей, размеров и других элементов изделия применяют прописные буквы русского алфавита (за исключением букв Й, О, Х, Ъ, Ы, Ь) по ГОСТ 2.316—68* "Правила нанесения на чертежах надписей технических требований и таблиц".

Буквенные обозначения присваивают в алфавитном порядке без пропусков. Размер шрифта буквенных обозначений должен быть в 2 раза больше размерных чисел.

Пункты технических требований должны иметь сквозную нумерацию, и каждый пункт записывают с новой строки (без заголовка "Технические требования").

Технические требования на чертеже излагают, группируя вместе однородные и близкие по своему характеру, в следующем порядке:

- требования к материалу, заготовке, термической обработке, твердости, влажности, к свойствам материала готовой детали и т.п.;

- размеры, предельные отклонения размеров допусков формы и расположения поверхностей, массы и т.п.;

- требования к качеству поверхностей, указания об их отделке, покрытии;

- расположение отдельных элементов конструкции;

- требования, предъявляемые к настройке и регулированию.

Техническую характеристику изделия размещают отдельно от технических требований с самостоятельной нумерацией пунктов на свободном поле чертежа под заголовком "Техническая характеристика", а над техническими требованиями помещают заголовок "Технические требования". Оба заголовка не подчеркивают.

В основной надписи чертежа наименование детали должно соответствовать принятой терминологии и быть по возможности кратким. Наименование детали записывается в именительном падеже единственного числа, например: "Приспособление", "Вал", "Фланец", "Крышка" и т.д.

Наименование детали, состоящее из нескольких слов, на первом месте помещают имя существительное, например: "Колесо зубчатое", "Вал первичный", "Вал промежуточный" и т.д.

В наименование детали не включают, как правило, сведения о назначениях детали и ее местоположение.

Обозначение материала должно содержать наименование материала, марку, если она для данного материала установлена, и номер стандарта или технических условий, например: Сталь 45 ГОСТ 1050—74*; Ст3 ГОСТ 380—71*; Чугун СЧ 15 ГОСТ 1412—79* и т.д.

Если в установленное обозначение материала входит сокращенное наименование данного материала "Ст", "СЧ", "КЧ", "Бр" и др., то полное наименование "Сталь", "Серый чугун", "Ковкий чугун", "Бронза" в графе материалов не указывают, например: Ст3 ГОСТ 380—71*; СЧ 10 ГОСТ 1412—79*.

Если деталь изготовлена из сортового материала определенного профиля и размера, то такой материал записывают в соответствии с присвоенным ему в стандарте обозначением, например: сталь горячекатаная, круглого сечения, диаметром 80 мм, обычной точности В по ГОСТ 2590—71*, марки 30, для горячей осадки или высадки — подгруппы а, категории 2:

$$\text{Круг} \frac{80 - \text{В} - \text{ГОСТ 2590} - 71}{30 - \text{а} - 2 - \text{ГОСТ 1050} - 74};$$

сталь горячекатаная, квадратного сечения, со стороной квадрата 40 мм, обычной точности прокатки В по ГОСТ 2591—71*, марки 30, для горячей осадки или высадки — подгруппы а, категории 2:

$$\text{Квадрат} \frac{40 - \text{В} - \text{ГОСТ 2591} - 71}{30 - \text{а} - 2 - \text{ГОСТ 1050} - 74}.$$

В графе "Материал" указывают один вид материала, а если предусматриваются для изготовления детали заменители, то их указывают в технических требованиях чертежа или в технических условиях на изделие. Если деталь состоит из двух различных материалов (в целях экономии дорогостоящего материала или по эксплуатационным требованиям детали), то в графе "Материал" указывают основной материал, а в технических требованиях — вспомогательный.

На каждую сборочную единицу чертежа составляют спецификацию по формам 1 и 1а или 2 и 2а ГОСТ 2.108—68*.

При заполнении спецификации на сборочную единицу перечня составных частей рекомендуется располагать в следующем порядке: "Документация", "Комплекс", "Сборочные единицы", "Детали", "Стандартные изделия", "Прочие изделия", "Материалы", "Комплексы". Наличие тех или иных составных частей определяется составом специфицируемого изделия. Название всех разделов указывают в виде заголовка в графе "Наименование" и подчеркивают тонкой сплошной линией. Спецификацию допускается помещать в пояснительную записку после описания специфицируемого изделия (Сборочной едини-

цы) или в графическую часть курсового проекта. Спецификацию рекомендуется заполнять чернилами черного цвета пастой или тушью.

Допускается совмещать спецификацию со сборочным чертежом, при этом спецификацию располагают ниже графического изображения изделия над основной надписью и заполняют ее в том же порядке и по той же форме.

2.3. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

В курсовом проекте разрабатывается технологический процесс изготовления детали, соответствующий современному достижению науки и техники, а также передовому опыту новаторов производства. Технологический процесс механической обработки является основой курсового проекта, от которого зависят экономические показатели себестоимости изделия, производительность труда, экономия материалов, электроэнергии, культура производства.

Технологический процесс изготовления детали должен выполняться в полном соответствии с действующими стандартами ЕСТД и другими требованиями стандартов. Термины и определения основных понятий в области технологических процессов, установленных ГОСТ 3.1109—82 "Процессы технологические", обязательны для производственных и учебных документов. ГОСТ 3.1109—82 устанавливает следующую технологическую документацию.

На комплектность технологических документов:

- комплект документов технологического процесса;
- комплект технологической документации;
- комплект проектной технологической документации;
- стандартный комплект документов технологического процесса.

На детализацию описания технологических процессов:

- маршрутное описание технологического процесса;
- операционное описание технологического процесса;
- маршрутно-операционное описание технологического процесса.

На организацию производства:

- единичный технологический процесс;
- типовой технологический процесс;
- групповой технологический процесс.

В курсовых проектах рекомендуется применять операционное описание технологического процесса изготовления детали для крупносерийного и массового производства.

Разработка операционного технологического процесса механической обработки заготовки дает возможность учащимся применить в полном объеме свои теоретические и практические знания, применить новейшие достижения науки и техники в области машиностроения, новаторов производства.

В курсовом проекте можно разрабатывать любые виды технологических процессов изготовления деталей в зависимости от задания на курсовое проектирование, где при составлении его учитываются все возможные варианты для повышения качества подготовки будущего специалиста по обработке металлов резанием.

Какой бы технологический процесс не разрабатывался, следует добиваться минимальных затрат по изготовлению проектируемой детали.

Комплектность документов, необходимых для описания технологического процесса, зависит от его организации, вида работ и типа производства. Комплектность технологических документов устанавливается по ГОСТ 3.1108-74 "Комплектность документов в зависимости от типа и характера производства". Комплектность документа технологического процесса механической обработки в курсовых проектах можно использовать из маршрутной карты; операционной карты; карты эскизов; карты технического контроля и ведомости технологических документов.

Комплектность технологических документов зависит от специализации и специфики работы.

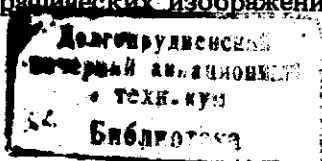
Описание технологического процесса механической обработки выполняется на форматах, установленных стандартами ЕСТД в зависимости от метода обработки и организации технологического процесса.

Правила записи технологических операций и переходов обработки резанием установлены ГОСТ 3.1702-79*.

Наименование операции обработки резанием должно отражать применяемый вид технологического оборудования и записываться именем прилагательным в именительном падеже, например: *зубошлифовальная, хонинговальная, продольно-строгальная, сверлильно-центровая, шлиценакатная и т.п.*

Запись содержания технологической операции следует выполнять в форме маршрутного или операционного описания. В содержании операции необходимо отражать все действия, выполняемые в технологической последовательности. В содержании операции (перехода) необходимо включать ключевые слова, характеризующие метод обработки, выраженные глаголом в неопределенной форме, например: *фрезеровать, шлифовать, галтовать, установить, снять, зенковать, хонинговать и т.д.*

В содержании технологической операции допускается полная или сокращенная форма записи. Полную форму записи следует выполнять при отсутствии графических изображений, а сокра-



ценную — при наличии графических изображений, которые достаточно полно отражают всю необходимую информацию по изготовлению детали.

Пример 1. Полная запись: "Сверлить 8 сквозных отверстий с последующим зенкованием фасок, выдерживая $d = 12^{+0,02}_{-0,01}$, $d = 90 \pm 0,08$, $\angle 90^\circ \pm 30'$ и $1,6 \times 45^\circ$, согласно чертежу".

2. Сокращенная запись: "Сверлить 8 отв., выдерживая размеры 1, 2, 3 и 4".

Установление полной или сокращенной записи содержания технологической операции для каждого конкретного случая определяется разработчиком документов. Запись вспомогательных переходов следует выполнять в соответствии с правилами для технологических переходов.

При заполнении документов рукописным способом — вместе условного обозначения d применять знак ϕ и не указывать условные обозначения длины, ширины, фаски. Например: "Расточить поверхность, выдерживая размеры $\phi 120^{+0,24}_{-0,12}$, $60 \pm 0,2$ и $1,6 \times 45^\circ$ ".

В записи содержания операции следует использовать следующие ключевые слова:

для технологических переходов — *вальцевать, врезаться, галтовать, гравировать, довести, долбить, закруглить, заточить, затыловать, зенкеровать, накатать, нарезать, обкатать, опилить, отрезать, подрезать, полировать, притирать, прирабатывать, протянуть, развернуть, развальцевать, раскатать, рассверлить, расточить, сверлить, строгать, суперфинишировать, точить, хонинговать, шевинговать, шлифовать, цековать, центровать, фрезеровать;*

для вспомогательных переходов — *выверить, закрепить, настроить, переустановить, переустановить и закрепить, переместить, поджать, проверить, смазать, снять, установить, установить и выверить, установить и закрепить.*

В содержании операции следует оставлять свободные строки между описаниями переходов для дальнейшей корректировки текста.

При разработке технологических эскизов на операции или отдельные технологические переходы необходимо выполнять все требования, предъявляемые к графическим документам.

Технологический эскиз разрабатывается на каждую операцию в крупносерийном и массовом производстве, а при необходимости и на отдельный технологический переход. Технологический эскиз является исходным данным для подробного описания операции по переходам или позициям. На технологическом эскизе указываются все необходимые данные для качественной обработки детали; указываются необходимые размеры обрабатываемых элементов детали с отклонениями, а также необходимыми справочными размерами, которые будут использованы в процессе определения режимов резания и норм времени по технологическим переходам на операцию. На свободном

поле карты эскиза указываются необходимые технические требования на изготовление детали (обрабатываемых поверхностей на данной операции).

На каждый обрабатываемый элемент заготовки устанавливается шероховатость поверхности и указывается условное обозначение шероховатости в зависимости от метода обработки и степени точности. Одинаковые значения шероховатости поверхности группируют и выносят в правый верхний угол эскиза.

На технологическом эскизе необходимо указывать условные обозначения опор, зажимов на базовых поверхностях детали согласно ГОСТ 3.1107-81 "Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические обозначения".

Необходимое число изображений (видов, разрезов, сечений и выносок) на эскизе устанавливается из условий обеспечения наглядности и ясности изображения обрабатываемых поверхностей детали. Поверхности, подлежащие обработке, на эскизе следует обводить сплошной линией, равной 2s ... 3s по ГОСТ 2.303-68*.

В курсовом проекте для наглядности допускается изображать обрабатываемые поверхности на эскизе красным цветом. Все обрабатываемые поверхности условно нумеруют арабскими цифрами в технологической последовательности и соединяют с размерной линией. Номера поверхностей обводят знаком округлости диаметром 6 ... 8 мм.

Технологические эскизы на операцию или переходы выполняются от руки без масштаба, однако эскизы следует выполнять аккуратно и четко. Условные обозначения, применяемые на технологических эскизах, должны соответствовать установленным стандартам. Нестандартные обозначения необходимо разъяснять в примечаниях к данному эскизу.

Титульный лист является первым листом технологического документа. На титульном листе указывают наименование министерства или ведомства, в систему которого входит учебное заведение, наименование учебного заведения, наименование темы технологического документа курсового проекта, наименование изделия, шифр курсового проекта на данный документ, фамилию и подпись разработчика (учащегося), фамилию и подпись руководителя курсового проекта.

Комплект технологического документа изготовления детали оформляется в виде отдельного альбома.

3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Основные вопросы, касающиеся курсового проектирования, прорабатывают в процессе изучения специальных дисциплин, при выполнении лабораторных и практических работ, но вместе

с тем имеется необходимость изложить ряд общих методических положений и требований, которые обеспечат эффективную работу учащегося над курсовым проектом по данной специальности.

Изложенные методические рекомендации позволяют учащимся и руководителям курсовых проектов обеспечить единство требований и решение отдельных вопросов, а также подготовить учащихся к выполнению курсовых и дипломных проектов.

Работая над каждым вопросом, учащийся должен подходить творчески, критически анализировать и принимать самые оптимальные решения.

3.1. ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

Во вводной части (введении) курсового проекта рассматривают важность и актуальность выбранной темы в соответствии с последними решениями партии и Советского правительства в области данной отрасли машиностроения. Необходимо отметить дальнейшее повышение технологического уровня машиностроения, механизации и автоматизации производственных процессов, а также повышения качества выпускаемой продукции и эффективности производства. Особое внимание учащийся должен обратить на развитие той отрасли машиностроения, к которой относится тема проекта.

Введение должно быть увязано с темой курсового проекта и по объему не должно превышать двух страниц проекта.

Мероприятия, предусмотренные в проекте для получения высоких технико-экономических показателей, перечисляют после их обоснования.

3.2. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

3.2.1. Описание изделия, сборочной единицы и детали

При описании изделия, сборочной единицы, детали согласно заданию на курсовое проектирование необходимо указать назначение, условия работы, краткую характеристику изделия и эксплуатационную характеристику составных его частей.

Необходимо указать, каким факторам подвергается данное изделие в процессе эксплуатации (условия рабочего места, среда, динамические нагрузки и др.) и при отработке детали на технологичность следует учитывать все эти факторы.

При описании сборочной единицы, в которую входит деталь по заданию курсового проекта, необходимо более подробно остановиться на ее конструктивных особенностях и условиях работы. В курсовом проекте необходимо давать подробное описание детали, ее эксплуатационное назначение, характер соединения (подвижное, неподвижное), конструктивную особенность.

Анализ детали необходимо производить по всем ее обрабатываемым поверхностям. Анализу подвергаются степень точности и шероховатость обрабатываемых поверхностей, технические требования на изготовление детали, допусков формы и расположения поверхностей. Это дает возможность выбрать самые оптимальные методы обработки каждой из рассмотренных поверхностей изготавливаемой детали.

При необходимости допускается производить изменения на рабочем чертеже детали согласно системе ЕСКД и государственным стандартам без конструктивных изменений изделия, так как на изменение конструкции детали необходимо иметь авторское разрешение.

3.2.2. Материал детали и его свойства.

При описании материала, из которого изготовлена деталь, учащийся должен показать его свойства, обрабатываемость в холодном и горячем состоянии. Необходимо указывать назначение и область применения материала в деталях машиностроения, например: "Сталь 20Х ГОСТ 4543—71* легированная конструкционная применяется для деталей средних размеров с твердой износоустойчивой поверхностью при достаточно прочной и вязкой сердцевине, работающей при больших скоростях и средних давлениях. Из стали 20Х рекомендуется изготавливать зубчатые колеса, кулачковые муфты, втулки, плунжеры, копиры, шлицевые валики, работающие в подшипниках скольжения, и т.п."

Необходимо указать химические, механические и другие свойства данного материала. Химические элементы и механические свойства рекомендуется размещать в отдельных таблицах, например:

Химический состав легированной конструкционной стали

Марка	Содержание элементов, %					
	Углерод	Марганец	Кремний	Хром	Никель	Другие элементы
20Х	0,17—0,23	0,5—0,8	0,17—0,37	0,7—1,0	—	—

После разбора свойств материала дается заключение о его пригодности для данной детали.

3.2.3. Анализ технологичности детали

Каждая деталь должна изготавливаться с минимальными трудовыми и материальными затратами. Эти затраты можно сократить в значительной степени от правильного выбора варианта технологического процесса, его оснащения, механизации

и автоматизации, применения оптимальных режимов обработки и правильной подготовки производства. На трудоемкость изготовления детали оказывают особое влияние ее конструкция и технические требования на изготовление.

При отработке на технологичность конструкции детали необходимо производить оценку в процессе ее конструирования.

Требования к технологичности конструкции детали и сферы проявления эффекта при их выполнении согласно ГОСТ 14.204—73* следующие:

конструкция детали должна состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов или быть стандартной в целом;

детали должны изготавливаться из стандартных и унифицированных заготовок или заготовок, полученных рациональным способом;

размеры и поверхности детали должны иметь соответственно оптимальные степень точности и шероховатость;

физико-химические и механические свойства материала, жесткость детали, ее форма и размеры должны соответствовать требованиям технологии изготовления;

показатели базовой поверхности (точность, шероховатость) детали должны обеспечивать точность установки, обработки и контроля;

конструкция детали должна обеспечивать возможность применения типовых и стандартных технологических процессов ее изготовления.

При оценке технологичности конструкции детали необходимо:

рассчитать показатели технологичности конструкции;

определить показатели уровня технологичности детали;

разработать рекомендации по улучшению показателей технологичности;

обеспечить технологичность конструкции детали путем внесения изменений.

Оценку технологичности конструкции детали производят по качественным показателям.

Качественная оценка технологичности конструкции детали называется словами "хорошо — плохо", "допустимо — недопустимо" и т.д., а количественная оценка характеризуется показателями технологичности и проводится по усмотрению разработчика.

В курсовом проекте количественную оценку технологичности конструкции детали производить по следующим коэффициентам.

Коэффициент унификации конструктивных элементов детали

$$K_{у.э} = Q_{э.у} / Q_{э}, \quad (3.1)$$

где $Q_{э.у}$ — число унифицированных элементов детали, шт.;

$Q_э$ — общее число конструктивных элементов детали, шт.

Коэффициент использования материала

$$K_{и.м} = G_d / G_{э.п}, \quad (3.2)$$

где G_d — масса детали по чертежу, кг; $G_{э.п}$ — масса материала заготовки с неизбежными технологическими потерями, кг.

Коэффициент точности обработки детали

$$K_{тч} = Q_{тч.н} / Q_{тч.о}, \quad (3.3)$$

где $Q_{тч.н}$ — число размеров не обоснованной степени точности обработки;

$Q_{тч.о}$ — общее число размеров, подлежащих обработке.

Коэффициент шероховатости поверхностей детали

$$K_{ш} = O_{ш.н} / O_{ш.о}, \quad (3.4)$$

где $O_{ш.н}$ — число поверхностей детали не обоснованной шероховатости, шт.; $O_{ш.о}$ — общее число поверхностей детали, подлежащих обработке, шт.

Последовательность и содержание работ по обеспечению технологичности детали на отдельных стадиях разработки конструкции зависит от сложности и принадлежности детали. В зависимости от принадлежности детали подразделяются на взаимосвязанные и самостоятельные. Взаимосвязанные детали являются составными частями сборочных единиц и машин, а самостоятельные детали не входят в состав других изделий (например, сверло, зубило, напильник и др.).

Технологичность конструкции взаимосвязанной детали должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к изделию, в состав которого она входит, и частным требованиям, связанным непосредственно с ее технологичностью.

При отработке детали на технологичность можно использовать и другие количественные показатели согласно ГОСТ 14. 202—73* по усмотрению руководителя курсового проекта.

В заключение данного пункта необходимо дать оценку технологичности изделия с рекомендациями по изменению конструкции детали.

3.2.4. Определение типа производства

Тип производства согласно ГОСТ 3.1108—74 характеризуется коэффициентом закрепления операций за одним рабочим местом или единицей оборудования. Тип производства определяется коэффициентом

$$K_{з.о} = Q / P_m, \quad (3.5)$$

где Q — число различных операций; P_m — число рабочих мест, на которых выполняются данные операции.

Типы производства характеризуются следующими значениями коэффициентов закрепления операций:

Тип производства	$K_{з.о}$
Массовое	1
Серийное:	
крупносерийное	Св.1 до 10
среднесерийное	" 10 " 20
мелкосерийное	" 20 " 40
Единичное	" 40

Для предварительного определения типа производства можно использовать годовой объем выпуска и массы детали по табл. 3.1.

Таблица 3.1

Зависимость типа производства от объема выпуска (шт.) и массы детали

Масса детали, кг	Тип производства				
	единичное	мелко-серийное	средне-серийное	крупносерийное	массовое
<1,0	<10	10—2000	1500—100 000	75 000—200 000	200 000
1,0—2,5	<10	10—1000	1000—50 000	50 000—100 000	100 000
2,5—5,0	<10	10—500	500—35 000	35 000—75 000	75 000
5,0—10	<10	10—300	300—25 000	25 000—50 000	50 000
>10	<10	10—200	200—10 000	10 000—25 000	25 000

Единичное производство характеризуется широкой номенклатурой изготавливаемых изделий и малым объемом их выпуска. Единичное производство универсально, т.е. охватывает разнообразные типы изделий, поэтому оно должно быть гибким, с применением универсального оборудования, а также стандартного режущего и измерительного инструмента.

Технологический процесс изготовления детали при этом типе производства имеет уплотненный характер, т.е. на одном станке выполняются несколько операций или полная обработка всей детали. Применение специальных приспособлений в единичном производстве экономически нецелесообразно, их используют только в исключительных случаях. Себестоимость выпускаемого изделия при единичном производстве сравнительно высокая.

Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых периодически повторяющимися партиями, и сравнительно большим объемом выпуска, чем в единичном типе производства. При серийном производстве используются универсальные станки, оснащенные как специальными, так и универсальными и универсально-сборными приспособлениями, что позволяет снизить трудоемкость и себестоимость изготовления изделия. В серийном производстве технологический процесс изготовления изделия преимущественно дифференцирован, т.е. расчленен на отдельные самостоятельные операции, выполняемые на определенных станках.

При серийном производстве обычно применяют универсальные, специализированные, агрегатные и другие металлорежущие станки. При выборе технологического оборудования специального или специализированного, дорогостоящего приспособления или вспомогательного приспособления и инструмента необходимо производить расчеты затрат и сроков окупаемости, а также ожидаемый экономический эффект от использования оборудования и технологического оснащения.

Массовое производство характеризуется узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых в течение продолжительного периода времени. При массовом производстве технологические процессы разрабатываются подробно и хорошо оснащаются, что позволяет обеспечить высокую точность и взаимозаменяемость деталей, малую трудоемкость, а следовательно, и более низкую, чем при серийном производстве, себестоимость изделий.

При массовом производстве возможно более широко применять механизацию и автоматизацию производственных процессов, использовать дифференцирование технологического процесса на элементарные операции, применять быстродействующие специальные приспособления, режущий и измерительный инструмент.

3.3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Для каждого типа производства характерны свои маршруты изготовления деталей. Для массового и крупносерийного производства обычно разработку технологического процесса ведут в следующем порядке:

- 1) устанавливают тип производства;
- 2) выбирают рациональную форму заготовки согласно типа производства и конструктивным особенностям изготавливаемой детали;
- 3) устанавливают маршрут обработки детали;
- 4) выбирают металлорежущие станки на технологические операции с учетом наименьших трудовых и материальных затрат;
- 5) определяют метод установки и закрепления заготовки на каждой технологической операции;
- 6) выбирают необходимые универсальные приспособления или намечают принципиальные схемы специальных приспособлений;
- 7) разрабатывают технологические эскизы на каждую операцию или отдельные переходы;
- 8) производят разбивку технологической операции на необходимые более мелкие ее элементы (установ, переход, позиция);
- 9) устанавливают тип и размеры стандартного режущего

инструмента или разрабатывают конструктивные эскизы специальных режущих инструментов с указанием материала режущей части;

10) выбирают (при необходимости) вспомогательный инструмент для технологической операции;

11) устанавливают метод контроля обрабатываемых поверхностей детали и измерительный стандартный или специальный инструмент;

12) устанавливают (при необходимости) смазывающую охлаждающую жидкость на операцию;

13) определяют расчетные данные для установления режимов резания и технической нормы времени на элементы операции;

14) производят расчет режимов обработки на все переходы операции;

15) оформляют технологические карты механической обработки изделия и карты технического контроля.

Проектируемая технологическая операция должна решать конкретную задачу: удалить наибольший слой металла с обрабатываемой поверхности (черновая обработка), или получить более точные размеры и взаимное расположение поверхностей (чистовая обработка) или добиться высокой точности и качества обрабатываемой поверхности детали (отделочная обработка).

Какая бы задача ни ставилась в разрабатываемой операции, необходимо исходить из условий сокращения трудовых затрат и повышения качества выпускаемой продукции.

Обычно рекомендуется разрабатывать технологический процесс для черновой обработки, при котором допускается снимать наибольшие слои металла и сразу же выявлять дефекты заготовок, а также снимать внутренние напряжения, вызывающие деформацию детали. При черновой обработке можно сократить основное время на изготовление детали путем увеличения глубины резания (сокращения числа рабочих ходов) и повышения режимов обработки.

3.3.1. Выбор вида и метода получения заготовки

В машиностроении основными видами заготовок для деталей являются стальные и чугунные отливки, отливки из цветных металлов и сплавов, штамповки и всевозможные профили проката.

Способ получения заготовки должен быть наиболее экономичным при заданном объеме выпуска деталей. На выбор формы, размеров и способа получения заготовки большое значение имеет конструкция, и материал детали. Вид заготовки оказывает значительное влияние на характер технологического процесса, трудоемкость и экономичность ее обработки.

При выборе вида заготовки необходимо учитывать не только эксплуатационные условия работы детали, ее размеры и форму, но и экономичность ее производства. Если при выборе заготовок

возникают затруднения, какой метод изготовления принять для той или другой детали, тогда производят технико-экономический расчет двух или нескольких выбранных вариантов. После обоснования способа получения заготовки необходимо дать краткое описание технологического процесса ее получения и обосновать выбор плоскости разреза формы или штампа, величину принятых радиусов скруглений и формовочных уклонов.

3.3.2. Техничко-экономическое обоснование выбора заготовки

Техничко-экономическое обоснование выбора заготовки для обрабатываемой детали производят по нескольким направлениям: металлоемкости, трудоемкости и себестоимости, учитывая при этом конкретные производственные условия. Техничко-экономическое обоснование ведется по двум или нескольким выбранным вариантам. При экономической оценке определяют металлоемкость, себестоимость или трудоемкость каждого выбранного варианта изготовления заготовки, а затем их сопоставляют.

Техничко-экономический расчет изготовления заготовки производят в следующем порядке:

- устанавливают метод получения заготовки согласно типу производства, конструкции детали, материалу и другим техническим требованиям на изготовление детали.

- назначают припуски на обрабатываемые поверхности детали согласно выбранному методу получения заготовки по нормативным таблицам или производят расчет аналитическим методом; определяют расчетные размеры на каждую поверхность заготовки;

- назначают предельные отклонения на размеры заготовки по нормативным таблицам в зависимости от метода получения заготовки;

- производят расчет массы заготовки на сопоставляемые варианты;

- определяют норму расхода материала с учетом неизбежных технологических потерь для каждого вида заготовки (некратность, на отрезание, угар, облой, и т.д.);

- определяют коэффициент использования материала по каждому из вариантов изготовления заготовок с технологическими потерями и без потерь;

- определяют себестоимость изготовления заготовки, выбранных вариантов для сопоставления и определения экономического эффекта получения заготовки;

- определяют годовую экономию материала от сопоставляемых вариантов получения заготовки;

- определяют годовую экономию от выбранного варианта заготовки в денежном выражении.

Величину припуска на механическую обработку стальных

поковок общего назначения, изготавливаемых горячей объемной штамповкой на разных видах кузнечно-прессового оборудования, методом литья (стали, чугуна и цветных металлов) определяют по табличным нормативам согласно массе заготовки, точности ее изготовления, группе стали, степени сложности, габаритным размерам, шероховатости обрабатываемых поверхностей и другим конструкторским элементам детали и техническим требованиям на изготовление.

Расчетные размеры для заготовки определяют по следующим формулам:

при обработке наружных и внутренних поверхностей тел вращения (для внутренних поверхностей принимают с обратным знаком) принимают

$$D_p = D_{\text{ном}} + 2z_o; \quad (3.6)$$

при односторонней обработке плоских поверхностей

$$H_p = H_{\text{ном}} + z_o, \quad (3.7)$$

где D_p — расчетный диаметр заготовки, мм; $D_{\text{ном}}$ — номинальный диаметр обрабатываемой поверхности детали, мм; z_o — общий припуск на обработку на одну сторону, мм; H_p — расчетный размер плоской поверхности, мм; $H_{\text{ном}}$ — номинальный размер обрабатываемой плоской поверхности, мм.

Расчетные размеры на заготовку округляют до технологической возможности оборудования и экономической целесообразности принятой точности. Рекомендуется расчетные размеры заготовок округлять в сторону увеличения припусков в зависимости от степени точности и типа производства.

Отклонения (допуски) на размеры заготовок назначают по таблицам в зависимости от метода получения заготовок (прокат, литье, штамповка и др.).

Схема определения допусков на штампованные поковки повышенной и нормальной точности (табл. 3.2) содержит четыре основных параметра — масса поковки, группа стали, степень сложности, размер.

Пример. Поковка класса I массой 1,4 кг на размер 250 мм. Группа стали M1 и степень сложности поковки C2. Определить по таблице допуск на размер заготовки. Допуск на размер равен $^{+1,0}_{-0,5}$ мм (см. табл. 3.2).

Поковка класса I массой 0,35 кг на размер 160 мм. Группа стали M1 и степень сложности C1. Определить по таблице допуск на размер заготовки. Допуск на размер заготовки равен $^{+0,7}_{-0,3}$ мм (см. табл. 3.2).

Поковка класса I массой 2,8 кг на размер 280 мм. Группа стали M2 и степень сложности C3. Определить по таблице допуск на размер заготовки. Допуск на размер заготовки равен $^{+1,5}_{-1,0}$ мм (см. табл. 3.2).

Допуск на внутренние размеры поковок должны устанавливаться с обратными знаками, например, если для наружной поверхности диаметром 80 мм установлен допуск $^{+1,2}_{-0,6}$, то для внутреннего диаметра 80 мм допуск будет равен $^{+0,6}_{-1,2}$.

Допускаемые отклонения на размеры назначают по ГОСТ 1855—55 для отливок из серого чугуна и по ГОСТ 2009—55 для стальных фасонных отливок (табл. 3.3).

Масса поковки, кг	Группа стали		Степень сложнос- ти поковки				Размер, мм					
	M1	M2	C1	C2	C3	C4	До 50	50... 120	120... 180	180... 260	260... 360	360... 500
До 0,25												
0,25 - 0,40	•	•	•	•	•	•			• +0,1 -0,1			
0,40 - 0,63	•	•	•	•	•	•						
0,63 - 1,00	•	•	•	•	•	•						
1,00 - 1,60	•	•	•	•	•	•						
1,60 - 2,50	•	•	•	•	•	•				• +0,1 -0,1		
2,50 - 4,00	•	•	•	•	•	•						
4,00 - 6,30	•	•	•	•	•	•						
6,30 - 10,00	•	•	•	•	•	•						
10,00 - 16,00	•	•	•	•	•	•						
16,0 - 25,0	•	•	•	•	•	•					• +0,15 -0,1	

Таблица 3.3

Допускаемые отклонения (\pm) на размеры чугуновых и стальных отливок
(по ГОСТ 1855-55 и ГОСТ 2009-55)

Размеры, мм

Размеры отливок	Номинальный размер детали					
	До 50	50-120	120-260	260-500	500-800	800-1250
I класс точности						
До 120	0,2	0,3	—	—	—	—
120-260	0,3	0,4	0,6	—	—	—
260-500	0,4	0,6	0,8	1,0	—	—
500-1250	0,6	0,8	1,0	1,4	1,4	1,6
1250-3150	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0
3150-5000	1,0	1,2	1,5	1,8	2,0	2,5
II класс точности						
До 260	0,5	0,8	1,0	—	—	—
260-500	0,8	1,0	1,2	1,5	—	—
500-1250	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
1250-3150	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0
3150-6300	1,5	1,8	2,2	3,0	4,0	5,0
III класс точности						
До 500	1,0	1,5	2,0	2,5	—	—
500-1250	1,2	1,8	2,2	3,0	4,0	5,0
1250-3150	1,5	2,0	2,5	3,5	5,0	6,0
3150-6300	1,8	2,2	3,0	4,0	5,5	6,5

Примечание. I класс точности соответствует массовому типу производства, II класс точности — серийному и III класс точности — единичному производству.

Допуски (мм) на штампованные поковки повышенной точности,
(по ГОСТ 7506-74*)

Масса поковки кг	Группа стали		Степень сложности				Размер		
	M1	M2	C1	C2	C3	C4	До 50	50-120	120-180
До 0,25							+0,5 -0,2	+0,5 -0,3	+0,6 -0,3
0,25 - 0,40							+0,5 -0,3	+0,6 -0,3	+0,7 -0,3
0,40 - 0,63							+0,6 -0,3	+0,7 -0,3	+0,7 -0,4
0,63 - 1,00							+0,7 -0,3	+0,7 -0,4	+0,8 -0,4
1,00 - 1,60							+0,7 -0,4	+0,8 -0,4	+0,9 -0,4
1,60 - 2,50							+0,8 -0,4	+0,9 -0,4	+1,0 -0,4
2,50 - 4,00							+0,9 -0,4	+1,0 -0,4	+1,0 -0,5
4,00 - 6,30							+1,0 -0,4	+1,0 -0,5	+1,0 -0,6
6,30 - 10,0							+1,0 -0,5	+1,0 -0,6	+1,2 -0,6
10,0 - 16,0							+1,0 -0,6	+1,2 -0,6	+1,3 -0,7
16,0 - 25,0							+1,2 -0,6	+1,3 -0,7	+1,4 -0,8
25,0 - 40,0							+1,3 -0,7	+1,5 -0,7	+1,7 -0,8
40,0 - 63,0							+1,5 -0,7	+1,7 -0,8	+1,8 -1,0
63,0 - 100,0							+1,7 -0,8	+1,8 -1,0	+1,8 -1,2
100,0 - 160,0							+1,8 -1,0	1,8 -1,2	+2,0 -1,2
160,0 - 250,0							+2,5 -1,4	+2,8 -1,4	+3,2 +1,6
250,0 - 400,0							+2,8 -1,4	+3,2 -1,6	+3,6 -1,8
							+3,2 -1,6	+3,6 -1,8	+3,8 -2,0
							+3,6 -1,8	+3,8 -2,0	+4,0 -2,2
							+4,0 -2,0	+4,2 -2,2	+4,4 -2,2

Таблица 3.4

ПОКОВКИ, мм					
180-260	260-360	360-500	500-630	630-800	800-1000
+0,7 -0,4	+0,7 -0,5	+0,7 -0,5			
+0,7 -0,4	+0,7 -0,5	+0,7 -0,6			
+0,8 -0,4	+0,8 -0,5	+0,9 -0,5	+0,9 -0,6		
+0,9 -0,4	+0,9 -0,5	+0,9 -0,6	+0,9 -0,7		
+0,9 -0,5	+1,0 -0,5	+1,0 -0,6	+1,1 -0,7	+1,2 -0,8	
+1,0 -0,5	+1,0 -0,6	+1,7 -0,7	+1,2 -0,8	+1,3 -0,9	+1,5 -1,0
+1,0 -0,6	+1,2 -0,8	+1,3 -0,9	+1,5 -1,0	+1,6 -1,2	+1,7 -1,2
+1,1 -0,7	+1,2 -0,8	+1,3 -0,9	+1,6 -0,6	+1,8 -1,0	+2,0 -1,0
+1,3 -0,7	+1,4 -0,8	+1,5 -1,0	+1,7 -1,1	+1,8 -1,2	+2,0 -1,2
+1,4 -0,8	+1,5 -1,0	+1,8 -1,2	+2,0 -1,2	+2,0 -1,5	+2,5 -1,5
+1,5 -1,0	+1,8 -1,0	+1,8 -1,2	+2,0 -1,2	+2,0 -1,5	+2,5 -1,5
+1,8 -1,0	+1,8 -1,2	+2,0 -1,2	+2,0 -1,5	+2,5 -1,5	+2,5 -2,0
+1,8 -1,2	+2,0 -1,2	+2,0 -1,5	+2,5 -1,5	+2,5 -2,0	+3,0 -2,0
+2,0 -1,2	+2,0 -1,5	+2,5 -1,5	+2,5 -2,0	+3,0 -2,0	+3,0 -2,0
+2,0 -1,5	+2,5 -2,0	+2,5 -2,0	+3,0 -2,0	+3,5 -2,0	+3,5 -2,5
+3,6 -1,8	+3,6 -2,0	+3,6 -2,5	+4,0 -2,5	+4,0 -2,8	+4,0 -3,0
+3,8 -2,0	+4,0 -2,2	+4,2 -2,5	+4,2 -2,8	+4,5 -3,0	+4,8 -3,0
+4,0 -2,2	+4,2 -2,5	+4,2 -2,8	+4,5 -3,0	+4,8 -3,0	+5,0 -3,2
+4,2 -2,5	+4,2 -2,8	+4,5 -3,0	+4,8 -3,0	+5,0 -3,2	+5,0 -3,5
+4,6 -2,5	+5,0 -3,0	+5,4 -3,0	+5,8 -3,2	+6,0 -3,5	+6,5 -4,0

Допуски (мм) на штампованные поковки нормальной точности
(по ГОСТ 7505-74*)

Масса поковки кг	Группа стали		Степень сложности				Размер		
	M1	M2	C1	C2	C3	C4	До 50	50-120	120-180
До 0,25							+0,6 -0,4	+0,7 -0,4	+0,8 -0,4
0,25 - 0,40							+0,7 -0,4	+0,8 -0,4	+0,9 -0,5
0,40 - 0,63							+0,8 -0,4	+0,9 -0,5	+1,1 -0,5
0,63 - 1,00							+0,9 -0,5	+1,1 -0,6	+1,2 -0,6
1,00 - 1,60							+1,1 -0,5	+1,2 -0,6	+1,3 -0,7
1,60 - 2,50							+1,2 -0,6	+1,3 -0,7	1,5 -0,7
2,50 - 4,00							+1,3 -0,7	+1,5 -0,7	+1,6 -0,8
4,00 - 6,30							+1,5 -0,7	+1,6 -0,8	+1,7 -0,9
6,30 - 10,0							+1,6 -0,8	+1,7 -0,9	+1,9 -1,0
10,0 - 16,0							+1,7 -0,9	+1,9 -1,0	+2,1 -1,1
16,0 - 25,0							+1,9 -1,0	+2,1 -1,1	+2,4 -1,2
25,0 - 40,0							+2,1 -1,1	+2,4 -1,2	+2,5 -1,5
40,0 - 63,0							+2,4 -1,2	+2,5 -1,5	+3,0 -1,5
63,0 - 100,0							+2,5 -1,5	+3,0 -1,5	+3,5 -1,5
100,0 - 160,0							+3,0 -1,5	+3,5 -1,5	+3,5 -2,0
160,0 - 250,0							+3,5 -1,5	+3,5 -2,0	+4,0 -2,0
250,0 - 400,0							+3,5 -2,0	+4,0 -2,0	+5,0 -2,5
							+4,0 -2,0	+5,0 -2,5	+5,5 -3,0

ПОКОВКИ, мм

180—260	260—360	360—500	500—630	630—800	800—1000
+0,9 -0,5	+1,0 -0,6	+1,2 -0,6			
+1,0 -0,6	+1,2 -0,6	+1,3 -0,7			
+1,2 -0,6	+1,3 -0,7	+1,4 -0,8	+1,4 -1,0		
+1,3 -0,7	+1,4 -0,8	+1,5 -0,9	+1,6 -1,0		
+1,4 -0,8	+1,6 -0,8	+1,6 -1,0	+1,8 -1,1	+2,0 -1,2	
+1,6 -0,8	+1,7 -0,9	+1,8 -1,1	+2,0 -1,2	+2,2 -1,4	+2,5 -1,5
+1,7 -0,9	+1,9 -1,0	+2,0 -1,2	+2,2 -1,4	+2,5 -1,5	+3,0 -1,5
+1,9 -1,0	+2,0 -1,2	+2,2 -1,4	+2,5 -1,5	+3,0 -1,5	+3,0 -2,0
+2,1 -1,1	+2,2 -1,4	+2,5 -1,5	+3,0 -1,5	+3,0 -2,0	+3,5 -2,0
+2,4 -1,2	+2,4 -1,5	+2,5 -1,5	+3,0 -1,5	+3,0 -2,0	+3,5 -2,0
+2,5 -1,5	+3,0 -1,5	+3,0 -2,0	+3,5 -2,0	+4,0 -2,0	+0,4 -2,5
+3,0 -1,5	+3,0 -2,0	+3,5 -2,0	+4,0 -2,0	+4,0 -2,5	+4,5 -2,5
+3,5 -1,6	+3,5 -2,0	+4,0 -2,0	+4,0 -2,5	+4,5 -2,5	+4,5 -3,0
+3,5 -2,0	+4,0 -2,0	+4,0 -2,5	+4,5 -2,5	+4,5 -3,0	+5,0 -3,0
+4,0 -2,0	+4,5 -2,5	+4,5 -3,0	+5,0 -3,0	+5,0 -3,5	5,5 -3,5
+5,0 -2,5	+5,0 -3,0	+5,0 -3,5	+5,5 -3,5	+5,5 -4,0	+6,0 -4,0
+5,5 -2,5	+5,5 -3,0	+5,5 -3,5	+6,0 -3,5	+6,5 -3,5	+6,5 -4,0
+6,0 -3,5	+6,0 -4,0	+6,5 -4,0	+6,5 -4,5	+7,0 -4,5	+7,0 -5,0
+6,5 -3,0	+6,5 -3,5	+6,5 -4,0	+7,0 -4,5	+7,0 -5,0	+7,0 -5,5
+7,0 -3,5	+7,0 -4,0	+7,0 -4,5	+7,5 -4,5	+7,5 -5,0	+7,5 -5,5

Допуск на размеры заготовок, изготавливаемых горячей объемной штамповкой на различных видах кузнечно-прессового оборудования, определяют по ГОСТ 7505—74*." Допуски, припуски и кузнечные напуски" (табл. 3.4 и 3.5).

К кузнечным напускам относятся штамповочные уклоны, внутренние радиусы скруглений, перемычки отверстий заготовки и другие дополняющие припуски. Величину штамповочных уклонов определяют по ГОСТ 7505—74* (табл. 3.6).

Допускаемые отклонения от соосности прошиваемых в поковках отверстий к наружным поверхностям определяют по табличным нормативам и не зависят от других допусков, а являются дополнением к ним (табл. 3.7).

Допускаемые отклонения от плоскостности, вогнутости, прямолинейности (для плоских поверхностей), радиальному биению (для цилиндрических поверхностей) определяют по табличным нормативам (табл. 3.8).

Допускаемые отклонения на межцентровые расстояния в поковках определяют по табл. 3.9.

Предельные отклонения на угловые элементы поковок определяют по табл. 3.10.

Отклонения на радиусы скруглений поковок определяют по табл. 3.11.

Выполнение сквозных отверстий и углублений в горячих объемных штамповках, изготавливаемых на прессах и молотах, обязательно, если оси отверстий или углублений совпадают с направлением движения ползуна прессы или бабы молота. Диаметр углублений или отверстий должен быть больше или равен высоте поковки, но не менее 30 мм.

При изготовлении сквозных отверстий и углублений на горизонтально-ковочных машинах является обязательным, чтобы

Таблица 3.6

Штамповочные уклоны для заготовок

Штамповочное оборудование	Штамповочные уклоны, °	
	внешние	внутренние
Молоты	7	10
Прессы с выталкивателем	5	7
Горизонтально-ковочные машины	5	7

Таблица 3.7

Допускаемые отклонения от соосности поверхностей, мм

Размер поковки	Поле допуска для класса точности	
	I	II
До 60	0,5	0,8
60—100	0,6	1,0
100—160	0,8	1,5
160—250	1,2	2,0
250—360	1,6	2,5
360—500	2,0	3,0
500—630	2,5	3,5
630—800	3,0	4,0

Таблица 3.8

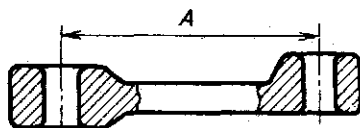
Допускаемые отклонения от плоскостности, вогнутости, прямолинейности и радиальному биению, мм

Размер поковки	Допускаемые отклонения для классов точности	
	I	II
До 60	0,25	0,40
60—100	0,40	0,60
100—160	0,50	0,80
160—250	0,60	1,00
250—360	0,80	1,20
360—500	1,00	1,50
500—630	1,50	2,00
630—800	1,80	2,50
800—1000	2,00	3,00

оси данных элементов совпадали с направлением движения высадочного ползуна, а диаметры или размеры прошиваемых отверстий и углублений были бы не менее 30 мм, глубина не должна превышать трех диаметров данного отверстия. Обычно глубина отверстий в штамповочных поковках составляет не более 0,8 их диаметра.

По принятым размерам, допускам, штамповочным уклонам, радиусам скруглений и другим параметрам разрабатывается эскиз заготовки, который является исходным для технико-экономических расчетов.

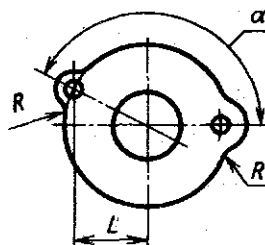
Таблица 3.9

Допускаемые отклонения (\pm) на межцентровые расстояния, мм

Расстояние между центрами поковки A	Допуск для классов точности	
	I	II
До 60	0,20	0,30
60—100	0,25	0,50
100—160	0,40	0,80
160—250	0,50	1,00
250—400	0,75	1,50
400—600	1,20	2,00
600—800	1,50	2,50
800—1000	2,00	3,00
1000—1250	2,50	3,50

Таблица 3.10

Отклонения на угловые размеры поковок



Длина угловых элементов L, мм	Допуск для классов точности	
	I	II
До 25	$\pm 1^{\circ} 30'$	$\pm 3^{\circ} 00'$
25—60	$\pm 0^{\circ} 45'$	$\pm 1^{\circ} 30'$
60—100	$\pm 0^{\circ} 30'$	$\pm 0^{\circ} 45'$
100—160	$\pm 0^{\circ} 15'$	$\pm 0^{\circ} 30'$
Св. 160	$\pm 0^{\circ} 10'$	$\pm 0^{\circ} 15'$

Таблица 3.11

Отклонения на радиусы скруглений, мм (см. эскиз к табл. 3.10)

Радиусы скруглений поковки R	Допуск для классов точности	
	I	II
До 3	1	2
3—6	2	3
6—10	3	5
10—16	5	8
16—25	8	12
25—40	15	20
40—60	20	30

Порядок расчета технико-экономических показателей следующий.

Определяем массу заготовки

$$G_3 = \gamma V_3, \quad (3.8)$$

где γ — плотность материала, кг/см³; V_3 — объем заготовки, см³.

Объем заготовки определяется по плюсовым допускам.

Обычно сложную фигуру заготовки условно разбивают на элементарные части (цилиндры, конусы, пирамиды и т.д.) и определяют объемы этих элементарных частей. Сумма элементарных объемов составит общий объем заготовки. Принимая во внимание все потери материала (угар, облой, некрatность, на отрезку и т.д.), в зависимости от метода получения заготовки определяют норму расхода материала на проектируемую деталь.

Потери материала на деталь, изготавливаемую из проката, состоят из некрatности длины проката, торцовой обрезки, прорезки и удаляемых опорных концов.

Длина торцовой обрезки зависит от размеров сечения проката и при резке ножницами обычно составляет $l_{o.t} = (0,3 \div \pm 0,5)a$, где a — сторона квадрата (диаметр круга).

Прорезка определяется в зависимости от толщины дисковой пилы или ширины резца. Ширина прореза сегментной дисковой пилы диаметром 660 мм — 6 мм, а диаметром 710 мм — 6,5 мм.

Ширина режущей части резца при разрезке проката на станках токарного типа зависит от диаметра заготовки:

Диаметр заготовки, мм ...	40—60	60—80	80—100	100—150
Ширина режущей части резца, мм	3—5	4—5;	5—6;	6—7

Некрatность длины проката определяется исходя из выбранной длины проката и заготовки с учетом потерь от выбранного метода заготовительного раскроя.

При расчете некрatности длины проката необходимо стремиться к нулю или минимальным величинам. Средневероятная расчетная длина некрatности при раскрое немерного проката составляет примерно половину длины заготовки.

Некрatность в зависимости от принятой длины проката

$$L_{нк} = L_{пр} - x(L_3 + l_p), \quad (3.9)$$

где $L_{пр}$ — длина выбранного проката, мм; x — число заготовок, изготавливаемых из принятой длины проката, шт; L_3 — длина заготовки, мм; l_p — ширина реза, мм.

Число заготовок, изготавливаемых из принятой длины проката,

$$x = \frac{L_{пр} - l_{o.t} - l_{зж}}{L_3 + l_p}, \quad (3.10)$$

где $l_{o.t}$ — длина торцовой обрезки проката, мм; $l_{зж}$ — минимальная длина опорного (зажимного) конца, мм.

Минимальная длина опорного конца зависит от конструкции технологического оборудования и зажимных элементов приспособления для данного станка. Она должна быть достаточной для создания надежного контакта при уравнивании опрокидывающего момента (обычно не менее 10–20 мм); ее выбирают в каждом отдельном конкретном случае.

Общие потери материала (%) при изготовлении деталей из проката

$$P_{п.о} = P_{нк} + P_{о.т} + P_{зж} + P_{отр}, \quad (3.11)$$

где $P_{нк}$ — потери материала на некратность, %;

$$P_{нк} = (L_{нк} \cdot 100) / L_{пр}; \quad (3.12)$$

$P_{о.т}$ — потери на торцовую обрезку проката, %

$$P_{о.т} = (l_{о.т} \cdot 100) / L_{пр}; \quad (3.13)$$

$P_{зж}$ — потери при выбранной длине зажима, %

$$P_{зж} = (l_{зж} \cdot 100) / L_{пр}; \quad (3.14)$$

$P_{отр}$ — потери на отрезку заготовки, %

$$P_{отр} = (l_p \cdot 100) / L_{пр}. \quad (3.15)$$

Отходы при механической обработке металлов по разным видам заготовок от чистой массы деталей в среднем составляют для отливок чугунных, стальных, бронзовых 15–20 %; свободнойковки 15–40 %, объемной горячей штамповки 10 %; проката (стали) 15 %.

Основным показателем, характеризующим экономичность выбранного метода изготовления заготовок, является коэффициент использования материала, выражающий отношение массы детали к массе заготовки.

Коэффициент использования материала с учетом технологических потерь

$$K_{и.м} = G_d / G_{з.п}, \quad (3.16)$$

где G_d — масса детали по рабочему чертежу, кг; $G_{з.п}$ — расход материала на одну деталь с учетом технологических потерь, кг.

Для рационального расходования материала необходимо повышать коэффициент его использования, он должен быть не ниже 0,75.

Расход материала на заготовку с учетом технологических потерь

$$G_{з.п} = G_z (100 + P_{п.о}) / 100. \quad (3.17)$$

Годовая экономия материала от выбранного метода получения заготовки с учетом технологических потерь

$$Э_{м.п} = (G'_{з.п} - G''_{з.п}) N, \quad (3.18)$$

где $G'_{з.п}$ — расход материала на одну деталь при первом методе получения заготовки, кг; $G''_{з.п}$ — расход материала на одну деталь при втором методе получения заготовки, кг.

Технико-экономический расчет себестоимости определяется в зависимости от выбранных методов изготовления заготовки.

Стоимость заготовки из проката, штамповки и литья определяют по расходу материала, массе стружки на деталь, стоимости материала и его технологическим отходам.

Стоимость заготовки

$$C_{з.п} = C_m G_{з.п} - (G_{з.п} - G_d) \frac{C_{отх}}{1000}, \quad (3.19)$$

где C_m — цена 1 кг материала заготовки, руб; $C_{отх}$ — цена 1 т отходов материала, руб.

Экономический эффект по использованию материала на годовую производственную программу выпуска деталей без учета технологических потерь

$$\mathcal{E}_m = (G'_з - G''_з) N, \quad (3.20)$$

где $G'_з$ — расход материала на деталь при первом методе получения заготовки, кг; $G''_з$ — расход материала на деталь при втором методе получения заготовки, кг; N — годовой объем выпуска деталей, шт.

Экономический эффект выбранного вида изготовления заготовки в денежном выражении на годовую производственную программу выпуска изделия составит

$$\mathcal{E} = (C'_{з.п} - C''_{з.п}) N, \quad (3.21)$$

где $C'_{з.п}$ — стоимость заготовки, полученная при первом методе, руб; $C''_{з.п}$ — стоимость заготовки, полученная при втором методе, руб.

Пример. Произвести технико-экономический расчет двух вариантов изготовления заготовки: методом горячей объемной штамповки и из проката. Годовой объем выпуска деталей — 180 000 шт. Рабочий чертеж детали — вал (см. рис. 3.1). Материал детали — сталь 45 ГОСТ 1050 — 74*. Масса детали — 10,8 кг.

Устанавливаем тип производства по годовому объему выпуска изделий и массе детали по рабочему чертежу согласно табличным данным (см. табл. 3.1). Тип производства — массовый.

В а р и а н т I. Заготовка из проката. Согласно точности и шероховатости поверхностей обрабатываемой детали определяем промежуточные припуски по таблицам. За основу расчета промежуточных припусков принимаем наружный диаметр детали $80f7(\frac{+0,03}{-0,04})$ мм (рис. 3.1).

Устанавливаем предварительный маршрутный технологический процесс обработки поверхности детали диаметром $80f7(\frac{+0,03}{-0,04})$ мм.

Обработка поверхности диаметром 80 мм производят в жестких центрах, на многорезцовом токарном полуавтомате; окончательную обработку поверхности детали выполняют на круглошлифовальном станке.

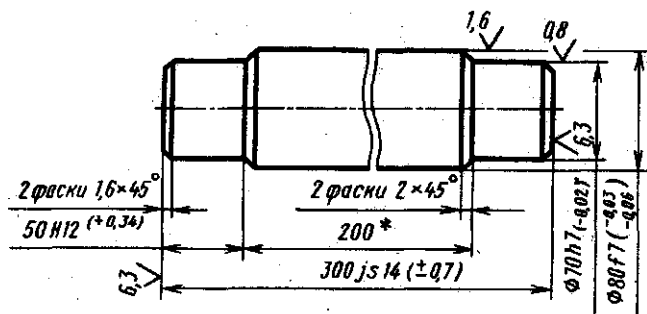
Технологический маршрут обработки данной поверхности:

Операция 005. Токарная.

" 010. Токарная.

" 015. Термическая обработка HRC₃ 41 ... 45.

" 020. Шлифовальная однократная.



1. HRC₃ 41...45.

2. Неуказанная шероховатость поверхностей Ra = 12,5 мкм.

3. * Размер для оправки

Рис. 3.1. Чертеж детали

Припуски на подрезание торцовых поверхностей определяют по табл. 3.12, а припуски на обработку наружных поверхностей (точение и шлифование) — по табл. 3.13.

При черновом точении припуск на обработку составляет 4,5 мм, а при чистовом 2 мм и на шлифовальную однократную обработке 0,5 мм.

Определяем промежуточные размеры обрабатываемых поверхностей согласно маршрутному технологическому процессу:

на токарную операцию 010

$$D_{p.010} = D_n + 2z_{ш} = 80 + 0,5 = 80,5 \text{ мм};$$

на токарную операцию 005

$$D_{p.005} = D_{p.010} + 2z_{010} = 80,5 + 2,0 = 82,5 \text{ мм};$$

расчетный размер заготовки

$$D_{p.z} = D_{p.005} + 2z_{005} = 82,5 + 4,5 = 87 \text{ мм}.$$

По расчетным данным заготовки выбираем необходимый размер горячекатаного проката обычной точности по ГОСТ 2590-71* (табл. 3.14). Например, диаметр проката 90 мм записывается следующим образом:

$$\text{Круг } \frac{90 - \text{В} - \text{ГОСТ 2590} - 71}{45 - \text{Б} - \text{ГОСТ 1050} - 74}$$

Нормальная длина проката стали обыкновенного качества при диаметре 53-110 мм 4-7 м. Отклонения для диаметра 90 мм равны $\begin{matrix} +0,5 \\ -1,3 \end{matrix}$ мм (см. табл. 3.14).

Припуски на подрезку торцовых поверхностей заготовки выбираются по табл. 3.12. Припуск на обработку двух торцовых поверхностей заготовки равен 2,4 мм.

Таблица 3.12

Припуски на чистовое подрезание торцов и уступов
Размеры, мм

Диаметр заготовки	Общая длина заготовки					
	До 18	18-50	50-120	120-260	260-500	Св. 500
До 30	0,4	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2
30-50	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2
50-120	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,3
120-300	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,5

Таблица 3.13

Промежуточные припуски на обработку наружных цилиндрических поверхностей
Размеры, мм

Номинальный диаметр	Операция	Припуск на диаметр при расчетной длине									
		До 25	25—63	63—100	100—160	160—250	250—400	400—630	630—1000	1000—1600	
До 6	Тошение черновое	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0	3,5	—	—	—	—
	Тошение чистовое	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	—	—	—	—
	Шлифование	<u>0,25</u> <u>0,30</u>	<u>0,25</u> <u>0,30</u>	<u>0,25</u> <u>0,30</u>	<u>0,25</u> <u>0,30</u>	<u>0,3</u> <u>0,4</u>	<u>0,4</u> <u>0,4</u>	<u>0,4</u> <u>0,5</u>	<u>0,4</u> <u>—</u>	—	—
6 — 10	Тошение черновое	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5	3,5	—	—	—
	Тошение чистовое	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	—	—
	Шлифование	<u>0,25</u> <u>0,30</u>	<u>0,25</u> <u>0,30</u>	<u>0,25</u> <u>0,30</u>	<u>0,25</u> <u>0,40</u>	<u>0,3</u> <u>0,4</u>	<u>0,4</u> <u>0,4</u>	—	—	—	—
10 — 18	Тошение черновое	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5	4,0	—	—	—
	Тошение чистовое	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	—	—
	Шлифование	<u>0,3</u> <u>0,3</u>	<u>0,3</u> <u>0,3</u>	<u>0,3</u> <u>0,3</u>	<u>0,3</u> <u>0,4</u>	<u>0,3</u> <u>0,4</u>	<u>0,4</u> <u>0,5</u>	<u>0,4</u> <u>0,5</u>	<u>0,4</u> <u>0,4</u>	0,5	0,5
18 — 30	Тошение черновое	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	4,0	5,0	5,0	5,0
	Тошение чистовое	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	2,5
	Шлифование	<u>0,3</u> <u>0,4</u>	<u>0,3</u> <u>0,4</u>	<u>0,3</u> <u>0,4</u>	<u>0,3</u> <u>0,4</u>	<u>0,4</u> <u>0,4</u>	<u>0,4</u> <u>0,5</u>	<u>0,5</u> <u>0,5</u>	<u>0,5</u> <u>0,6</u>	<u>0,6</u> <u>0,7</u>	<u>0,6</u> <u>0,7</u>
30 — 50	Тошение черновое	4,0	4,0	4,0	4,5	4,5	4,5	5,0	5,5	6,0	6,0
	Тошение чистовое	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5
	Шлифование	<u>0,4</u> <u>0,4</u>	<u>0,4</u> <u>0,4</u>	<u>0,4</u> <u>0,4</u>	<u>0,4</u> <u>0,5</u>	<u>0,4</u> <u>0,5</u>	<u>0,4</u> <u>0,5</u>	<u>0,5</u> <u>0,5</u>	<u>0,5</u> <u>0,7</u>	<u>0,7</u> <u>0,8</u>	<u>0,7</u> <u>0,8</u>

Номинальный диаметр	Операция	Припуск на диаметр при расчетной длине										
		До 25	25—63	63—100	100—160	160—250	250—400	400—630	630—1000	1000—1600		
50 — 80	Точение черновое	4,0	4,0	4,0	4,5	4,5	4,5	5,0	5,5	6,0		
	Точение чистовое	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	2,5		
	Шлифование	<u>0,4</u> 0,4	<u>0,4</u> 0,4	<u>0,4</u> 0,4	<u>0,4</u> 0,5	<u>0,4</u> 0,5	<u>0,5</u> 0,5	<u>0,5</u> 0,6	<u>0,6</u> 0,7	<u>0,7</u> 0,9		
80 — 120	Точение черновое	5,5	5,5	5,5	6,0	6,0	7,0	7,5	8,5	8,5		
	Точение чистовое	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	3,0		
	Шлифование	<u>0,5</u> 0,5	<u>0,5</u> 0,5	<u>0,5</u> 0,5	<u>0,5</u> 0,6	<u>0,5</u> 0,6	<u>0,5</u> 0,7	<u>0,6</u> 0,7	<u>0,6</u> 0,8	<u>0,8</u> 0,9		
120 — 200	Точение черновое	6,0	6,0	6,0	7,0	7,0	7,5	8,0	9,0	9,0		
	Точение чистовое	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0	3,5		
	Шлифование	<u>0,5</u> 0,5	<u>0,5</u> 0,5	<u>0,5</u> 0,5	<u>0,6</u> 0,7	<u>0,6</u> 0,7	<u>0,6</u> 0,8	<u>0,6</u> 0,8	<u>0,7</u> 0,9	<u>0,8</u> 1,0		

Примечания: 1. В числителе даны припуски для незакаленных деталей, в знаменателе — для закаленных.

2. При обработке с уступами припуск назначается по отношению к общей длине детали.

3. При закаливании деталей, изготовленных из сталей, подверженных значительным термическим деформациям (например, из стали 45), припуски под шлифование следует увеличивать.

Горячекатаный прокат по ГОСТ 2590—71*, мм

Диаметр	Допускаемые отклонения		Допуск
	+	-	
Сталь горячекатаная повышенной точности (Б)			
3; 5,5; 6; 6,5; 7; 8; 9	0,1	0,3	0,40
10; 11; 12; 14; 15; 16; 17; 18; 19	0,2	0,3	0,50
20; 21; 22; 23; 24; 25	0,2	0,4	0,60
26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34; 35; 36; 37;			
38; 39; 40; 41; 42; 43; 44; 45; 46; 47; 48	0,2	0,6	0,80
50; 52; 53; 54; 55; 56; 58	0,2	0,9	1,10
60; 62; 63; 65; 67; 68; 70; 75; 78	0,3	1,0	1,30
80; 82; 85; 90; 95	0,4	1,2	1,60
100; 105; 110; 115	0,5	1,5	2,00
120; 125	0,6	1,8	2,40
130; 135; 140; 150	0,6	2,0	2,60
Сталь горячекатаная круглая обычной точности (В)			
5; 5,5; 6; 6,5; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15;			
16; 17; 18; 19	0,3	0,5	0,80
20; 21; 22; 23; 24; 25	0,4	0,5	0,90
26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34; 35;			
36; 37; 38; 39; 40; 42; 44; 48	0,4	0,75	1,15
50; 52; 54; 55; 56; 58	0,4	1,0	1,40
60; 62; 65; 68; 70; 72; 75; 78	0,5	1,1	1,60
80; 85; 90; 95	0,5	1,3	1,80
100; 110; 115	0,6	1,7	2,30
120; 125; 130; 140; 150	0,8	2,0	2,80

Общая длина заготовки

$$L_3 = L_d + 2z_{\text{подр}} = 300 + 2,4 = 302,4 \text{ мм},$$

где L_d — номинальная длина детали по рабочему чертежу, мм.

Предельные отклонения на длину заготовки устанавливаем по справочным таблицам.

Исходя из предельных отклонений, общую длину заготовки округляем до целых единиц. Принимаем длину заготовки 303 мм.

Объем заготовки определяем по плюсовым допускам

$$V_3 = \frac{\pi D_{3.п}^2}{4} L_3 = \frac{3,14 \cdot 9,05^2}{4} 30,5 = 1960,95 \text{ см}^3,$$

где L_3 — длина стержня (заготовки) с плюсовым допуском, см; $D_{3.п}$ — диаметр заготовки по плюсовым допускам, см.

Массу заготовки определяем по формуле (3.8):

$$G_3 = \gamma V_3 = 0,00785 \cdot 1960,95 = 15,4 \text{ кг}.$$

Выбираем оптимальную длину проката для изготовления заготовки.

Потери на зажим заготовки $l_{\text{зж}}$ принимаем 80 мм.

Заготовку отрезают на ножницах. Это самый производительный и дешевый способ.

Длину торцевого обрезка проката определяем из соотношения $l_{\text{об}} = (0,3 \pm 0,5) d$, где d — диаметр сечения заготовки, мм; $d = 90$ мм:

$$l_{\text{об}} = 0,3 \cdot 90 = 27 \text{ мм}.$$

Число заготовок, исходя из принятой длины проката по стандартам, определяется по формуле (3.10).

Из проката длиной 4 м

$$x_4 = \frac{L_{\text{пр}} - l_{\text{зж}} - l_{\text{о.т}}}{L_3 + l_p} = \frac{4000 - 80 - 27}{305} = 12,76 \text{ шт.}$$

Получаем 12 заготовок из данной длины проката.

Из проката длиной 7 м

$$x_7 = \frac{L_{\text{пр}} - l_{\text{зж}} - l_{\text{о.т}}}{L_3 + l_p} = \frac{7000 - 80 - 27}{305} = 22,6 \text{ шт.}$$

Принимаем 22 заготовки из данной длины проката.

Остаток длины (некратность) определяется в зависимости от принятой длины проката:

из проката длиной 4 м

$$L_{\text{нк}_4} = L_{\text{пр}} - l_{\text{о.т}} - l_{\text{зж}} - (L_3 x_4) = 4000 - 27 - 80 - (305 \cdot 12) = 233 \text{ мм}$$

или

$$P_{\text{нк}_4} = (L_{\text{нк}} 100) / L_{\text{пр}} = (233 \cdot 100) / 4000 = 5,83 \%;$$

из проката длиной 7 м

$$L_{\text{нк}_7} = 7000 - 27 - 80 - (305 \cdot 22) = 183 \text{ мм}$$

или

$$P_{\text{нк}_7} = (183 \cdot 100) / 7000 = 2,61 \%.$$

Из расчетов на некратность следует, что прокат длиной 7 м для изготовления заготовок более экономичен, чем прокат длиной 4 м. Потери материала на зажим при отрезке по отношению к длине проката составят

$$P_{\text{зж}} = (l_{\text{зж}} \cdot 100) / L_{\text{пр}} = (80 \cdot 100) / 7000 = 1,1 \%.$$

Потери материала на длину торцевого обрезка проката в процентном отношении к длине проката составят

$$P_{\text{о.т}} = (l_{\text{о.т}} 100) / L_{\text{пр}} = (27 \cdot 100) / 7000 = 0,38 \%.$$

Общие потери (%) к длине выбранного проката

$$P_{\text{п.о}} = P_{\text{нк}} + P_{\text{о.т}} + P_{\text{зж}} = 2,61 + 0,38 + 1,1 = 4,09 \%.$$

Расход материала на одну деталь с учетом всех технологических неизбежных потерь определяем по формуле (3.17):

$$G_{3.п} = G_3 (100 + P_{\text{п.о}}) / 100 = 15,4 (100 + 4,03) / 100 = 16,03 \text{ кг.}$$

Коэффициент использования материала

$$K_{\text{и.м}} = G_{\text{д}} / G_{3.п} = 10,8 / 16,03 = 0,67.$$

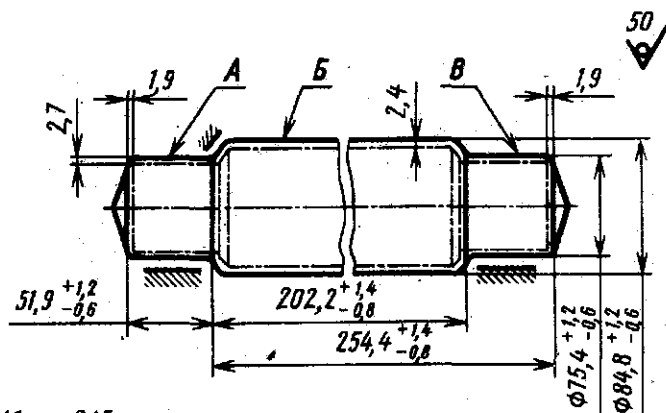
Стоимость заготовки из проката

$$C_{3.п} = C_{\text{м}} G_{3.п} - (G_{3.п} - G_{\text{д}}) (C_{\text{отх}} / 1000) = 0,133 \cdot 16,03 - (16,03 - 10,8) (33,90 / 1000) = 1,95 \text{ руб.}$$

В а р и а н т 2. Заготовка изготовлена методом горячей объемной штамповки на горизонтально-ковочной машине (ГКМ).

Степень сложности С1. Точность изготовления поковки — класс I. Группа стали — М1.

Припуски на номинальные размеры детали назначают по таблице (см. приложение 12). Припуски на обработку заготовок, изготавливаемых горячей объемной штамповкой, зависят от массы, класса точности, группы



1. НВ 241 . . . 245
 2. Степень сложности заготовки С1
 3. Группа стали М1
 4. Точность изготовления I класс
 5. Радиусы закруглений внешних углов $R=4$ мм
 6. Штамповочные уклоны 5
 7. Допуск соосности поверхностей А, Б и В относительно базовой оси заготовки 1,6 мм
- Рис. 3.2. Рабочий чертеж заготовки

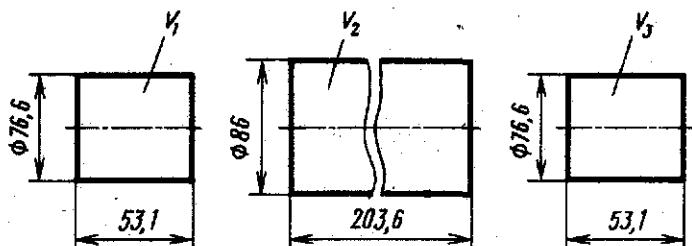


Рис. 3.3. Элементы заготовки для определения объема

стали, степени сложности и шероховатости заготовки. На основании принятых припусков на размеры детали определяем расчетные размеры заготовки:

$$L_{p80} = D_H + 2z = 80 + 4,8 = 84,8 \text{ мм};$$

$$D_{p70} = D_H + 2z = 70 + 5,4 = 75,4 \text{ мм};$$

$$L_{p250} = L_d + 2z = 250 + 4,4 = 254,4 \text{ мм};$$

$$L_{p200} = L_d + z = 200 + 2,2 = 202,2 \text{ мм};$$

$$L_{p50} = L_d + z = 50 + 1,9 = 51,9 \text{ мм}.$$

Предельные отклонения на размеры заготовки определяем по табличным нормативам (ГОСТ 7505—74*).

Допуски на размеры штампованной заготовки (см. табл. 3.5):

$$\phi 84,8^{+1,2}_{-0,8}; \phi 75,4^{+1,2}_{-0,8}; 254,4^{+1,4}_{-0,8}; 202,2^{+1,4}_{-0,8}; 51,9^{+1,2}_{-0,6} \text{ мм}.$$

Разрабатываем эскиз на штампованную заготовку по второму варианту с техническими требованиями на изготовление (рис. 3.2).

Для определения объема штампованной заготовки рекомендуется ус-

ловно разбивать фигуру заготовки на отдельные простые элементы и проставить на них размеры с учетом плюсовых допусков (рис. 3.3). Определим объем отдельных элементов заготовки: V_1 , V_2 и V_3 . Фигура заготовки состоит из двух одинаковых объемов: V_1 и V_3 .

$$2V_1 = 2 \left(\frac{\pi D^2}{4} l \right) = 2 \left(\frac{3,14 \cdot 7,66^2}{4} 5,31 \right) = 489,16 \text{ см}^3;$$

$$V_2 = \frac{\pi D^2}{4} l = \frac{3,14 \cdot 8,6^2}{4} 20,36 = 1182,073 \text{ см}^3.$$

Общий объем заготовки

$$V_0 = 2V_1 + V_2 = 489,16 + 1182,073 = 1671,23 \text{ см}^3.$$

Масса штампованной заготовки

$$G_{з.ш} = \gamma V_0 = 0,00785 \cdot 1671,23 = 13,12 \text{ кг.}$$

Принимая неизбежные технологические потери (угар, облой и т.д.) при горячей объемной штамповке равными 10 %, определим расход материала на одну деталь:

$$G_{з.п} = G_{з.ш} (100 + P_{ш}) / 100 = 13,12 (100 + 10) / 100 = 14,43 \text{ кг.}$$

Коэффициент использования материала на штампованную заготовку

$$K_{и.м} = G_{д} / G_{з.п} = 10,8 / 14,43 = 0,75.$$

Стоимость штампованной заготовки

$$C_{з.ш} = (C_m G_{з.п}) - (G_{з.п} - G_{д}) (C_{отх} / 1000) = (0,232 \cdot 14,43) - (14,43 - 10,8) (33,90 / 1000) = 3,23 \text{ р.}$$

Годовая экономия материала от выбранного варианта изготовления заготовки

$$\Delta_m = (G'_{з.п} - G''_{з.п}) N = (16,03 - 14,43) 180\,000 = 288\,000 \text{ кг.}$$

Экономический эффект (выбранного вида) изготовления заготовки

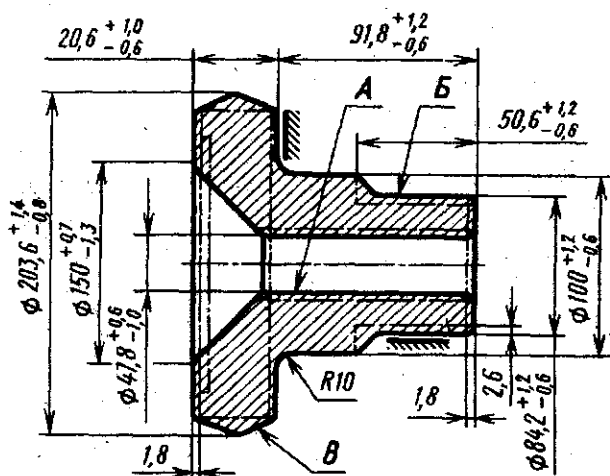
$$\Delta = (C'_{з.ш} - C''_{з.ш}) N = (3,23 - 1,95) 180\,000 = 230\,400 \text{ р.}$$

Технико-экономические расчеты показывают, что заготовка, полученная методом горячей объемной штамповки на горизонтально-ковочной машине, более экономична по использованию материала, чем заготовка из проката, однако по себестоимости штампованная заготовка дороже, поэтому принимаем заготовку из горячекатаного круглого проката обычной точности.

При изготовлении заготовок, подвергающихся нагреву, допускается увеличение припуска на сторону обрабатываемой поверхности:

Масса поковки, кг	До 2,5	2,5—6	Св. 6
Увеличение припуска, мм ...	0,5	0,8	1

В зависимости от технических требований к точности размеров, условий и характеру производства (массовое или серийное) заготовки, полученные методом горячей объемной штамповки, подразделяются на повышенную точность (класс I) и нормальную точность (класс II). Для различных размеров одной и той же заготовки допускается применять различные классы точности.



1. HB 241 ... 245
2. Степень сложности поковки С3
3. Группа стали М1
4. Точность изготовления I класс
5. Радиусы закруглений углов R5 мм
6. Штамповочные уклоны наружных поверхностей 5° , а отверстия 2°
7. Допуск соосности поверхностей А, Б и В относительно базовой оси заготовки 0,8 мм

Рис. 3.4. Рабочий чертеж заготовки фланца

Классы точности необходимо указывать в технических требованиях рабочего чертежа заготовки.

Категория поковок характеризуется группой стали, условно обозначаемой М1 и М2. К группе М1 относятся углеродистые и легированные стали с содержанием углерода до 0,45 % и легирующих элементов до 2,0 %. К группе М2 относятся легированные стали, кроме указанных в группе М1.

Заготовки, изготавливаемые горячей объемной штамповкой на различных видах кузнечно-прессового оборудования, подразделяются на четыре степени сложности: С1, С2, С3 и С4.

Степень сложности — отношение массы (объема) штамповки к массе (объему) фигуры, в которую вписывается штамповка. Степень сложности принимается по ГОСТ 7505—74*.

Степень сложности штампованных заготовок

$$C = G_{\text{п}}/G_{\text{ф}} \quad \text{или} \quad C = V_{\text{п}}/V_{\text{ф}},$$

где $G_{\text{п}}$ — масса поковки, кг; $G_{\text{ф}}$ — масса фигуры, кг; $V_{\text{п}}$ — объем поковки, см^3 ; $V_{\text{ф}}$ — объем фигуры, см^3 .

Степени сложности характеризуются следующими величинами:

С1 — Св. 0,63 до 1,00;	С3 — Св. 0,16 до 0,32
С2 — " 0,32 " 0,63;	С4 — До 0,16.

Выполнение и оформление рабочего чертежа штампованной заготовки типа фланца показано на рис. 3.4.

3.3.3. Основные положения системы ЕСТД

Единая система технологической документации содержит комплекс стандартов по правилам разработки, оформления и обращения технологической документации в машиностроении.

Стандарты ЕСТД устанавливают единые правила разработки технологических процессов изготовления изделий на предприятиях и учебных заведениях нашей страны.

Технологические процессы механической обработки должны соответствовать требованиям Единой системы технологической документации (ЕСТД), Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП).

Технологические процессы механической обработки изделия выполняются на формах, установленных стандартами ЕСТД в зависимости от вида обработки. Каждому технологическому документу должно быть присвоено самостоятельное обозначение согласно ГОСТ 3.1201-74* "Система обозначения технологических документов" с указанием в основной надписи по ГОСТ 3.1103-82.

3.3.4. Анализ заводского технологического процесса

При описании заводского технологического процесса механической обработки заготовки необходимо дать характеристики заготовки, способ ее получения, трудоемкость и стоимость ее изготовления.

Анализируя технологический процесс механической обработки заготовки, необходимо указать его достоинства и недостатки, дать анализ всех операций, охарактеризовать режимы резания и нормы времени, применяемое технологическое оборудование и приспособления, режущий и измерительный инструмент, а также отметить операции, которые целесообразно применить в проектируемом технологическом процессе.

Если заводской технологический процесс на обрабатываемую деталь имеет маршрутный характер, то, руководствуясь материалами производственной технологической практики, необходимо дать подробное описание операций, режимов резания, норм времени на обработку и других показателей.

При разработке нового технологического процесса механической обработки необходимо учесть положительные и отрицательные стороны действующего технологического процесса на изготавливаемую деталь. При анализе технологического процесса следует обратить особое внимание на уровень механизации и автоматизации всех производственных процессов изготовления детали, а также соответствия требованиям ЕСКД, ЕСТД, ЕСТПП.

3.3.5. Разработка маршрутного технологического процесса

Разработка маршрутного технологического процесса механической обработки заготовки является основой всего курсового проекта. От правильности и полноты разработки маршрутного технологического процесса во многом зависят организация производства и дальнейшие технико-экономические расчеты курсового проекта.

В технологической части курсового проекта необходимо дать анализ и обоснование разрабатываемого технологического процесса. Прежде всего необходимо выделить все операции, в которых применяется прогрессивное станочное оборудование, быстродействующее приспособление, специальный режущий и измерительный инструмент. Характер технологического процесса в курсовом проекте определяется типом производства и особыми условиями проектирования, указанными в задании.

Разработка технологического процесса должна быть основана на использовании научно-технических достижений во всех отраслях промышленности и направлена на повышение технического уровня производства, качества продукции и производительности труда.

Для мелкосерийного производства технологический процесс следует разрабатывать по принципу группового метода обработки деталей, дающего возможность эффективно применять на универсальном оборудовании специализированную высокопроизводительную технологическую оснастку и повышать производительность труда. В мелкосерийном производстве нашли широкое применение станки с числовым программным управлением (ЧПУ). Станки с ЧПУ не требуют длительной переналадки при переходе на обработку от одной заготовки на другую, что позволяет на данных станках производить процесс обработки широкой номенклатуры заготовок.

Применение станков с ЧПУ в условиях мелкосерийного производства позволяет увеличить производительность труда, сократить сроки подготовки производства (на 50–70 %), снизить себестоимость изготовления деталей, а также использовать труд рабочих более низкой квалификации.

Эффективность использования станков с ЧПУ обеспечивается:

- 1) отбором номенклатуры заготовок (по сложности конструкции; по возможности концентрации операций; исключением разметочных и слесарных работ; замены дорогостоящего оборудования и технологической оснастки);
- 2) повышением технологичности конструкций детали;
- 3) групповым методом обработки деталей (классификацией деталей, поверхностей, группированием деталей).

Обеспечение процесса обработки детали производится по следующей схеме:

1) ознакомление с существующим опытом изготовления аналогичной детали (заготовка, маршрут обработки, структура операций, приспособления, режущий инструмент, режимы резания);

2) разработка технологической документации (операционная технологическая карта; схема движения режущих инструментов; карта настройки; карта программирования, управляющая программа);

3) проверка и корректирование управляющих программ (отработка программы без установки режущих инструментов; пробная обработка макета заготовки).

Запись технологических переходов операции производится так же, как и описание технологического процесса, проектируемого на станок с ручным управлением. Независимо от типа производства следует производить подробную разработку технологического процесса.

Проектирование операционного технологического процесса изготовления детали на станках с ЧПУ производится на основе технико-экономических расчетов с обеспечением минимальных затрат времени и наименьшей себестоимости.

Методика проектирования технологического процесса обработки деталей на станках с ЧПУ дана в соответствующей учебной и справочной литературе [8], [10].

В серийном производстве следует проектировать технологический процесс, ориентируясь на использование переменного-поточных линий, когда параллельно изготавливаются партии деталей разных наименований, что и позволяет использовать преимущества массового производства.

В массовом производстве следует стремиться разрабатывать технологический процесс для непрерывной поточной линии, с использованием высокопроизводительных станков, специальной технологической оснастки и максимальной механизации и автоматизации производства.

Какой бы тип производства не применялся при разработке технологического процесса в курсовом проекте, он должен находиться на уровне передовых достижений науки и техники (с учетом ЕСТД и ЕСТПП).

Разрабатывая технологический процесс обработки деталей, необходимо выполнить следующие условия:

наметить базовые поверхности, которые должны быть обработаны в самом начале процесса;

выполнить операции черновой обработки, при которых снимают наибольшие слои металла, что позволяет сразу выявить дефекты заготовки и освободиться от внутренних напряжений, вызывающих деформации;

обработать вначале те поверхности, которые не снижают жесткость обрабатываемой детали;

первыми следует обрабатывать такие поверхности, которые не требуют высокой точности качества;

необходимо учитывать целесообразность концентрации (обработка в операции максимально возможного числа поверхностей) или дифференциации (разделение операций на более простые) операций;

при выборе технологических баз следует стремиться к соблюдению основных принципов базирования — совмещения и постоянства баз;

необходимо учитывать, на каких стадиях технологического процесса целесообразно производить механическую обработку, гальванические покрытия, термическую обработку и другие методы обработки в зависимости от требований чертежа;

отделочные операции следует выносить к концу технологического процесса обработки, за исключением тех случаев, когда поверхности служат базой для последующих операций.

При разработке технологических операций необходимо особое внимание уделить выбору баз для обеспечения точности обработки деталей и выполнения технических требований чертежа.

При выборе баз необходимо принимать поверхности, не подлежащие обработке, а если детали имеют несколько необрабатываемых поверхностей, то за базу надо принимать ту из них, которая должна иметь наименьшее смещение относительно своей оси или быть с наименьшим припуском на обработку.

При выборе баз необходимо принимать поверхности, от которых дан размер на чертеже, определяющий положение обрабатываемой поверхности.

Базы должны обеспечить отсутствие недопустимых деформаций детали, а также простоту конструкции станочного приспособления с удобной установкой, креплением и снятием обрабатываемой детали.

Более подробные рекомендации по разработке технологических процессов механической обработки деталей приведены в учебной и справочной технической литературе, а также в стандартах ЕСТД и ЕСТПП.

Технологический процесс механической обработки должен разрабатываться в соответствии с ЕСТПП и удовлетворять требованиям ГОСТ 14.301—83 "Общие правила разработки технологических процессов и выбора средств технологического оснащения".

А. Технология изготовления деталей класса валов

Широкое распространение в машиностроении получили детали типа валов — гладкие и ступенчатые с разными перепадами диаметров. В настоящее время разработаны типовые технологические процессы механической обработки валов на основе разновидности их в разных типах производства. Отдельные элемен-

Номер операции	Наименование и краткое содержание операции, технологические базы	Станок
005	Фрезерно-центровальная Фрезерование торцов вала и сверление центровых отверстий с двух сторон. Технологическая база — наружные поверхности двух шеек	Фрезерно-центровальный полуавтомат
010	Токарная Обтачивание поверхностей шеек вала с одной стороны и подрезание торцовых поверхностей ступеней вала. Технологическая база — центровые отверстия вала	Токарный многорезцовый или многошпиндельный полуавтомат
015	Токарная Обтачивание поверхностей шеек вала с другой стороны, а также подрезка обрабатываемых шеек вала. Технологическая база — центровые отверстия вала	То же
020	Токарная Обтачивание поверхностей шеек вала под шлифование и окончательная подрезка торцов ступеней вала (если отдельные торцы ступеней подлежат шлифовке, необходимо оставить припуск под шлифовку). Технологическая база — центровые отверстия вала	Токарный многорезцовый, гидрокопировальный, многошпиндельный
025	Токарная Обтачивание поверхностей шеек вала с припуском под шлифование и окончательная подрезка торцов ступеней вала с другой стороны. Технологическая база — центровые отверстия вала	То же
030	Контроль промежуточный	
035	Термическая обработка HRC ₂ 41 ... 45	
040	Шлифовальная Предварительное шлифование шеек вала в зависимости от требований чертежа по качеству поверхностей и точности обработки. Технологическая база — центровые отверстия	Круглошлифовальный полуавтомат
045	Шлифовальная Окончательное шлифование поверхностей шеек вала согласно размерам по рабочему чертежу и шероховатостей поверхностей. Технологическая база — центровые отверстия вала	То же
050	Моечная	
055	Контроль окончательный	

П р и м е ч а н и е. При наличии у детали других элементов (отверстий, шпоночных пазов, резьб и т.д.) их обработку производить в установленной технологической последовательности до термической обработки.

ты операций типового технологического процесса можно использовать в разрабатываемом технологическом процессе.

Анализ рабочего чертежа деталей класса валов позволяет сделать следующие заключения:

основными конструкторскими базами является ось детали и торец, от которых заданы размеры;

двустороннее расположение ступеней с равномерным перепадом диаметров не затрудняет процесс обработки;

в массовом и крупносерийном производстве заготовки получают методом штамповки или специального профильного проката.

Схема технологических процессов изготовления деталей класса вал представлена в табл. 3.15.

Б. Технология изготовления зубчатых колес

Зубчатые колеса являются очень распространенными деталями в машиностроении. Они весьма разнообразны по форме, размерам, степени точности и другим кинематическим параметрам. Выбор метода изготовления зубчатых колес зависит от многих факторов: типа и размеров колес, заданной точности и качества поверхностей зубчатого колеса, объема изготавливаемых однотипных колес, вида и материала заготовок, кинематической точности и других параметров.

Выбор схемы обработки зубчатых колес должен производиться на основании тщательного анализа конструкции колеса и технических требований на его изготовление и возможностей данного производства. Обычно изготовление зубчатых колес производится в два этапа: первый этап — операции по обработке поверхностей зубчатого колеса до зубообразования, второй — операции по обработке и отделке зубьев колеса (табл. 3.16, 3.17).

Таблица 3.16

Технологическая схема изготовления цилиндрических зубчатых колес

Номер операции	Наименование и краткое содержание операции, технологические базы	Станок
005	Токарная Обтачивание поверхностей наружного контура, зенкерование (расточивание) с одной стороны детали. Технологическая база — наружный диаметр венца колеса и торец	Токарный многошпиндельный полуавтомат
010	Токарная Обтачивание поверхностей контура, зенкерование (расточивание) базового отверстия. Технологическая база — наружный диаметр венца колеса и торец после обтачивания на первой операции (торцовую поверхность венца метить для протяжной операции)	То же
015	Протяжная Протягивание базового отверстия	Протяжная

Номер операции	Наименование и краткое содержание операции, технологические базы	Станок
020	Токарная Обработка наружного контура зубчатого колеса. Технологическая база — шлицевое отверстие колеса	Токарный многорезцовый
025	Контрольная — промежуточный контроль	
030	Зубофрезерная Фрезерование зубьев зубчатого колеса. Технологическая база — шлицевое отверстие и торец ступицы, а для последующих деталей комплекта — установочное кольцо (при необходимости) и торцовые поверхности венца колеса	Зубофрезерный полуавтомат
035	Зубозакругляющая (при необходимости) Закругление зубьев с одной стороны. Технологическая база — шлицевое отверстие и торец ступицы колеса	Зубозакругляющий
040	Зубозакругляющая Закругление зубьев с другой стороны. Технологическая база — шлицевое отверстие и торец ступицы колеса	То же
045	Зачистная Зачистка заусенцев и мойка	Автомат для зачистки и мойки Э1133А
050	Шевингование Шевингование зубьев колеса. Технологическая база — шлицевое отверстие и торец ступицы	Шевинговальный автомат
055	Моечная — мойка деталей	Моечный агрегат
060	Контрольная — промежуточный контроль	
061	Термическая обработка (при необходимости)	
065	Калибровочная (при необходимости) Калибровать шлицевые поверхности. Технологическая база — торец ступицы колеса	Калибровочный автомат
070	Зубообкатная (при необходимости) Обкатка зубьев колеса. Технологическая база — шлицевое отверстие и торец ступицы колеса	Зубообкатной автомат
075	Внутришлифовальная Шлифование базового отверстия. Технологическая база — эвольвента зубьев и торец ступицы колеса	Внутришлифовальный
080	Моечная — мойка деталей	Моечный агрегат
085	Контрольная — окончательный контроль	—

Примечания: 1. Разработку технологического процесса механической обработки зубчатого колеса можно начинать с подготовки базового отверстия. В таком случае схема обработки колеса до зубообразования примет следующий порядок:

- 1) сверление базового отверстия с одновременной обработкой торца ступицы и фаски;
 - 2) протягивание круглого и шлицевого отверстия;
 - 3) токарная обработка на многолезцовом или многошпиндельном токарном станке;
 - 4) токарная обработка на многолезцовом станке.
2. Все остальные операции выполняются по схеме как указано в таблице (см. табл. 3.16).
3. В конструкциях зубчатых колес могут быть и другие элементы (выточки, отверстия гладкие и резьбовые и т.д.); в таком случае технологическая схема обработки будет дополняться новыми операциями или переходами.

Таблица 3.17

Технологическая схема изготовления вала-шестерни

Номер операции	Наименование и краткое содержание операции, технологические базы	Станок
005	Фрезерно-центровальная Фрезерование торцов вала и сверление центровых отверстий с двух сторон. Технологическая база — наружные поверхности двух шеек заготовки и торец ступени зубчатого венца	Фрезерно-центровальный
010	Токарная Обтачивание поверхностей шеек вала с одной стороны и подрезание торцовых поверхностей обрабатываемых шеек вала. Технологическая база — центровые отверстия	Токарный многолезцовый или многошпиндельный
015	Токарная Обтачивание поверхностей шеек вала с другой стороны, а также подрезка торцов, обрабатываемых шеек вала. Технологическая база — центровые отверстия вала	То же
020	Токарная Обтачивание поверхностей шеек вала под шлифование и окончательная подрезка торцов шеек вала (если отдельные поверхности торцов шеек вала подлежат шлифованию, то необходимо оставлять припуск). Технологическая база — центровые отверстия вала	Токарный гидрокопировальный
025	Токарная Обтачивание поверхностей шеек вала с другой стороны с припуском под шлифование и окончательная подрезка торцов шеек вала. Технологическая база — центровые отверстия	То же
030	Контрольная — промежуточный контроль	
035	Зубофрезерная Фрезерование зубьев зубчатого колеса. Технологическая база — центровые отверстия	Зубофрезерный
040	Зубофрезерная Фрезерование зубьев зубчатого колеса. Технологическая база — центровые отверстия	То же

Номер операции	Наименование и краткое содержание операции, технологические базы	Станок
045	Зубозакругляющая Закругление зубьев с одной стороны венца. Технологическая база — центровые отверстия вала	Зубозакругляющий
050	Зубозакругляющая — с другой стороны	То же
055	Зубошевингование или зубошлифование	Шевинговальный
060	Моечная. Контроль ОТК	—

3.3.6. Определение промежуточных припусков, допусков и размеров

Промежуточные припуски имеют очень важное значение в процессе разработки технологических операций механической обработки деталей. Правильное назначение промежуточных припусков на обработку заготовки обеспечивает экономию материальных и трудовых ресурсов, качество выпускаемой продукции, снижает себестоимость изделий и ускоряет дальнейшее развитие машиностроительной промышленности и всего народного хозяйства страны.

В массовом и крупносерийном производстве промежуточные припуски рекомендуется рассчитывать аналитическим методом, что позволяет обеспечить экономию материала, электроэнергии и другие материальные и трудовые ресурсы производства.

В серийном и единичном производствах используют статистический (табличный) метод определения промежуточных припусков на обработку заготовки, что обеспечивает более быструю подготовку производства по выпуску планируемой продукции и освобождает инженерно-технических работников от трудоемкой работы.

После расчета промежуточных размеров определяют допуски на эти размеры, соответствующие экономической точности данной операции. Промежуточные размеры и допуски на них определяют для каждой обрабатываемой поверхности детали.

Черновые операции обычно следует выполнять с более низкими техническими требованиями на изготовление (12–14 качества), полустовые — на один-два качества ниже и окончательные операции выполняются по требованиям рабочего чертежа детали.

Шероховатость обрабатываемых поверхностей зависит от степени точности и назначается по справочным таблицам (см. приложения 1, 2, 3, 4).

Необоснованное повышение качества поверхности и степени точности обработки повышает себестоимость изготовления детали на данной технологической операции.

При назначении промежуточных предельных отклонений необходимо учитывать данные рекомендации при разработке технологического процесса изготовления деталей.

3.3.7. Аналитический метод определения припусков

Величина припуска влияет на себестоимость изготовления детали. При увеличенном припуске повышаются затраты труда, расход материала и другие производственные расходы, а при уменьшенном приходится повышать точность заготовки, что также увеличивает себестоимость изготовления детали.

Обычно в заготовках, полученных методом литья, могут содержаться раковины, песочные включения, а в штампованных заготовках имеются обезуглероженный слой, микротрещины и другие дефекты.

Дефектный слой чугуновых отливок по деревянным моделям составляет 1—6 мм, у поковок 0,5—1,5 мм и у горячекатаного проката 0,5—1,0 мм. Для более точного определения припуска на обработку и предотвращения перерасхода материала применяют аналитический метод для каждого конкретного случая с учетом всех требований выполнения заготовок и промежуточных операций.

Для получения деталей более высокого качества необходимо при каждом технологическом переходе механической обработки заготовки предусматривать производственные погрешности, характеризующие отклонения размеров, геометрические отклонения формы поверхности, микронеровности, отклонения расположения поверхностей. Все эти отклонения должны находиться в пределах поля допуска на размер поверхности заготовки.

Аналитический метод определения припусков базируется на анализе производственных погрешностей, возникающих при конкретных условиях обработки заготовки.

Величина промежуточного припуска
для плоских поверхностей заготовки

$$z_{\min} = Rz + T + \rho_o + \epsilon_y; \quad (3.22)$$

для поверхностей типа тел вращения (наружных и внутренних)

$$2z_{\min} = 2(Rz + T + \sqrt{\rho_o^2 + \epsilon_y^2}), \quad (3.23)$$

где Rz — высота микронеровностей поверхности, оставшихся при выполнении предшествующего технологического перехода, мкм; T — глубина дефектного поверхностного слоя, оставшегося при выполнении предшествующего технологического перехода, мкм; ρ_o — суммарные отклонения расположения, возникшие на предшествующем технологическом переходе, мкм; ϵ_y — величина погрешностей установки заготовки при выполняемом технологическом переходе, мкм.

Таблица 3.18

Таблица расчета припусков, допусков и промежуточных размеров по технологическим операциям (пример заполнения)

Вид заготовки и технологическая операция	Точность заготовки и обработки всей поверхности	Допуск на размер δ , мм	Элементы припуска, мкм				Промежуточные размеры заготовки, мм		Промежуточные припуски, мм	
			Rz	T	ρ_0	ϵ_y	D_{max}	D_{min}	z_{min}	z_{min}
Заготовка-прокат	B	1,80	200	300	520,4	—	84,98	82,68	—	—
Токарная: черновая чистовая	h12	0,46	60	60	31,2	450	81,28	80,28	3,7	2,4
	h 8	0,07	30	30	—	27	80,12	79,98	1,4	0,3
Термообработка шлифовальная	f 7	0,03	6	12	—	—	79,97	79,94	0,15	0,04

Отклонения после чистовой обработки обычно исключают при расчетах из-за их малой величины. Отклонения и погрешности установки определяют в каждом конкретном случае в зависимости от метода получения заготовки.

Максимальный припуск на обработку поверхности заготовки:

для плоских поверхностей

$$z_{\max} = z_{\min} + \delta_{\text{п}} - \delta_{\text{в}}; \quad (3.24)$$

для поверхностей типа тел вращения

$$2z_{\max} = 2z_{\min} + \delta_{\text{Дп}} - \delta_{\text{Дв}}; \quad (3.25)$$

где $\delta_{\text{п}}$ и $\delta_{\text{Дп}}$ — допуск на размер на предшествующем переходе, мм; $\delta_{\text{в}}$ и $\delta_{\text{Дв}}$ — допуск на размер на выполняемом переходе, мм.

Допуски и шероховатость поверхности на окончательных технологических переходах (операциях) принимают по рабочему чертежу.

Для удобства определения промежуточных припусков перед их расчетом исходные и расчетные данные по каждой операции на конкретную обрабатываемую поверхность в технологической последовательности заносят в таблицу (табл. 3.18).

Таблицу рекомендуется заполнять в такой последовательности:

в графу "заготовка и технологическая операция" записывают вид заготовки и операции, установленные на данную обрабатываемую поверхность в технологической последовательности;

в графу "Точность заготовки и обрабатываемых поверхностей" записывают степень точности выбранной заготовки и качества на промежуточные размеры без предельных отклонений;

в графу "Элементы припусков" заносят величину микронеровностей R_z и глубину дефектного поверхностного слоя T на заготовку и на все операции в технологической последовательности в зависимости от метода обработки, а величину погрешностей установки заготовки на выполняемой операции определяют по таблице или производят расчет по формулам;

суммарное значение отклонений ρ рассчитывают аналитическим методом и значения расчета заносят в графу таблицы;

графу "Допуски на размер" заполняют значениями допусков на заготовку и промежуточные размеры согласно степени точности заготовки и качества установленных на размер по каждой операции.

Остальные значения промежуточных припусков и размеров заносят в таблицу после расчетов.

Графы промежуточных размеров D_{\min} и D_{\max} определяют и заполняют от окончательных промежуточных размеров до размеров заготовки.

А. Расчет припусков при изготовлении деталей из проката

Гладкие, ступенчатые валы и другие аналогичные детали изготавливают из проката повышенной или обычной точности. Методы обработки заготовок ведут согласно степени точности принятого проката. Для ступенчатых валов расчет припусков и предельных размеров ведут по ступени с наибольшим диаметром, а при их равенстве по ступени, к которой предъявляют высокие технические требования по точности, качеству поверхности, отклонения расположения.

Суммарные отклонения расположения проката определяются

$$\rho_o = \sqrt{\rho_{om}^2 + \rho_{ц}^2}, \quad (3.26)$$

где ρ_m — величина отклонения расположения (местная или общая), мкм; $\rho_{ц}$ — величина отклонения расположения заготовки при центровке, мкм.

Величину отклонения расположения (местную) проката ρ_{om} определяют:

$$\text{при консольном креплении} \quad \rho_{om} = \Delta_y L_k; \quad (3.27)$$

$$\text{при установке в центрах} \quad \rho_{om} = 2\Delta_y L_k. \quad (3.28)$$

где Δ_y — величина удельного отклонения расположения, мкм/мм; L_k — расстояние от сечения, для которого определяют величину отклонения расположения до места крепления заготовки, мм.

При консольной обработке заготовки $L_k \leq L$, а при обработке в центрах $L_k \leq 0,5L$ (L — общая длина заготовки, мм).

Величина расположения заготовки при зацентровке $\rho_{ц}$

$$\rho_{ц} = 0,25 \sqrt{\delta_3^2 + 1}, \quad (3.29)$$

где δ — допуск на диаметр базовой поверхности заготовки, использованный при центровке, мм.

Величина остаточного суммарного расположения заготовки после выполнения перехода (операции)

$$\rho_{ост} = K_y \rho_{o.з}, \quad (3.30)$$

где K_y — коэффициент уточнения (табл. 3.19); $\rho_{з}$ — суммарные отклонения расположения заготовки, мкм.

При обработке отверстий плавающим инструментом суммарные отклонения расположения им не исправляются, поэтому в дальнейших расчетах не участвует.

Погрешность установки на заготовку

$$\epsilon_y = \sqrt{\epsilon_6^2 + \epsilon_{зк}^2}, \quad (3.31)$$

где ϵ_6 — погрешность базирования, мкм; $\epsilon_{зк}$ — погрешность закрепления заготовки, мкм.

При совмещении технологической и измерительной баз погрешность базирования $\epsilon_6 = 0$, поэтому необходимо стремиться (когда это возможно) базы совмещать.

Значение коэффициента уточнения K_y

Вид заготовки	Технологический переход	K_y
Калиброванный прокат	После обтачивания:	
	однократного	0,05
	двукратного	0,02
	После шлифования:	
	обдирочного	0,06
	чистового	0,04
Горячекатаный прокат, штамповка, отливка	После обтачивания:	
	чернового и однократного	0,06
	получистового	0,05
	чистового	0,04

При базировании в центрах погрешность установки в радиальном направлении

$$\epsilon_y = 0,25\delta_z, \quad (3.32)$$

где δ_z — допуск на диаметральный размер заготовки, мм.

Деформацию заготовок при зажимной силе, направленной перпендикулярно обрабатываемой поверхности, для черновых заготовок принимают 100—150 мкм, после черновой обработки 50—65 мкм, после чистовой обработки 10—15 мкм.

При закреплении заготовок в приспособлениях тисочного типа погрешность закрепления

$$\epsilon_{зк} = K_3 b, \quad (3.33)$$

где K_3 — коэффициент, зависящий от характеристики поверхностей, воспринимающих силу зажима; для поверхностей до обработки $K_3 = 17,5$; после черновой обработки $K_3 = 5,8$; b — ширина поверхности заготовки, мм.

Промежуточные расчетные размеры

$$D_{pi} = D_{ном i} + 2z_{мин i}, \quad (3.34)$$

где $D_{ном i}$ — номинальный размер обработанной поверхности детали на предшествующей операции (перехода), мм.

Последовательность определения промежуточных расчетных размеров производят от номинальных размеров детали по чертежу (окончательной операции или перехода) к размерам заготовки. Например, если необходимо определить промежуточный расчетный размер на черновую токарную обработку, то к номинальному расчетному размеру чистовой токарной операции прибавляют минимальный расчетный припуск на чистовую обработку и т.д.

Минимальные (максимальные) промежуточные размеры определяют методом прибавления (для валов) или вычитания (для отверстий) минимальных (максимальных) значений промежуточных припусков:

$$D_{\min} = D_{\min i} + 2z_{\min i}; \quad (3.35)$$

$$D_{\max} = D_{\max i} + 2z_{\max i}, \quad (3.36)$$

где $D_{\max i}$, $D_{\min i}$ — предельные размеры поверхностей по операциям (переходам), мм; $2z_{\min i}$, $2z_{\max i}$ — предельные (округленные) в сторону увеличения согласно степени точности припуска на операцию (переход), мм.

По максимальным предельным размерам заготовки выбирают ближайшие размеры проката согласно стандарту на сортамент (см. табл. 3.14). Действительный общий припуск на обработку детали

$$2z_{0 \min} = D_{\text{пр}} - D_{\min}, \quad (3.37)$$

где $D_{\text{пр}}$ — диаметр проката по стандарту, мм.

Рабочий чертеж на заготовку из проката допускается не разрабатывать. Эскиз на данную заготовку приводят в пояснительной записке курсового проекта.

Пример. Определить промежуточные припуски и промежуточные размеры при обработке поверхности вала диаметром $80f7$ ($\begin{smallmatrix} f7 \\ \text{H7/k6} \end{smallmatrix}$) согласно рабочему чертежу (см. рис. 3.1).

Исходная заготовка — горячекатаный прокат обычной точности В, ГОСТ 2590—71*.

После отрезки заготовка правится и центрируется.

Тип производства — массовый.

Решение. В данном типе производства токарную обработку вала можно выполнить на токарном многорезцовом полуавтомате. Заготовка устанавливается в центрах. Шлифовальная обработка выполняется на круглошлифовальном станке. Заготовка устанавливается в жестких центрах.

Составляется технологический маршрут обработки поверхности $\phi 80f7$ ($\begin{smallmatrix} f7 \\ \text{H7/k6} \end{smallmatrix}$).

Операция 005. Токарная (черновая обработка)

" 010. Токарная (чистовая обработка)

" 015. Шлифовальная

Для наглядности и простоты определения промежуточных припусков и промежуточных размеров составляем таблицу (см. табл. 3.18).

Точность и качество поверхности после механической обработки устанавливается по таблице (см. приложение 2).

Допуски на изготовление детали выбираются по таблицам: для заготовок из проката по ГОСТ 2590—71*, для заготовок, полученных методом горячей объемной штамповки, по ГОСТ 7505—74*, на литые заготовки по ГОСТ 1855—55, ГОСТ 2009—55 и на размеры, подлежащие обработке, по ГОСТ 25347—82.

Элементы припусков (R_z и T) назначаем по табл. 3.20 и 3.21 в зависимости от метода обработки поверхностей заготовки и состояния проката.

Расчетный минимальный припуск на черновую обработку поверхности определяем по формуле (3.22), а параметры припусков выбираем по табл. 3.13.

Для определения элементов припуска ρ_0 и ϵ_y из формулы (3.26) необходимо произвести следующие действия:

определить отклонения расположения (местное) заготовки $\rho_{0.м}$ в зависимости от крепления детали:

$$\rho_{0.м} = 2\Delta_y L_K = 2 \cdot 0,07 \cdot 150 = 21 \text{ мкм},$$

Качество наружной поверхности горячекатаного проката

Таблица 3.20

Диаметр, мм	Повышенная точность, мкм		Обычная точность, мкм	
	Rz	T	Rz	T
До 25	100	100	150	150
25— 75	100	150	150	250
75—150	150	200	200	300
150—250	250	300	300	400

Точность и качество поверхности заготовок из проката после механической обработки

Таблица 3.21

Способ обработки	Технологический переход	Квалитет	Высота неровностей Rz	Дефектный слой T
			мкм	

Обработка наружных поверхностей

Обтачивание горячекатаного проката (обычной и повышенной точности), калиброванного проката 12-го качества точности	Обдирка	14	120	120
	Черновое	12	60	60
	Чистовое или однократное	11—10	30—20	30
	Тонкое	9—8	6	—
Шлифование в центрах горячекатаного проката 12-го качества точности	Черновое	9	10	20
	Чистовое или однократное	8	6	12
	Тонкое	7—6	3	6—2
	После термообработки (тонкое)	6—5	3—0,8	—
Бесцентровое шлифование калиброванных прутков 8-го и 10-го качества точности	До термообработки (чистовое)	7	6	12

Обработка торцовых поверхностей

Подрезание	Черновое	13	50	50
	Чистовое	11	30	30
Шлифование	Однократное	6	5—10	—

Величину удельного отклонения расположения Δ_y выбирают по табл. 3.22: $\Delta_y = 0,07$ мкм/мм.

Расстояние L_K от сечения, для которого определяется кривизна, до места опоры при установке в центрах определяется из отношения $L_K < 0,5 = 0,5 \cdot 300 = 150$ мм, L — общая длина заготовки в мм, где $L = 300$ мм.

Величина отклонения расположения заготовки центровки

$$\rho_{\text{ц}} = 0,25 \sqrt{\delta_3^2 + 1} = 0,25 \sqrt{1,8^2 + 1} = 0,52 \text{ мм,}$$

где δ_3 — допуск на диаметр базовой поверхности, мм, $\delta_3 = 1,8$ мм.

Удельное отклонение расположения горячекатаного проката

Вид правки	Удельное отклонение расположения Δ_y , мкм/мм, при диаметре проката, мм			
	До 30	30—50	50—80	80—150
Без правки в печах	2,0	1,30	1,30	0,6 —0,30
Токами высокой частоты (ТВЧ)	1,0	0,65	0,65	0,3 —0,15
На прессах	0,15	0,12	0,10	0,07—0,05

Суммарное отклонение расположения определяем по формуле (3.26); отклонение на черновую обработку по следующей формуле:

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{0,м}^2 + \rho_{ц}^2} = \sqrt{21^2 + 250^2} = 520,4 \text{ мкм.}$$

Погрешность установки при базировании в центрах заготовки определяем по формуле (3.32):

$$\epsilon_y = 0,25\delta_{D_3} = 0,25 \cdot 1800 = 450 \text{ мкм.}$$

Минимальный припуск на черновую обработку

$$z_{\min} = 2(R_z + T + \sqrt{\rho^2 + \epsilon_y^2}) = 2(200 + 300 + \sqrt{520,4^2 + 450^2}) = 2376 \text{ мкм.}$$

Максимальный припуск на черновую обработку поверхности детали определяем по формуле (3.25):

$$z_{\max} = z_{\min} + \delta_{D_{п}} - \delta_{D_{в}} = 2376 + 1800 - 460 = 3716 \text{ мкм,}$$

где $\delta_{D_{п}} = 1800 \text{ мкм}$, $\delta_{D_{в}} = 460 \text{ мкм}$.

Величину остаточного суммарного расположения заготовки после выполнения черновой обработки поверхности определяем по формуле (3.30):

$$\rho_{ост} = K_y \rho_{0,з} = 0,06 \cdot 520,4 = 31,2 \text{ мкм,}$$

где $K_y = 0,06$ (см. табл. 3.16).

Величина погрешности установки при чистовой обработке поверхности заготовки

$$\epsilon_{y,ч} = 0,06\epsilon_y = 0,06 \cdot 450 = 27 \text{ мкм.}$$

При последующей обработке поверхности детали погрешности установки из-за малости ее величины в расчет не принимаем.

Расчетный минимальный и максимальный припуски на чистовую обработку поверхности детали определим по формулам (3.23) и (3.25):

$$z_{\min} = 2(60 + 60 + \sqrt{31,2^2 + 27^2}) = 322,5 \text{ мкм;}$$

$$z_{\max} = 2(322,5 + 460 - 70) = 1425 \text{ мкм.}$$

Расчетный минимальный и максимальный припуски на шлифовальную обработку поверхности составит

$$z_{\min} = 2(6 + 12) = 36 \text{ мкм;}$$

$$z_{\max} = 2(36 + 70 - 30) = 152 \text{ мкм.}$$

Промежуточные расчетные размеры по обрабатываемым поверхностям определим по формуле (3.35):

для чистовой токарной обработки

$$D_{\min} = D_{\min} + z_{\min \text{ шл}} = 80 + 0,036 = 80,036 \text{ мм;}$$

для черновой токарной обработки

$$D_{p.черн} = D_{p.чист} + 2z_{min чист} = 80,036 + 0,323 = 80,359 \text{ мм};$$

для заготовки детали

$$D_{p.з} = D_{p.черн} + 2z_{min} = 80,359 + 2,4 = 82,759 \text{ мм.}$$

Промежуточные размеры определяют методом прибавления (для валов), вычитания (для отверстий) значений припусков по максимальным и минимальным значениям, начиная действия с размеров детали.

Минимальные промежуточные размеры:

$$D_{чист} = D_d + 2z_{min шл} = 79,94 + 0,04 = 79,98 \text{ мм};$$

$$D_{min чист} = D_{чист} + 2z_{min чист} = 79,98 + 0,30 = 80,28 \text{ мм};$$

$$D_{min з} = D_{черн} + 2z_{min черн} = 80,28 + 2,4 = 82,68 \text{ мм.}$$

Максимальные предельные промежуточные размеры:

$$D_{max чист} = D_{max} + 2z_{max шл} = 79,97 + 0,15 = 80,12 \text{ мм};$$

$$D_{max черн.} = D_{max} + 2z_{max чист} = 80,12 + 1,40 = 81,28 \text{ мм};$$

$$D_{max з.} = D_{max} + 2z_{max черн} = 81,28 + 3,70 = 84,98 \text{ мм.}$$

По максимальным размерам заготовки выбирается диаметр проката по ГОСТ 2590-71*. Диаметр проката 85 мм.

После всех расчетов промежуточных припусков промежуточных размеров и установление на размеры допусков разрабатывается схема расположения полей припусков и допусков по обрабатываемой поверхности.

Б. Расчет припусков при изготовлении деталей методом штамповки

Расчет промежуточных припусков и допусков на заготовку, полученной методом горячей объемной штамповки на молотах, прессах и горизонтально-ковочных машинах, производят по той же методике, как и на прокат.

Суммарные отклонения расположения штампованной заготовки при обработке в патроне:

для наружной поверхности

$$\rho_o = \sqrt{\rho_{ом}^2 + \rho_{деф}^2}, \quad (3.38)$$

где $\rho_{ом}$ — отклонения расположения заготовки, штампуемой в различных половинах штампа, мм; $\rho_{деф}$ — деформация заготовки, мм;

для отверстий

$$\rho = \sqrt{\rho_{деф}^2 + \rho_{экс}^2}, \quad (3.39)$$

где $\rho_{экс}$ — эксцентricность отверстий, прошиваемых на прессах и горизонтально-ковочных машинах, мм.

Определение величины отклонения расположения (местная или общая) заготовки производят как и для заготовок из проката.

Таблица 3.23

Качество поверхности штампованных заготовок

Масса заготовки, кг	Высота неровностей Rz, мкм	Дефектный слой T, мкм	Масса заготовки, кг	Высота неровностей Rz, мкм	Дефектный слой T, мкм
До 0,25	80	150	25—40	320	300
0,25—4,00	160	200	40—100	350	350
4,00—25	240	250	100—200	400	400

Таблица 3.24

Точность и качество поверхностей литых заготовок

Литье в земляные формы, получаемые машинной формовкой						
Размер заготовки, мм	Высота неровностей и дефектный слой (Rz + T) (мкм) в зависимости от группы точности отливок для различных материалов					
	I			II		
	Чугун	Сталь	Цветные сплавы	Чугун	Сталь	Цветные сплавы
До 1250	600	500	400	800	600	500
1250—3150	800	700	—	1000	800	—

Отливки, получаемые специальными способами

Способ литья	Квалитет	Высота неровностей Rz, мкм	Дефектный слой T, мкм		
			Чугун	Сталь	Цветные сплавы
В кокиль и центробежное	7—8	200	300	200	100
В оболочковые формы	11—12	40	260	160	100
По выплавляемым моделям	11—12	30	170	100	60

Качество поверхностей штампованных и литых соответственно заготовок выбирают по табл. 3.23 и 3.24. Точность и качество поверхности детали после механической обработки штампованных заготовок выбирают по табл. 3.25.

Таблица 3.25

Точность и качество поверхности штампованных заготовок
после механической обработки

Способ обработки	Качество	Высота неров- ностей Rz, мкм	Дефект- ный слой Т, мкм	Способ обработки	Качество	Высота неров- ностей Rz, мкм	Дефект- ный слой Т, мкм
---------------------	----------	---------------------------------------	-------------------------------	---------------------	----------	---------------------------------------	-------------------------------

Наружные поверхности вращения

Торцовые поверхности

Валы ступенчатые

Точение: однократное черновое чистовое шлифование: черновое чистовое	11-13	30	30	Шестерни одно- и многозачные	12-13	50	50
	13	50	50		11	30	30
	11	25	25		14	100	100
	8-9 7-8	10 5	20 15				
Шестерни одно- и многозачные							
Точение: однократное черновое получистовое чистовое	10-13	30	30	Подрезание: однократное черновое получистовое чистовое	10	80	30
	14	100	100		14	100	100
	12-13	50	50		12	50	50
	10-11	25	25		10	25	25

Погрешность закрепления ϵ_3 , мкм

Метод получения заготовки	Диаметр закрепляемой поверхности D, мм, при смещении							
	радиальном				осевом			
	До 50	50— 120	120— 260	260— 500	До 50	50— 120	120— 260	260— 500
Литье:								
в земля- ную форму машинной формовки	300	400	500	600	100	120	150	200
в обо- лочковые формы	100	150	200	250	50	80	100	120
в пос- тоянную форму	200	300	400	500	80	100	120	150
Горячая штамповка:								
на моло- тах	300	400	500	600	190	120	150	200
на кри- вошипных прессах	200	300	400	500	80	100	120	150

Погрешность закрепления ϵ_3 заготовок, изготавливаемых горячей объемной штамповкой на кривошипных прессах и молотах, выбирают по таблице (см. табл. 3.26).

В. Расчет припусков при изготовлении деталей методом литья

Определение промежуточных припусков и допусков на заготовку, полученную методом литья, производится так же, как и на штампованные заготовки или на сортовой прокат.

Суммарное значение отклонений при базировании литых заготовок на отверстие

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{\text{деф}}^2 + \rho_{\text{о.с.}}^2}, \quad (3.40)$$

где $\rho_{\text{деф}}$ — величина деформации литой заготовки, мкм; $\rho_{\text{о.с.}}$ — величина отклонения стержня при формовании, мкм.

Деформация литых заготовок

$$\rho_{\text{деф}} = \Delta_{\text{деф.у}} L_3, \quad (3.41)$$

где $\Delta_{\text{деф.у}}$ — величина удельной деформации литых заготовок, мкм/мм; L_3 — общая длина заготовки, мм.

Величину удельной деформации отливок $\Delta_{\text{деф.у}}$ для корпусных деталей принимают 0,7 ... 1,0 мкм/мм, а для деталей типа плит 0,7 ... 3,0 мкм/мм на наибольший размер отливки.

Таблица 3.27

Точность и качество поверхности детали после механической обработки литых заготовок

Способ обработки	Квалитет	Высота неровностей Rz, мкм	Дефектный слой Т, мкм	Способ обработки	Квалитет	Высота неровностей Rz, мкм	Дефектный слой Т, мкм
Литье в оболочковые формы				Литье по выплавляемым моделям и под давлением			
Точение, фрезерование, строгание:				Точение, фрезерование, строгание:			
однократное	11	25	25	однократное	10	15	20
черновое	11	20	20	тонкое	7	—	—
чистовое	10	10	10				
тонкое	7	—	—				
Отливки, полученные в земляные формы				Специальное литье, литье в кокиль и центробежное			
Точение, фрезерование, строгание:				Точение, фрезерование, строгание:			
однократное	12	30	30	однократное	11	25	25
черновое	14	100	100	черновое	12	50	50
получистовое	12	50	50	чистовое	10	20	20
чистовое	10	25	25	тонкое	7	—	—
тонкое	9	—	—				
Шлифование:				Все виды литья			
однократное	7	—	—	Шлифование:			
черновое	9	10	20	однократное	7	—	—
чистовое	6	5	12	черновое	9	10	20
тонкое	5	—	—	чистовое	6	5	15
				тонкое	5	—	—

Таблица 3.28

Точность и качество поверхности
при механической обработке отверстий

Способ обработки	Диаметр отверстия, мм	Квалитет	Высота неровностей Rz, мкм	Дефектный слой Т, мкм
Сверление	3-6	12-14	20	40
	6-10		40	50
	10-18		40	60
	18-50		50	70
Зенкерование:				
черновое	18-30	11-12	50	40
	30-80		50	50
получистовое	До 80	10-11	30	40
чистовое	До 30	9	30	30
	30-80	10		
Растачивание:				
черновое	50-260	12-13	50	50
чистовое	50-260	10	20	25
Развертывание:				
предварительное		9	10	20
окончательное	6-80	7-8	5	10
Шлифование	До 80	7-8	—	—
Протягивание	10-80	8	4	6
Калибрование шариком или оправкой	6-80	7	0,6	—

Величину отклонения стержня при формировании ρ_0 принимают равным допуску на номинальный размер по ГОСТ 1855—55 для отливок из серого чугуна и по ГОСТ 2009—55 для стальных отливок, в зависимости от точности изготовления заготовки.

Суммарное значение отклонений ρ_0 при базировании литых заготовок на плоскую поверхность равно величине деформации $\rho_{\text{деф}}$ литой заготовки.

Точность и качество наружных и внутренних (отверстий) поверхностей детали после механической обработки литых заготовок выбирают по табл. 3.27 и 3.28.

3.3.8. Статистический метод определения припусков

При статистическом (табличном) методе определения промежуточных припусков на обработку поверхностей заготовок пользуются таблицами соответствующих стандартов, нормативными материалами и данными технических справочников.

Статистический метод определения промежуточных припусков сравнительно прост, однако практическое применение его вызывает некоторое затруднение, которое объясняется тем, что

таблицы находятся в разных справочных изданиях, стандартах отраслей и предприятий, различных по содержанию и по системе их построения.

Каждая отрасль машиностроения, разрабатывая стандарты и руководящие технические материалы, учитывает свою специфику производства и производственную оснащенность.

Промежуточные припуски и допуски для каждой операции определяют, начиная от финишной операции к начальной, т.е. в направлении, обратном ходу технологического процесса обработки заготовки.

Пример. Диаметр валика по рабочему чертежу детали $\phi 50h6 (-0,019)$; общая длина вала по чертежу $L_B = 200$ мм; материал детали — сталь 45 ГОСТ 1050—74*; твердость материала по чертежу детали HRC₃ 54 ... 58; шероховатость поверхности детали $Ra = 1,25$ мкм. Определить статистическим методом промежуточные припуски, допуски и предельные размеры заготовки.

Прежде чем выбрать из таблиц необходимые припуски, наметим технологический маршрут обработки заготовки:

Операция 005. Токарная (чистовая обработка)

Операция 010. Токарная (чистовая обработка)

Операция 015. Термическая обработка, HRC₃ 54 ... 58

Операция 020. Бесцентровое шлифование

Согласно рекомендациям, в начале назначают припуски на шлифовальную операцию по нормативным таблицам, учитывая термическую обработку заготовки. Припуск по таблице на шлифовальную операцию 0,5 мм, допуск R6(-0,019). Шероховатость поверхности соответствует рабочему чертежу детали.

При закаливании деталей, изготовленных из сталей, подвергаемых значительным термическим деформациям (например, из стали 45), припуски на операцию шлифования следует увеличить на 0,1 мм. Таким образом, припуск на операцию шлифования составит 0,6 мм с учетом термической обработки.

Следующим этапом определения припуска является чистовая токарная обработка. По таблице на чистовую токарную операцию припуск составит 0,3 мм, допуск h10(-0,14), шероховатость поверхности $Ra = 3,2$ мкм (см. приложение 2).

Для черновой токарной обработки детали припуск на операцию составляет 1,7 мм, допуск h12(-0,35).

После назначения промежуточных припусков на все операции определяем общий припуск на обработку заготовки методом суммирования припусков на каждую операцию:

$$2z_0 = 0,6 + 0,3 + 1,7 = 2,6 \text{ мм.}$$

Определяем минимальный расчетный размер заготовки

$$D_3 = 50 + 2,6 = 52,6 \text{ мм.}$$

При выборе заготовки обычно принимают ближайший по размеру сортовой прокат по стандарту. В данном случае выбираем горячекатаный прокат обычной точности В по ГОСТ 2590—71* диаметром $53^{+1}_{-1,4}$ мм (см. табл. 3.14).

Действительный припуск на обработку, согласно принятому сортаменту проката, составит $2z_d = 53 - 50 = 3$ мм.

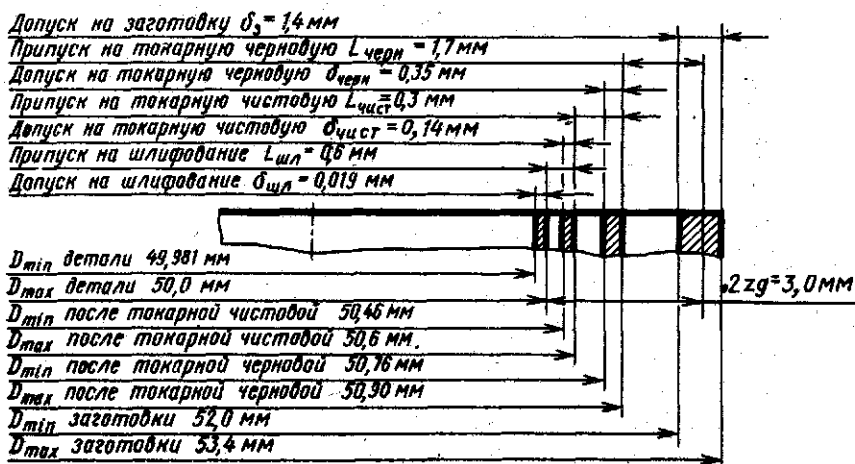


Рис. 3.5. Пример расположения полей допусков и промежуточных размеров для операций

После определения припусков, допусков и промежуточных размеров разрабатывается схема расположения полей припусков, допусков и промежуточных размеров (рис. 3.5).

3.3.9. Выбор технологического оборудования

Выбор станочного оборудования является одной из важнейших задач при разработке технологического процесса механической обработки заготовки. От правильного его выбора зависит производительность изготовления детали, экономное использование производственных площадей, механизации и автоматизации ручного труда, электроэнергии и в итоге себестоимость изделия.

В зависимости от объема выпуска изделий выбирают станки по степени специализации и высокой производительности, а также станки с числовым программным управлением (ЧПУ).

Выбор каждого вида станка должен быть экономически обоснованным. Производится расчет технико-экономического сравнения обработки данной операции на разных станках. При заданном объеме выпуска изделий необходимо принимать ту модель станка, которая обеспечивает наименьшие трудовые и материальные затраты, а также себестоимость обработки заготовки. При выборе необходимо дать краткое описание моделей станков, применяемых в технологическом процессе, указать предпочтение выбранной модели станка по сравнению с другими аналогичными.

Характеризуя выбранные модели станка, можно ограничиться краткой их технической характеристикой. Если выбраны станки специальные, агрегатные и специализированные, то следует описать их принципиальную схему.

При выборе станочного оборудования необходимо учитывать:

- характер производства;
- методы достижения заданной точности при обработке;
- необходимую сменную (или часовую) производительность;
- соответствие станка размерам детали;
- мощность станка;
- удобство управления и обслуживания станка;
- габаритные размеры и стоимость станка;
- возможность оснащения станка высокопроизводительными приспособлениями и средствами механизации и автоматизации;
- кинематические данные станка (подачи, частота вращения и т.д.).

При выборе станочного оборудования необходимо учитывать современные достижения отечественного станкостроения.

3.3.10. Выбор и описание станочных приспособлений

При разработке технологического процесса механической обработки заготовки необходимо правильно выбрать приспособления, которые должны способствовать повышению производительности труда, точности обработки, улучшению условий труда, ликвидации предварительной разметки заготовки и выверки их при установке на станке.

Применение станочных приспособлений и вспомогательных инструментов при обработке заготовок дает ряд преимуществ:

- повышает качество и точность обработки деталей;
- сокращает трудоемкость обработки заготовок за счет резкого уменьшения времени, затрачиваемого на установку, выверку и закрепление;
- расширяет технологические возможности станков;
- создает возможность одновременной обработки нескольких заготовок, закрепленных в общем приспособлении.

Выбор станочного приспособления должен быть основан на анализе затрат на реализацию технологического процесса в установленный промежуток времени при заданном числе заготовок. Правила выбора технологической оснастки (ГОСТ 14.305-73*) предусматривают шесть систем технологической оснастки, которые предназначены для выполнения различных видов работ в зависимости от типа производства.

К системам технологической оснастки относятся системы:

- неразборной специальной оснастки (НСО);
- универсально-наладочные оснастки (УНО);
- универсально-сборной оснастки (УСО);
- сборно-разборной оснастки (СРО);
- универсально-безналадочной оснастки (УБО);
- специализированной наладочной оснастки (СНО).

Принадлежность конструкции технологической оснастки

к системе технологической оснастки определяют правилами ее проектирования и эксплуатации применительно к заданным условиям производственного процесса изготовления изделия.

Для технико-экономического обоснования выбора технологической оснастки ГОСТ 14.305—73* установил ряд статей затрат.

1. Затраты на оснащение технологической операции на анализируемый период производства изделия неразборной оснастки ($P_{\text{ИСО}}$) равны себестоимости оснастки $C_{\text{ИСО}}$.

2. Затраты на оснащение технологической операции на анализируемый период производства изделия универсальной наладочной оснастки или специализированной наладочной ($P_{\text{УНО}}^{\text{СНО}}$) определяют по формуле

$$P_{\text{СНО}}^{\text{УНО}} = C_{\text{н}} + C_{\text{у}} \Pi_{\text{у}} + A_{\text{СНО}}^{\text{УНО}} / \Pi_{\text{о}}, \quad (3.42)$$

где $C_{\text{н}}$ — себестоимость изготовления сменной части (наладки); $C_{\text{у}}$ — затраты на установку наладки; $\Pi_{\text{у}}$ — число установок наладки в анализируемый период (число запусков); $A_{\text{СНО}}^{\text{УНО}}$ — амортизационные отчисления за постоянную часть; $\Pi_{\text{о}}$ — число наладок, закрепленных за постоянной частью (число оснащаемых операций).

3. Затраты на оснащение технологической операции на анализируемый период производства изделия универсально-сборной оснасткой

$$P_{\text{УСО}} = C_{\text{УСО}} \Pi_{\text{с}} + C_{\text{в}}, \quad (3.43)$$

где $C_{\text{УСО}}$ — себестоимость сборки; $\Pi_{\text{с}}$ — число сборок в анализируемый период (число запусков); $C_{\text{в}}$ — затраты за время эксплуатации при использовании оснастки с баз проката.

4. Затраты на оснащение технологической операции на анализируемый период изготовления изделия сборно-разборной оснасткой

$$P_{\text{СРО}} = C_{\text{н}} + C_{\text{СРО}} + A_{\text{СРО}}, \quad (3.44)$$

где $C_{\text{н}}$ — себестоимость изготовления специальных элементов (наладок); $C_{\text{СРО}}$ — себестоимость сборки оснастки; $A_{\text{СРО}}$ — амортизационные отчисления за постоянную часть в анализируемый период времени.

5. Затраты на оснащение технологической операции на анализируемый период производства изделия универсальной безналадочной оснасткой

$$P_{\text{УБО}} = A_{\text{УБО}} / \Pi_{\text{о}}, \quad (3.45)$$

где $A_{\text{УБО}}$ — амортизационные отчисления в анализируемый период; $\Pi_{\text{о}}$ — число оснащаемых операций.

Группа сложности	Число деталей в приспособлении	Стоимость приспособления, руб.
1	5	8,5
2	3—15	10—45
3	10—25	45—95
4	20—40	125—220
5	35—55	300—500
6	50	620

Коэффициент загрузки единицы технологической оснастки

$$K_{з.ос} = T_{шт} N_M / F_o, \quad (3.46)$$

где $T_{шт}$ — штучно-калькуляционное время выполнения технологической операции; N_M — планируемая месячная программа на единицу оснастки (число повторов операций); F_o — располагаемый месячный фонд времени работы оснастки (станка).

В условиях крупносерийного и массового производства следует применять быстродействующие специальные станочные приспособления с пневматическими, гидравлическими и другими приводами зажима в процессе обработки детали.

Стоимость неразборной специальной оснастки зависит от группы сложности (табл. 3.29). Стоимость специального станочного приспособления можно определить ориентировочно по графику (рис. 3.6).

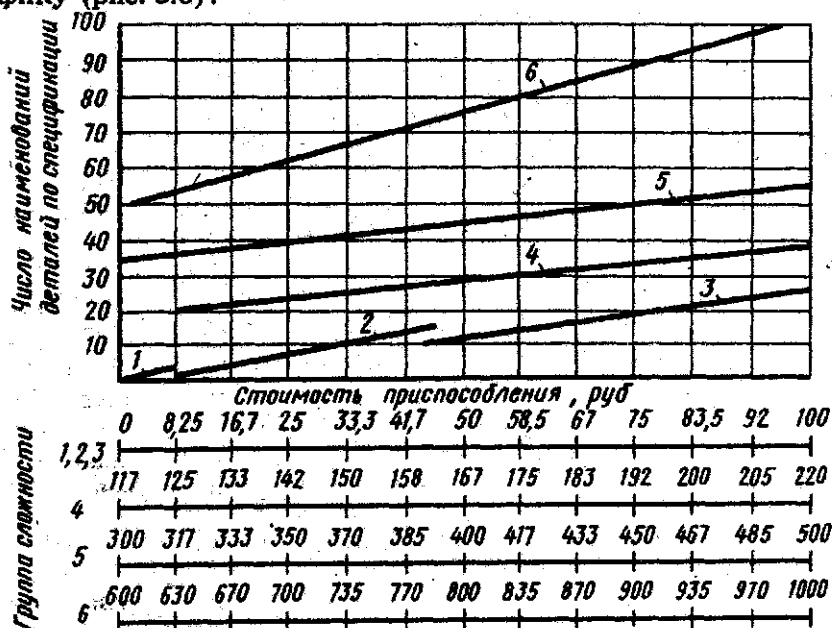


Рис. 3.6. График определения стоимости приспособления

3.3.11. Выбор и описание режущего инструмента

При разработке технологического процесса механической обработки заготовки выбор режущего инструмента, его вида, конструкции и размеров в значительной мере предопределяется методами обработки, свойствами обрабатываемого материала, требуемой точностью обработки и качества обрабатываемой поверхности заготовки.

При выборе режущего инструмента необходимо стремиться принимать стандартный инструмент, но, когда целесообразно, следует применять специальный, комбинированный, фасонный инструмент, позволяющий совмещать обработку нескольких поверхностей.

Правильный выбор режущей части инструмента имеет большое значение для повышения производительности и снижения себестоимости обработки. Для обработки стали рекомендуется применять инструмент, режущая часть которого изготовлена из титановольфрамовых твердых сплавов (Т5К10, Т14К8, Т15К6, Т15К6Т, Т30К4), быстрорежущих инструментальных сталей (Р18, Р9, Р9Ф4, Р14Ф4), вольфрамовых твердых сплавов (ВК2, ВК3М, ВК4, ВК8) и др. Для обработки чугуна, цветных металлов и неметаллических материалов используют инструмент из вольфрамовых твердых сплавов. Выбор материала для режущего инструмента зависит от формы и размеров инструмента, материала обрабатываемой заготовки, режимов резания и типа производства.

Режущий инструмент необходимо выбирать по соответствующим стандартам и справочной литературе в зависимости от методов обработки деталей.

Если технологические особенности детали не ограничивают применения высоких скоростей резания, то следует применять высокопроизводительные конструкции режущего инструмента, оснащенного твердым сплавом, так как практика показала, что это экономически выгодней, чем применение быстрорежущих инструментов. Особенно это распространяется на резцы (кроме фасонных, малой ширины, автоматных), фрезы, зенкеры, конструкции которых оснащены твердым сплавом, хорошо обработаны.

В пояснительной записке необходимо деталь анализ выбранному режущему инструменту на операцию или переход.

В картах технологического процесса обработки заготовки необходимо правильно указывать условные обозначения режущего и вспомогательного инструмента в соответствии с присвоенным ему в стандарте обозначением, например:

сверло с коническим хвостовиком диаметром 20 мм с конусом Морзе 2:

Сверло 20 ГОСТ 2092-77;

сверло диаметром 6 мм, общего назначения, правого исполнения I из твердого сплава ВК8:

Сверло 2309—0067 ВК8 ГОСТ 17275—71;

фреза цилиндрическая тип I, диаметром $D = 80$ мм, длиной $L = 125$ мм, правая;

Фреза 2200—0157 ГОСТ 3752—71;

фреза торцовая $D = 200$ мм со вставными ножами, оснащенными пластинками из твердого сплава ВК8, праворежущая:

Фреза 2214—0159 ГОСТ 9473—80;

фреза червячная для чистовой обработки, однозаходная для цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем, правая с $m = 6$ мм, длина $L = 112$ мм, тип II, класса А;

Фреза червячная правая Т6 × 112А — II ГОСТ 9324—80 Е,

фреза дисковая зуборезная модульная с $m = 3$ и М № 5:

Фреза m3M № 5 ГОСТ 10996—64;

хвостовой прямозубый долбляк с $m = 0,5$ мм, номинальным делительным диаметром 25 мм, класса А, с конусом Морзе 6:

Долбляк хвостовой прямозубый 0,5 × 25А = 16 ГОСТ 10059—80 Е,

дисковый прямозубый дисковый долбляк, тип I, с $m = 2,5$ мм, номинальным делительным диаметром 100 мм, класса А:

Долбляк дисковый прямозубый 2,5 × 100А = 1 ГОСТ 9323—79;

резец строгальный проходной с пластинкой из твердого сплава, тип I, исполнение I, сечением $H \times B = 20 \times 16$ мм, с пластинкой твердого сплава Т15К6:

Резец 2171—0001 Т15К6 ГОСТ 18891—73.

Затраты на металлорежущие инструменты, отнесенные к единице продукции (операции),

$$З_{\text{пр}} = \frac{C_{\text{и}} + C_{\text{п}}}{T_3} 100 T_{\text{шт}}, \quad (3.47)$$

где $C_{\text{и}}$ — первоначальная стоимость инструментов, руб.; $C_{\text{п}}$ — затраты на повторную заточку до полного износа инструментов, руб.; T_3 — общее время эксплуатации инструментов, мин; $T_{\text{шт}}$ — штучное время операции (перехода), мин.

Затраты на повторную заточку инструмента до полного износа

$$C_{\text{п}} = X_{\text{п}} T_{\text{зат}} (З_{\text{зат}}/100), \quad (3.48)$$

где $X_{\text{п}}$ — число повторных заточек до полного износа инструментов; $T_{\text{зат}}$ — нормированное время на одну заточку, мин; $З_{\text{зат}}$ — заработная плата заточника с начислениями по соцстраху за 1 мин, коп.

Затраты на повторную заточку инструментов составляют примерно 30 % его отпускной цены. Техничко-экономические расчеты дают возможность выбрать более точные решения того или другого режущего инструмента.

3.3.12. Выбор и описание измерительных средств

При проектировании технологического процесса механической обработки заготовки для межоперационного и окончатель-

ного контроля обрабатываемых поверхностей необходимо использовать стандартный измерительный инструмент, учитывая тип производства, но вместе с тем, когда целесообразно, следует применять специальный контрольно-измерительный инструмент или контрольно-измерительное приспособление.

Метод контроля должен способствовать повышению производительности труда контролера и станочника, создавать условия для улучшения качества выпускаемой продукции и снижения ее себестоимости. В единичном и серийном производстве обычно применяется универсальный измерительный инструмент (штангенциркуль, штангенглубиномер, микрометр, угломер, индикатор и т.д.).

В массовом и крупносерийном производстве рекомендуется применять предельные калибры (скобы, пробки, шаблоны и т.п.) и методы активного контроля, которые получили широкое распространение во многих отраслях машиностроения.

В пояснительной записке необходимо дать объяснение применяемого метода контроля и краткую техническую характеристику измерительного инструмента или контрольного приспособления на данную технологическую операцию.

Затраты по эксплуатации измерительных инструментов обычно малы и в расчетах экономической эффективности не учитываются.

В операционную карту технологического контроля и в технологическую карту механической обработки необходимо записывать условные обозначения измерительного инструмента в соответствии с присвоенным ему стандартным обозначением, например:

условное обозначение скобы для контроля длины с полем допуска по Н6:

Скоба 8102—0030Н6 ГОСТ 18355—73;

приемной скобы П — ПР:

Скоба 8102—0030Н6 — П — ПР ГОСТ 18355—73;

нормалемер НЦ-1 класса АВ:

Нормалемер НЦ-1-АВ ГОСТ 7760—81.

Специальный контрольно-измерительный инструмент обозначается шифром, установленным учебным заведением.

3.3.13. Установление режимов обработки аналитическим методом

Разработка технологического процесса механической обработки заготовки обычно завершается установлением технологических норм времени для каждой операции. Чтобы добиться оптимальных норм времени на операцию, необходимо в полной мере использовать режущие свойства инструмента и производственные возможности технологического оборудования.

При выборе режимов обработки необходимо придерживаться

определенного порядка, т.е. при назначении и расчете режима обработки учитывают тип и размеры режущего инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки, тип оборудования и его состояние. Следует помнить, что элементы режимов обработки находятся во взаимной функциональной зависимости, устанавливаемой эмпирическими формулами.

При расчете режимов резания сначала устанавливают глубину резания в миллиметрах. Глубину резания назначают по возможности наибольшую, в зависимости от требуемой степени точности и шероховатости обрабатываемой поверхности и технических требований на изготовление детали. После установления глубины резания устанавливается подача станка. Подачу назначают максимально возможную, с учетом погрешности и жесткости технологической системы, мощности привода станка, степени точности и качества обрабатываемой поверхности, по нормативным таблицам и согласовывают с паспортными данными станка. От правильно установленной подачи во многом зависит качество обработки и производительность труда. Для черновых технологических операций назначают максимально допустимую подачу.

После установления глубины резания и подачи определяют скорость резания по империческим формулам с учетом жесткости технологической системы.

Аналитический расчет режимов резания производится с учетом необходимых поправочных коэффициентов на какую-нибудь обрабатываемую поверхность, указанную руководителем проекта.

Расчет режимов резания аналитическим методом должен производиться не более чем на одну-две операции. Для остальных операций технологического процесса механической обработки детали режимы резания определяются по табличным нормативам соответствующей учебной и справочной литературы.

В процессе определения режимов резания необходимо частоту вращения шпинделя станка, подачу или число двойных ходов скорректировать по паспорту станка. В справочной литературе и каталогах на металлорежущие станки обычно указывается минимальная n_{\min} и максимальная n_{\max} частота вращения шпинделя станка, двойных ходов ($n_{\min \text{ дв.ход}}$, $n_{\max \text{ дв.ход}}$) и подача (s_{\max} , s_{\min}), поэтому необходимо производить расчет промежуточных указанных значений.

Максимальную частоту вращения шпинделя станка, максимальное число двойных ходов и подачу определяют по формуле

$$n_{\max} = n_{\min} \varphi^{z_{\text{ст}} - 1}, \quad (3.49)$$

где φ — знаменатель геометрической прогрессии; $z_{\text{ст}}$ — общее число ступеней подач, частоты вращений или двойных ходов станка.

По данной формуле можно определить любую величину

(n_{\max} , n_{\min} , φ и $z_{\text{ст}}$), если известны значения всех остальных. В станкостроении СССР принято семь стандартных значений знаменателей φ (1,06; 1,12; 1,26; 1,41; 1,58; 1,78; 2,00). Стандартные знаменатели φ имеют следующую область применения: $\varphi = 1,06$ — вспомогательное значение; $\varphi = 1,12$ — в автоматах, где требуется более точная настройка на заданный режим работы; $\varphi = 1,26$ и $\varphi = 1,41$ — основные ряды в универсальных станках (токарных, фрезерных, расточных и др.); $\varphi = 1,58$ и $\varphi = 1,78$ — в станках, где время обработки невелико по сравнению с временем холостых ходов; $\varphi = 2,00$ применяется редко и имеет вспомогательное значение.

В станкостроении стандартизованы не только знаменатели прогрессии φ , но и частота вращения шпинделя станка, подача и число двойных ходов.

Значения φ^{z-1} (диапазон регулирования) определяют по формуле:

$$\varphi^{z-1} = n_{\max \text{ ст}} / n_{\min \text{ ст}} \quad (3.50)$$

Значения стандартных знаменателей φ , возведенные в степени, приведены в табл. 3.30. Пользуясь данной таблицей, можно легко определить значение φ на основании заданных характеристик станка $n_{\max \text{ ст}}$, $n_{\min \text{ ст}}$ и $z_{\text{ст}}$.

Частоту вращения шпинделя, подачу или двойные ходы станка определяют следующим образом:

1) определяют ступень регулирования из выражения по принятой модели станка;

2) определяют диапазон регулирования данного станка по формуле (3.50) и в строке таблицы (см. табл. 3.30), соответствующей степени $z_{\text{ст}} - 1$, находим то числовое значение $\varphi^{z_{\text{ст}}-1}$, которое равно или близко вычисленному (в табл. 3.30 указано стандартное значение знаменателя φ);

3) расчетное значение ($n_{\text{расч}}$; $s_{\text{расч}}$; $n_{\text{расч, дв.ход}}$) делим на минимальное значение по паспорту станка ($n_{\min \text{ ст}}$; $s_{\min \text{ ст}}$; $n_{\min \text{ дв.ход}}$) и находим расчетный диапазон данного станка $\varphi^{z-1}_{\text{расч}}$. Для стандартного значения φ выбираем ближайшее меньшее число, соответствующее вычисленному значению $\varphi^{z_{\text{ст}}-1} = n_{\text{расч}} / n_{\min \text{ ст}}$, затем, умножив найденное в таблице значение $\varphi^{z_{\text{ст}}-1}$ на минимальное значение по паспорту станка ($n_{\min \text{ ст}}$, $s_{\min \text{ ст}}$ и т.д.), получим значение, которое соответствует паспорту станка.

Полученные значения округляют до ближайших величин стандартных рядов, например

$$n_{\text{ст.пр}} = n_{\min \text{ ст}} \varphi^5 = 12,5 \cdot 3,16 = 39,5 \text{ об/мин} \approx 40 \text{ об/мин},$$

где $n_{\min \text{ ст}}$ — минимальная частота вращения токарно-винторезного станка 16К20, $n_{\min \text{ ст}} = 12,5 \text{ об/мин}$, $\varphi^5 = 3,16$.

Таблица 3.30

Значение стандартных знаменателей, возведенных в степень

φ	1,06	1,12	1,26	1,41	1,58	1,78	2,00
φ^2	1,12	1,26	1,58	2,00	2,51	3,16	4,00
φ^3	1,19	1,41	2,00	2,82	4,00	5,64	8,00
φ^4	1,26	1,58	2,51	4,00	6,32	10,08	16,00
φ^5	1,34	1,78	3,16	5,64	10,08	17,92	32,00
φ^6	1,41	2,00	4,00	8,00	16,00	32,00	64,00
φ^7	1,50	2,24	5,04	11,28	25,28	56,85	128,00
φ^8	1,58	2,51	6,32	16,00	40,00	104,66	—
φ^9	1,68	2,82	8,00	22,56	64,00	186,29	—
φ^{10}	1,78	3,16	10,08	32,00	101,12	—	—
φ^{11}	1,88	3,55	12,70	45,12	159,77	—	—
φ^{12}	2,00	4,00	16,00	64,00	—	—	—
φ^{13}	2,11	4,48	20,16	90,24	—	—	—
φ^{14}	2,24	5,04	25,28	127,24	—	—	—
φ^{15}	2,37	5,64	32,00	179,41	—	—	—
φ^{16}	2,51	6,32	40,00	—	—	—	—
φ^{17}	2,66	7,12	50,40	—	—	—	—
φ^{18}	2,82	8,00	64,00	—	—	—	—
φ^{19}	2,99	8,96	80,64	—	—	—	—
φ^{20}	3,16	10,08	101,61	—	—	—	—
φ^{21}	3,35	11,28	128,03	—	—	—	—
φ^{22}	3,55	12,70	161,32	—	—	—	—
φ^{23}	3,76	14,24	—	—	—	—	—
φ^{24}	4,00	16,00	—	—	—	—	—
φ^{25}	4,24	17,92	—	—	—	—	—
φ^{26}	4,48	20,16	—	—	—	—	—
φ^{27}	4,75	22,56	—	—	—	—	—
φ^{28}	5,04	25,28	—	—	—	—	—
φ^{29}	5,34	28,48	—	—	—	—	—
φ^{30}	5,64	32,00	—	—	—	—	—
φ^{31}	5,98	35,84	—	—	—	—	—
φ^{32}	6,32	40,00	—	—	—	—	—
φ^{33}	6,70	44,96	—	—	—	—	—
φ^{34}	7,12	50,56	—	—	—	—	—
φ^{35}	7,55	56,80	—	—	—	—	—
φ^{36}	8,00	64,00	—	—	—	—	—
φ^{37}	8,48	71,68	—	—	—	—	—
φ^{38}	8,96	80,28	—	—	—	—	—
φ^{39}	9,50	89,92	—	—	—	—	—
φ^{40}	10,08	100,71	—	—	—	—	—
φ^{41}	10,68	—	—	—	—	—	—
φ^{42}	11,32	—	—	—	—	—	—
φ^{43}	12,00	—	—	—	—	—	—

Пример. Определить частоту вращения шпинделя токарно-винторезного станка 16К20 при известных значениях: $n_{\max \text{ ст}} = 2000 \text{ об/мин}$; $n_{\min \text{ ст}} = 12,5 \text{ об/мин}$; $z_{\text{ст}} = 23$; $n_{\text{расч}} = 715 \text{ об/мин}$.

Определим ступень скорости станка $z_{\text{ст.р}} = 23 - 1 = 22$.

Определим диапазон регулирования φ^{22} по формуле (3.50):

$$\varphi^{22} = n_{\max \text{ ст}} / n_{\min \text{ ст}} = 2000 / 12,5 = 160.$$

По табл. 3.30 находим ближайшее меньшее табличное значение ($\varphi^{22} = 128,03$), что соответствует стандартному знаменателю $\varphi = 1,26$.

Определим диапазон регулирования для расчетной частоты вращения шпинделя станка $n_{расч} = 715 \text{ об/мин}$:

$$\varphi_{расч} = n_{расч}/n_{min ст} = 715/12,5 = 57,2.$$

Находим ближайшее значение (меньшее) диапазона регулирования по табл. 3.30: $\varphi = 2,26$, где $\varphi_{табл} = 50, 40$.

Определим частоту вращения шпинделя станка

$$n_{ст} = n_{min} \varphi_{табл} = 12,5 \cdot 50,4 = 630 \text{ об/мин}.$$

Пример. Определить продольную подачу токарно-винторезного станка 16К20 при $z_{ст} = 42$; $s_T = 0,25 \text{ мм/об}$; $s_{max ст} = 4,16 \text{ мм/об}$; $s_{min ст} = 0,07 \text{ мм/об}$.

Определим ступень подачи станка $z_{ст.р} = 42 - 1 = 41$.

Определим расчетный диапазон регулирования подач станка

$$\varphi_{расч} = s_{max ст}/s_{min ст} = 4,16/0,07 = 59,42.$$

Диапазон регулирования по станку составляет $\varphi = 1,06$.

Определим расчетный диапазон регулирования подач станка

$$\varphi_{расч} = s_{табл}/s_{min ст} = 0,25/0,07 = 3,57.$$

Определим подачу станка

$$s_{ст} = s_{min ст} \varphi_{табл} = 0,07 \cdot 3,35 = 0,2345 = 0,23 \text{ мм/об}.$$

При выборе подачи на черновую обработку необходимо проверить прочность державки резца и пластинки из твердого сплава.

Прочность державки резца проверяют расчетом на изгиб

$$P_z \leq H_p B_p^2 [\sigma_{из}]/6 l_p, \quad (3.51)$$

где P_z — тангенциальная сила резания, Н; H_p — высота державки резца, мм; B_p — ширина державки резца, мм; $[\sigma_{из}]$ — допускаемое напряжение на изгиб, МН/м; l_p — вылет головки резца при закреплении, мм.

Составляющая силы резания

$$P_z = C_p t^{x_p} s^{n_p} K_p, \quad (3.52)$$

где C_p — постоянная для данных условий резания; x_p , n_p — показатели степени; K_p — поправочный коэффициент,

$$K_p = K_{м.р} K_{\gamma_p} K_{\lambda_p} K_{z_p} K_{\varphi_p}, \quad (3.53)$$

где $K_{м.р}$ — поправочный коэффициент, учитывающий влияние механических свойств конструкционных сталей; если механические свойства обрабатываемого материала отличается от приведенных в таблице, то вводится поправочный коэффициент $K_{м.р}$; K_{γ_p} , K_{z_p} , K_{φ_p} — коэффициенты, учитывающие геометрические параметры режущей части резца.

При наружном продольном точении скорость резания

$$v = \frac{C_v}{T^{1/m} (\chi_v \psi_v)}, \quad (3.54)$$

где C_v — постоянная для скорости резания; T — среднее значение

стоикости резца, мин; m , x_v , y_v — показатели степени; K_v — общий поправочный коэффициент на скорость резания,

$$K_v = K_{mv} K_{pv} K_{iv} K_{\varphi v} K_{\varphi 1v} K_{zv} K_{qv}, \quad (3.55)$$

где K_{mv} — качество обрабатываемого материала; K_{pv} — состояние поверхности заготовки; K_{iv} — материал режущей части инструмента; $K_{\varphi v}$; $K_{\varphi 1v}$; K_{zv} ; K_{qv} — параметры инструмента.

Качество обрабатываемого материала определяется по формулам в зависимости от материала режущей части инструмента и обрабатываемого материала. Значения указанных коэффициентов приведены в учебной и справочной технической литературе.

Ширина прямоугольного сечения державки резца при условии, что $H_p = 1,6 B_p$

$$B_p = \sqrt[3]{(P_z l_p 6) / (2,56 \sigma_n)}, \quad (3.56)$$

где σ_n — напряжение на изгиб, Н/м.

Диаметр резца круглого сечения

$$d_p = \sqrt[3]{(32 P_z l_p) / \pi \sigma_n}. \quad (3.57)$$

После расчета сечений резца принимаются размеры по государственным стандартам на токарные резцы с ближайшими размерами по сечению и дополнительно производится проверка прочности и жесткости державки резца по формулам:

при максимальной нагрузке прочность резца

$$P_{z \text{ доп}} = (B_p H_p^2 \sigma_n) / 6 l_p; \quad (3.58)$$

при максимальной нагрузке допускаемая жесткость резца

$$P_{z \text{ жест}} = (f 3EI) / l_p^3, \quad (3.59)$$

где f — допускаемая стрела прогиба резца, мм (при предварительном точении $f = 0,1$ мм; при чистовом $f = 0,05$ мм). E — модуль упругости материала державки резца, Н/м (для углеродистых конструкционных сталей $E = 200\,000 - 220\,000$ Н/м; I — момент инерции (для прямоугольного сечения державки резца $I = B_p H_p^3 / 12$, а для круглого $I = 0,05 d_p^4$; d_p — диаметр державки резца).

Учитывая расчетные данные, корректируется подача по паспорту принятого станка.

Частота вращения шпинделя станка

$$n_p = (1000 v 60) / \pi D, \quad (3.60)$$

ее значение корректируют по паспорту данного станка.

После установления частоты вращения шпинделя станка определяют действительную скорость резания

$$v_d = (\pi D n_{ст}) / (60 \cdot 1000). \quad (3.61)$$

Мощность (кВт), затрачивая на процесс резания,

$$N_{рез} = P_z v_d \cdot 10^{-3}. \quad (3.62)$$

Следует проверить достаточность мощности привода станка, выполнения условия $N_{\text{рез}} \leq N_{\text{шп}}$. Мощность на шпинделе станка

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{рез}} / \eta. \quad (3.63)$$

В зависимости от методов обработки расчет параметров режимов резания может изменяться.

Методика расчетов режимов резания при многоинструментальных работах на токарных многошпиндельных и многорезцовых автоматах и полуавтоматах, сверлильных фрезерных и других металлорежущих станках имеет ряд отличий от расчетов одноинструментальной обработки.

Рекомендуется использовать методику расчетов режимов резания при многоинструментальных работах (справочник нормировщика-машиностроителя). Назначение режимов резания при многоинструментальной обработке ведут по лимитирующему (наиболее нагруженному) инструменту.

При расчете режимов резания на все виды работ прежде всего следует установить исходные данные, необходимые для расчета. К исходным данным можно отнести требования технологического процесса на изготовление детали, схемы обработки (наладки), технологической оснастки и станочного оборудования.

Основными особенностями расчета режимов резания при многоинструментальных наладках является согласование работы отдельных позиций, шпинделей, суппортов, а также отдельных инструментов между собой. При точении на одношпиндельных многорезцовых станках является общая для всех инструментов одного суппорта подача на оборот и общая частота вращения детали; при работе на многошпиндельных станках — время обработки, а при обработке многошпиндельными сверлильными головками — единая минутная подача.

При многоинструментальной обработке на одношпиндельных станках рекомендуется производить расчет режимов резания в такой последовательности.

1. Рассчитывают длину рабочего хода каждого суппорта станка

$$L_{\text{р.х}} = L_{\text{рез}} + l_1 + l_2 + l_3 + l_{\text{доп}}, \quad (3.64)$$

где $L_{\text{рез}}$ — длина резания, мм; l_1 — длина подвода режущего инструмента к обрабатываемой поверхности детали, мм; l_2 — длина врезания инструмента, мм; l_3 — длина перебега режущего инструмента, мм; $l_{\text{доп}}$ — дополнительная длина хода инструмента, вызванная, в отдельных случаях, особенностями наладки и конструкции обрабатываемых заготовок, мм.

Длину подвода инструмента, врезания, перебега инструмента выбирают по табл. 3.31; 3.32; 3.33; 3.34; 3.35 или рассчитывают исходя из конкретных условий обработки заготовки, где необходимо учитывать конструкцию режущего инструмента, геометрию режущей части, припуск на обработку, форму и размеры обрабатываемой заготовки и другие факторы.


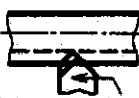
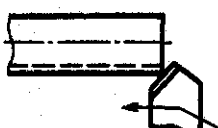
Таблица 3. 31

Длина подвода и перебега инструмента

Заготовка	$l_1 + l_2$, мм, при точении	
	на проход	до упора
Предварительно обработанная и прокат	4	2
Поковка, отливка	6	3

Таблица 3. 32

Длина врезания l_2 режущего инструмента при точении

Эскиз метода обработки	Угол в плане φ , °	l_2 , мм, при глубине резания t , мм					
		1	2	3	4	5	6
	45	1	2	3	4	5	6
	60	1	2	2	3	3	4
	70 — 75	1	1	1	1	2	2
	45 — 90	2	4	6	8	10	12
	45	1	2	2	3	4	4
	60	1	1	2	2	3	3
	70 — 75	1	1	1	1	2	2

Длину подвода режущего инструмента l_1 к обрабатываемой поверхности заготовки для инструментов продольных суппортов одношпиндельных автоматов принимают равной 1,0...1,5 мм, для многошпиндельных 1,5 ... 2,0 мм, а для поперечных суппортов 0,5 ... 1,0 мм.

Перебег режущего инструмента, который учитывается по условиям обработки, принимают равным длине подвода инструмента. Длину подвода и перебега режущего инструмента при точении выбирают по нормативным таблицам (табл. 3.32).

Длину врезания назначают по нормативным табл. 3.33—3.35, рассчитывают по формулам в зависимости от конструктивных элементов режущего инструмента или методов обработки.

2. Назначают подачу суппорта на оборот шпинделя, мм/об; определяют рекомендуемую подачу по таблицам; уточняют подачу по паспортным данным станка.

3. Определяют стойкость режущего инструмента T_p , мин.

Длина врезания и перебега $l_2 + l_3$ при фрезеровании, мм

Ширина фрезерования	Диаметр торцовых и концевых фрез, работающих симметричным методом															
	До 20	32	40	50	80	100	120	160	180	200	250	280	300	320	360	
16	6	5	5	5	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
20	7	6	6	5	5	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
25	—	10	7	7	6	6	6	6	6	—	—	—	—	—	—	
32	—	—	10	9	7	7	7	6	6	6	—	—	—	—	—	
40	—	—	—	14	10	8	8	8	7	7	—	—	—	—	—	
60	—	—	—	—	20	14	12	12	10	10	9	—	—	—	—	
80	—	—	—	—	—	24	20	17	15	14	13	12	11	11	—	
100	—	—	—	—	—	54	30	26	21	18	16	15	15	14	13	
120	—	—	—	—	—	—	49	35	29	25	22	20	18	17	16	
140	—	—	—	—	—	—	—	71	49	34	30	24	22	21	19	
160	—	—	—	—	—	—	—	—	56	45	39	34	29	27	25	
180	—	—	—	—	—	—	—	—	—	61	50	39	36	33	31	
200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	105	60	48	44	40	37	
220	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	92	60	54	48	45	

Продолжение табл. 3.33

Продолжение табл. 3.33

Глубина фрезерования t	Диаметр дисковых, прорезных, цилиндрических и фасонных фрез														
	до 16	25	32	40	50	60	70	80	90	100	110	120	140	150	180
1	5	7	9	9	11	12	12	13	14	14	15	16	17	18	19
2	6	9	11	12	14	15	16	17	18	18	19	21	22	23	24
3	7	10	12	14	16	17	18	19	20	21	22	24	26	28	28
4	7	11	13	15	18	19	21	22	23	24	25	27	29	30	32
5	7	12	14	16	19	21	22	24	25	26	27	29	31	32	35
6	—	12	15	17	20	22	24	25	27	28	29	31	34	35	37

8	—	13	16	19	22	25	26	29	30	31	34	35	37	39	42
10	—	—	18	21	24	27	28	31	32	34	37	38	41	43	46
12	—	—	—	—	26	28	30	33	35	37	40	41	44	46	50
14	—	—	—	—	—	—	—	32	35	37	42	44	47	49	53
16	—	—	—	—	—	—	—	34	37	39	41	45	48	50	56
18	—	—	—	—	—	—	—	—	38	41	43	47	48	52	59
20	—	—	—	—	—	—	—	—	42	45	48	50	54	56	61

Таблица 3.34

Длина подвода, врезания и перебега режущего инструмента при сверлении, зенкерованиях, развертывании и нарезании резьбы, мм

Метод обработки деталей	Длина подвода, врезания и перебега инструмента диаметром D														
	2,5	6	10	16	20	25	32	40	50	60	80				
Обработка сквозных отверстий сверлами:															
с нормальной заточкой	2,0	3	5	6	8	10	12	15	—	—	—				
с двойной заточкой	—	—	6	8	10	15	15	18	—	—	—				
Сверление глухих отверстий	1,5	2	4	6	7	9	11	14	—	—	—				
Зенкерование отверстий:															
сквозных	—	—	—	3	4	5	5	6	6	8	8				
глухих	—	—	—	2	2	2	2	3	3	4	4				
Обработка сквозных отверстий развертками с углом заборного конуса:															
15° (обработка стали)	—	8	10	12	14	16	18	20	24	26	28				
5° (обработка чугуна)	—	10	12	15	17	20	22	25	28	32	34				
Развертки глухих отверстий	—	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5				

Таблица 3.35

Длина подвода, врезания и перебега инструмента при зубофрезеровании и шлищефрезеровании цилиндрических колес червячными фрезами

Параметры фрезы, мм		Длина подвода, врезания и перебега инструмента, мм, при угле наклона зуба к оси колеса β ,				
D	m	0	20	25	30	35
50	1	12	14	16	18	20
	2,5	14	16	18	21	25
90	2	22	24	26	29	32
	3	27	29	31	35	40
110	4	33	35	37	41	45
	5	37	39	41	45	50
130	6	43	45	47	51	55

Стойкость режущего инструмента, по которой рассчитывают скорость резания,

$$T_p = T_m \lambda_v, \quad (3.65)$$

где T_m — стойкость режущего инструмента машинной работы станка (см. табл. 3.36), мин; для многоинструментальных работ T_m относится к лимитирующим по стойкости режущим инструментам наладки; λ_v — коэффициент времени резания.

Коэффициент времени резания λ_v равен отношению числа оборотов шпинделя станка за время резания к числу оборотов шпинделя за время хода суппорта станка на рабочей подаче

$$\lambda_v = n_{в.р} / T_{в.х.с}, \quad (3.66)$$

где $n_{в.р}$ — частота вращения шпинделя станка за время резания, об/мин; $T_{в.х.с}$ — время хода суппорта станка на рабочей подаче, мин.

Частота вращения шпинделя станка за время резания

$$n_{в.р} = L_{рез} / s_o. \quad (3.67)$$

При работе одним суппортом коэффициент времени резания

$$\lambda_v = L_{рез} / L_{р.х}. \quad (3.68)$$

Когда $\lambda_v > 0,7$, можно, не рассчитывая стойкости режущего инструмента наладки, принимать $T_p \approx T_m$. Значения T_p для обработки деталей из сталей твердосплавными режущими инструментами принимать не более 300 мин.

Стойкость инструмента машинной работы одношпиндельных станков при многоинструментной наладке и многошпиндельных станков для наладок со средней равномерностью загрузки инструментов определяют по табл. 3.36.

4. Определение скорости резания v (м/с) и частоты вращения шпинделя станка $n_{шп}$ (об/мин).

Методика расчета скорости резания и частоты вращения

Таблица 3.36

Стойкость режущего инструмента T_m машинной работы станка

Группа наладки	Характеристика	Стойкость T_m при числе инструментов в наладке станка, мин								
		1	3	5	8	10	15	20	20	20

1. С равномерной загрузкой
инструментовДиаметры детали отличаются не
более чем в 1,2 раза; число фасочных
и подрезных резцов не более 20 % от
общего числа инструментов наладки

50 150 200 300 350 400 — —

2. Средние по равномерности
загрузкиВсе наладки, не относящиеся к 1-й
и 3-й группам

— 100 140 200 230 260 300 350

3. С большой разницей в загруз-
ке инструментовДиаметры детали отличаются более
чем в 2 раза; число других малозагру-
женных инструментов свыше 50 % от
общего числа инструментов наладки

— 70 90 110 130 150 170 180

шпинделя станка остается та же, что и для одноинструментальной обработки.

Стойкость токарно-копировального резца

$$T_{p,k} = T_m K_{н.з} \quad (3.69)$$

где $K_{н.з}$ — коэффициент, учитывающий неравномерность загрузки (интенсивности изнашивания) резца за время рабочего хода,

$$K_{н.з} = \frac{1}{L_{p,x}} \sum_{i=1}^n L_i K_{di} K_{si} K_{ti} \quad (3.70)$$

где 1, ..., i ..., n — ступени; d_1 ..., d_i ..., d_n ... — диаметр ступеней; L_1 ..., L_i ..., L_n — длины ступеней; s_1 ..., s_i ..., s_n — подачи; t_1 ..., t_i ..., t_n ... — глубина резания.

Индекс "1" следует присваивать той ступени, в которой изнашивание режущего инструмента будет наибольшим (как правило, ступени наибольшего диаметра), поэтому необходимо определять стойкость инструмента для этой ступени, а затем рассчитывать скорость резания и частоту вращения шпинделя станка.

Коэффициенты K_{di} , K_{si} , K_{ti} выбирают в зависимости от соотношений d_i/d_1 , s_i/s_1 и t_i/t_1 для каждой из ступеней:

		Коэффициент K_{di}									
d_i/d_1 ...	До 0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
K_{di} ...	0,07	0,15	0,25	0,4	0,6	1,0	2,0	3,5	4,5	9,0	10

		Коэффициенты K_{si} и K_{ti}									
s_i/s_1 ; t_i/t_1 ...	0,20	0,40	0,70	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0
K_{si} ...	0,07	0,22	0,55	1,0	1,3	1,7	2,0	2,7	3,0	4,5	6,0
K_{ti} ...	0,20	0,40	0,70	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0

Расчеты режимов резания многоинструментной обработки на токарно-копировальных станках с постоянной частотой вращения шпинделя за время рабочего цикла и меняющей частотой вращения шпинделя, многошпиндельных полуавтоматов последовательного и непрерывного действия и других станках более подробно описаны в учебной и справочной литературе [17, 18].

3.3.14. Определение режимов резания статистическим методом

При определении режимов резания статистическим (табличным) методом пользуют нормативные таблицы в зависимости от выбранного типа производства и установленного вида обработки заготовки. Табличный метод определения режимов резания сравнительно прост. Определение режимов резания табличным методом широко применяют в производственных условиях, так как этот метод дает возможность ускорить разработку технологических процессов и сократить сроки подготовки к запуску изготовления данного изделия.

Таблица 3.37

Подача, допускаемая прочностью пластинки из твердого сплава, при обработке заготовок из конструкционной стали

Толщина пластинки, мм	Подача (мм/об) при глубине резания, мм			
	4	7	13	22
4	1,3	1,1	0,9	0,8
6	2,6	2,2	1,8	1,5
8	4,2	3,6	3,0	2,5
10	6,1	5,1	4,2	3,6

Примечания: 1. Поправочный коэффициент 1,2 при $\sigma_B = 480 \dots 640$ Н/мм²; 1,0 при $\sigma_B = 650 \dots 870$ Н/мм² и 0,85 при $\sigma_B = 870 \dots 1170$ Н/мм².
 2. Поправочный коэффициент 1,4 при $\varphi = 30^\circ$; 1,0 при $\varphi = 45^\circ$; 0,6 при $\varphi = 60^\circ$ и 0,4 при $\varphi = 90^\circ$, где φ — главный угол реза в плане.
 3. Поправочный коэффициент 1,6 при обработке чугуна.

Определение режимов резания статистическим методом ведут следующим образом.

1. Устанавливают глубину резания на обрабатываемую поверхность. При черновой обработке следует назначать наибольшую глубину резания, равную всему межоперационному припуску на обработку, если это позволяют жесткости крепления заготовки режущего инструмента, а также жесткости и мощности выбранного станка. При чистовой обработке глубину резания следует назначать исходя из степени точности и качества обрабатываемой поверхности в пределах 0,5 ... 2,0 мм на диаметр при шероховатости поверхности $Ra = 4$ мкм и $Ra = 2,5 \dots 1,25$ мкм в пределах 0,1 ... 0,4 мм.

Глубина резания при сверлении составляет $t = 0,5 D$, при рассверливаниях, зенкерованиях, развертываниях и растачиваниях $t = 0,5 (D - d)$, где d и D — диаметры до обработки и после ее.

2. Устанавливают подачи станка исходя из прочности державки и пластинки из твердого сплава, жесткости станка и характера установки заготовки. При чистовой обработке поверхности детали величина подачи зависит от технологических факторов (точности и качества обработки поверхности). Для резцов с пластинками из твердого сплава выбранную подачу необходимо согласовать по прочности пластинки по табличным нормативам (табл. 3.37).

Вспомогательное время T_B состоит из времени на установку и снятия детали; времени, связанного с переходом (установки инструмента по лимбу, упору, разметке; предварительного промера; взятия пробной стружки и др.); времени, связанного с переходом на приемы, не вошедшие в комплексы (изменения частоты вращения шпинделя станка, изменения подачи, поворота резцовой головки и др.); вспомогательного времени на контрольные измерения, которые устанавливают по нормативным

таблицам в зависимости от точности измерения, размеров измеряемых поверхностей с учетом коэффициента периодичности.

Вспомогательное время на технологическую операцию

$$T_{\text{в}} = (T_{\text{уст}} + \Sigma T_{\text{пер}} + \Sigma T_{\text{пер.к}} + \Sigma T_{\text{изм}}) K_{t_{\text{в}}}, \quad (3.71)$$

где $T_{\text{уст}}$ — вспомогательное время на установку и снятие детали, мин; $T_{\text{пер}}$ — вспомогательное время, связанное с переходом, мин; $T_{\text{пер.к}}$ — вспомогательное время, связанное с переходом на приемы, не вошедшие в комплексы, мин; $T_{\text{изм}}$ — вспомогательное время на контрольные измерения, мин; $K_{t_{\text{в}}}$ — поправочный коэффициент на вспомогательное время в зависимости от размера партии обрабатываемых изделий (табл. 3.38).

Время на техническое обслуживание рабочего места, затрачиваемое на установку, снятие и замену затупившихся режущих инструментов, на заправку шлифовальных кругов, смазывание и подналадку станка, уборку стружки в процессе работы и т. д.

$$T_{\text{т.о}} = (T_{\text{о}} + T_{\text{в}}) (a_{\text{т.о}}/100), \quad (3.72)$$

где $a_{\text{т.о}}$ — время на техническое обслуживание рабочего места в процентах к оперативному времени, которое выбирается по нормативным таблицам в зависимости от типа производства.

Время на отдых и физические потребности

$$T_{\text{о.п}} = (T_{\text{о}} + T_{\text{в}}) (a_{\text{о.п}}/100), \quad (3.73)$$

где $a_{\text{о.п}}$ — время на отдых и физические потребности (в %) к оперативному времени, которое выбирают по нормативным таблицам.

В серийном и единичном производстве за техническую норму времени принимается штучно-калькуляционное время

$$T_{\text{ш.к}} = T_{\text{ш}} + (T_{\text{пз}}/n_{\text{д}}), \quad (3.74)$$

где $T_{\text{пз}}$ — подготовительно-заключительное время, затрачиваемое на подготовку и наладку станка для обработки данной партии деталей, получение необходимой технологической оснастки, документации, а также на сдачу обработанных деталей, документации и оснастки; $n_{\text{д}}$ — число обрабатываемых деталей в партии.

Таблица 3.38

Среднее значение поправочных коэффициентов

Оперативное время, мин	Число деталей в партии									
	Коэффициент $K_{t_{\text{в}}}$									
	16	25	40	63	100	160	250	400	630	
1	—	—	1,23	1,15	1,07	1,00	0,93	0,87	0,81	
4	1,23	1,15	1,07	1,00	0,93	0,87	0,81	0,76	—	
8	1,15	1,07	1,00	0,93	0,87	0,81	0,76	—	—	
30 и более	1,00	0,93	0,87	0,81	0,76	0,71	—	—	—	

При фрезеровании различают подачу на один зуб фрезы s_z и подачу на один оборот фрезы s_o , мм/об: $s_o = s_z z$ и подачу за одну минуту (минутная подача), которую определяют по формуле

$$s_m = s_z z n_d, \quad (3.75)$$

где z — число зубьев фрезы.

Минутная подача корректируется по паспортным данным станка и далее определяется действительная подача на зуб. При шлифовании различают две подачи — поперечную (глубина резания) и продольную. Продольная подача задается в долях ширины круга s_d на один оборот заготовки:

$$s_{ш} = s_d B_{кр}, \quad (3.76)$$

где $B_{кр}$ — ширина шлифовального круга, мм.

Доля ширины шлифовального круга для черновой обработки $s_d = 0,3 \div 0,5$ при диаметре заготовки до 20 мм; при $D_{заг} = 20$ мм $s_d = 0,7 \div 0,85$; для чистовой обработки $s_d = 0,2 \div 0,4$.

Продольная подача на шлифование назначается после выбора скорости вращения заготовки. Выбранные подачи по таблицам необходимо согласовывать с паспортными данными станочного оборудования.

3. Определяют скорость резания. Скорость резания устанавливается по табличным нормативам для определенных условий работы, и если конкретные условия отличаются от данных таблицы, тогда скорость резания, взятая из таблицы, умножается на поправочные коэффициенты. После установления скорости резания по табличным нормативам определяют частоту вращения шпинделя станка и уточняют ее по паспорту станка. Обычно принимают ближайшее меньшее значение станка, однако допускается принимать ближайшее большее число частоты вращения шпинделя станка, если оно превышает не более чем на 10 % по паспорту станка.

После установления частоты вращения шпинделя по паспорту станка определяют действительную скорость резания по формуле (3.61).

4. Проверяют режимы резания по мощности станка. Потребная мощность для резания, взятая из нормативных таблиц, не должна превышать фактической мощности электродвигателя станка. Однако, учитывая кратковременность нагрузки, допускается перегрузка на 30 ... 50 %. При недостаточной мощности привода станка рекомендуется уменьшать скорость резания, а не подачу или глубину резания, так как одинаковое изменение указанных параметров, обеспечит большее повышение стойкости режущего инструмента.

5. Определяют технические нормы времени на технологи-

ческий переход или операцию на основе расчета режимов резания и возможностей режущего инструмента, технологической оснастки и станочного оборудования.

3.3.15. Расчет технической нормы времени

Техническая норма времени на обработку заготовки является одной из основных параметров для расчета стоимости изготавливаемой детали, числа производственного оборудования, заработной платы рабочих и планирования производства.

Техническую норму времени определяют на основе технических возможностей технологической оснастки, режущего инструмента, станочного оборудования и правильной организации рабочего места.

Норма времени является одним из основных факторов для оценки совершенства технологического процесса и выбора наиболее прогрессивного варианта обработки заготовки.

В крупносерийном и массовом производстве общая норма времени (мин) на механическую обработку одной заготовки

$$T_{ш} = T_o + T_{в} + T_{т.о} + T_{от}, \quad (3.77)$$

где T_o — технологическое (основное) время, мин; $T_{в}$ — вспомогательное время, мин; $T_{т.о}$ — время на обслуживание рабочего места, мин; $T_{от}$ — время на отдых и естественные потребности, мин (табл. 3.39).

Технологическое время для многих видов обработки

$$T_o = L_{р.х} i / (n_{ст} s_{ст}), \quad (3.78)$$

где $L_{р.х}$ — расчетная длина рабочего хода режущего инструмента, т.е. путь, проходимый режущим инструментом в направлении подачи, мм; i — число рабочих ходов режущего инструмента; $n_{ст}$ — частота вращения шпинделя станка, принятая по паспорту станка, об/мин; $s_{ст}$ — подача по паспортным данным станка, мм/об.

Расчетную длину рабочего хода режущего инструмента определяют по формуле (3.65). Вспомогательное время на обработку заготовки $T_{в}$ зависит от степени механизации, массы заготовки и других элементов, выполняемых на данной операции. Вспомогательное время на контрольные измерения выбирают в зависимости от точности измерения и вида измерительного инструмента по табл. 3.40.

Вспомогательное время определяют по нормативным таблицам. Оно зависит от выбранной технологической оснастки, методов обработки и станочного оборудования.

Таблица 3.39

Время на техническое и организационное обслуживание,
а также физические потребности при различных видах обработки

Станок	Основные параметры станка, мм	Т.о. от ос- новного времени, %	Т.ф.о. от опе- ративного времени, %	Суммарное время (Т.ф.п. + + Т.о.об. + + Т.ор. от опе- ративного времени, %
Токарный с вы- сотой центров	200	2,5	1,4	4,6
	300	3,0	1,5	5,0
	400	3,5	1,6	5,3
	500	3,5	1,7	5,4
Токарно-кару- сельный с диамет- ром стола	1000	3,0	1,4	4,9
	1500	3,0	1,5	5,0
	2000	3,5	1,6	5,3
	3000	3,5	1,7	5,4
Револьверный с диаметром отвер- стия шпинделя	22	2,5	1,5	4,7
	60	3,0	1,6	5,1
	110	3,5	1,7	5,4
Расточной с диа- метром шпинделя	80	3,0	1,7	5,2
	110	3,0	1,9	5,4
	150	3,5	2,0	5,7
Вертикально- сверлильный с диа- метром обрабаты- ваемого отверстия	35	1,0	1,0	3,5
	55	1,0	1,1	3,6
	60	1,5	1,2	4,0
Радиально-свер- лильный с диамет- ром обрабатывае- мого отверстия	35	1,0	1,2	3,7
	55	1,0	1,4	3,9
	80	1,5	1,5	4,2
Поперечно-стро- гальный с длиной хода ползуна, мм	500	1,5	1,2	4,0
	800	2,0	1,5	4,5
Долбежный с длиной хода ползу- на, мм	300	1,5	1,2	4,0
	500	2,0	1,5	4,5
Горизонтально-и вертикально-фре- зерный с длиной стола, мм	1000	1,5	1,2	4,0
	1500	2,0	1,4	4,4
	2000	2,5	1,5	4,7
Продольно-фре- зерный с длиной стола, мм	1500	2,0	1,5	4,5
	2500	2,5	1,7	5,0
	4000	3,0	2,1	5,6

Станок	Основные параметры станка, мм	Т _{т.о} от ос- новного времени, %	Т _{ф.о} от опе- ративного времени, %	Суммарное время (Т _{ф.п} + + Т _{т.об} + + Т _{ор} от опе- ративного времени, %
Круглошлифо- вальный с высотой центров, мм	200	6,0	1,7	6,7
	300	7,0	2,2	7,7
Внутришлифо- вальный с диамет- ром шлифуемого отверстия, мм	200	6,0	2,2	2,7
	400	7,0	2,7	8,2
Плоскошлифо- вальный, работаю- щий торцом круга, с длиной стола, мм	1000	2,0	1,7	4,7
	1500	2,5	1,9	5,1
	2500	3,0	2,2	5,7
Протяжной	—	2,0	1,4	4,4
Зуборезный	—	3,0	1,7	5,2
Центровочный	—	2,0	1,2	4,2
Болторезный	—	2,0	1,2	4,2
Дисковый	—	1,5	1,2	4,0

Таблица 3.40

Вспомогательное время на контрольные измерения

Измерительный инструмент	Точность измерения	Измеряе- мый раз- мер, мм	Длина измеряемой поверхности, мм			
			50	100	200	500
			Время, мин			
Штангенцир- куль	0,1 мм	50	0,10	0,13	0,16	0,21
		100	0,13	0,16	0,19	0,24
		200	0,16	0,17	0,21	0,25
Скоба одно- сторонняя предельная	11—12	50	0,05	0,06	0,08	0,15
	квалитеты 7—9	100	0,07	0,08	0,10	0,16
	квалитеты	50	0,09	0,10	0,13	0,16
Калибр-пробка гладкая двусто- ронняя	11—12	25	0,07	0,09	0,13	—
	квалитеты	50	0,09	0,11	0,15	—
	7—9	25	0,11	0,14	0,20	—
	квалитеты	50	0,13	0,16	0,22	—

Пример. Определить норму штучного времени на черновую зубофрезерную операцию.

Исходные данные.

Деталь — косозубое цилиндрическое колесо. Материал детали — сталь 45 ГОСТ 1050—74^{**}, $\sigma_B = 600$ Н/мм. Масса детали 6 кг. Оборудование — зуборезный станок 5Е32. Приспособление — оправка. Охлаждение — масло. Модуль зуба $m = 4$ мм. Число зубьев зубчатого колеса $z = 40$. Ширина венца зубчатого колеса $B_B = 40$ мм, $\beta_d = 30^\circ$.

Содержание операции.

1. Установить, закрепить, раскрепить и снять четыре заготовки.

2. Фрезеровать зубья $m = 4$ мм, $z = 40$ шт.

Р е ш е н и е . 1. Выбираем червячную модульную фрезу с наружным диаметром $D_H = 100$ мм, с модулем $m = 4$ мм по ГОСТ 9224—74^{*} Е. Червячная фреза двузаходная, класса точности С. Направление подъема витка фрезы и зуба нарезаемого колеса одноименное. Материал режущей части червячной фрезы из стали Р18 ГОСТ 19255—73^{*}. Стойкость фрезы $T_{ст} = 480$ мин.

2. Нарезание зубьев зубчатого колеса производим за один рабочий ход. Глубина резания $t_r = 9$ мм.

3. Подачу для двузаходной червячной фрезы выбираем по нормативным таблицам: $a_{табл} = 1,2 \div 1,4$ мм/об. Корректируем величину подачи, учитывая поправочный коэффициент на твердость материала стали 45 ГОСТ 1050—74^{**} ($K_M = 0,9$) и угол наклона зубьев и витков ($K_B = 0,8$):

$$a_{расч} = a_{табл} K_M K_B = 1,4 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 1,008 \text{ мм/об.}$$

Принимаем по паспорту станка $a_{ст} = 1$ мм/об.

4. Выбираем скорость резания по табличным нормативам: $v_{табл} = 0,7$ м/с. Корректируем скорость резания с учетом поправочных коэффициентов на сталь 45, HB 170 ... 207, где $K_{mv} = 0,8$ и $K_B = 0,9$.

Определяем расчетную скорость резания по формуле

$$v_{расч} = a_{табл} K_{mv} K_B = 0,7 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 0,5 \text{ м/с.}$$

5. Определяем частоту вращения червячной фрезы

$$n_{ф.расч} = \frac{v_{расч} \cdot 1000 \cdot 60}{\pi D_H} = \frac{0,5 \cdot 1000 \cdot 60}{3,14 \cdot 100} = 95,8 \text{ об/мин.}$$

Устанавливаем частоту вращения фрезы по паспорту станка, где $n_{ст} = 100$ об/мин.

6. Действительную скорость резания определяем по формуле

$$v_d = \pi D_H n_{ст} / (1000 \cdot 60) = 3,14 \cdot 100 \cdot 100 / (1000 \cdot 60) = 0,52 \text{ м/с.}$$

7. Длину рабочего хода инструмента в процессе обработки определяем по формуле

$$L_{p.x} = (L_{расч} + l_1 + l_2 + l_3) z = (160 + 2 + 37,2 + 2) 40 = 8048 \text{ мм.}$$

$L_{расч} = 40$ мм (принимаем по чертежу детали) $l_1 = 2$ мм; $l_3 = 2$ мм.

Величину врезания l_2 определяем по формуле

$$l_2 = (1,1 - 1,3) \sqrt{h(D_H - h)} = 1,3 \sqrt{9(100 - 9)} = 37,2 \text{ мм,}$$

где h — глубина впадины зуба, мм, $h = t$.

$$h = 2,25m = 2,25 \cdot 4 = 9 \text{ мм.}$$

В связи с одновременной обработкой четырех зубчатых колес необходимо увеличить $L_{расч}$ в 4 раза ($L_{расч} = 40 \cdot 4 = 160$ мм).

8. Основное (технологическое) время на обработку зубьев четырехзубчатых колес определяем по формуле

$$T_0 = \frac{L_{p.x}}{a_{ст} n_{ст} K_{зах}} = \frac{8048}{1 \cdot 100 \cdot 2} = 40,24 \text{ мин.}$$

На одно нарезаемое зубчатое колесо основное время составит

$$T_o = 40,24/4 = 10,06 \text{ мин.}$$

9. Вспомогательное время на операцию T_v определяют по нормативным таблицам. Вспомогательное время на установку детали на оправку с массой до 5 кг $T_{уст} = 0,7$ мин. Добавочное вспомогательное время на каждую последующую установку детали $T_{доб}$ на оправку составит $T_{доб} = 0,26$ мин.

Время на контрольные измерения в норму вспомогательного времени не включается, так как перекрывается основным временем.

10. Время на обслуживание рабочего места для зуборезных работ определяется (в %) от основного времени, где $a_{т.о} = 3$ %:

$$T_{т.о} = T_o a_{т.о} / 100 = 10,06 \cdot 3 / 100 = 0,3 \text{ мин.}$$

11. Время на отдых и естественные надобности рабочего определяют (в %) от оперативного времени, где $a_{оп} = 1,7$ %.

$$T_{оп} = \frac{(T_o + T_v) a_{оп}}{100} = \frac{(10,06 + 0,96) 1,7}{100} = 0,2 \text{ мин.}$$

12. Штучное время на изготовление одной детали составит

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{т.о} + T_{оп} = 10,06 + 0,96 + 0,3 + 0,2 = 12,52 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время для массового производства не определяется.

3.3.16. Техничко-экономическое сравнение вариантов обработки операции

Для технико-экономического сравнения вариантов необходимо подобрать ранее разработанные операции. Для сравнения двух операций необходимо использовать более прогрессивное оборудование, станочное приспособление, режущий и измерительный инструмент. По каждому варианту операции должна быть определена технологическая себестоимость и произведено сравнение.

Сравнению подлежат одинаковые объемы работ, т.е. обработка одних и тех же поверхностей, но различными методами.

Технологическая себестоимость обработки заготовки складывается из следующих затрат:

стоимости материалов заготовки;

основной и дополнительной заработной платы производственных рабочих с начислением по соцстраху;

затрат на силовую электроэнергию;

затрат на инструмент и приспособления;

амортизационных отчислений от балансовой стоимости оборудования;

затрат по содержанию технологического оборудования;

затрат на текущий ремонт технологического оборудования.

Расчет себестоимости операции при выборе варианта обработки может быть осуществлен методом прямого распределения затрат (методом калькулирования) или нормативным методом.

Часовая тарифная ставка

Условия труда	Разряды					
	1	2	3	4	5	6
Для рабочих предприятий машиностроения (кроме станочников)						
Нормальные:						
для сдельщиков	44,7	48,7	53,9	59,6	67,0	76,7
для повременщиков	41,8	45,5	50,3	55,7	62,7	71,7
Тяжелые и вредные:						
для сдельщиков	50,3	54,8	60,6	67,0	75,4	86,3
для повременщиков	47,1	51,2	56,6	62,7	70,5	80,7
Особотяжелые и вредные:						
для сдельщиков	55,7	60,6	67,0	74,2	83,5	95,5
для повременщиков	52,1	56,6	62,7	69,3	78,0	89,3
Для рабочих, занятых на обработке на металлообрабатывающих станках						
Нормальные:						
для сдельщиков	50,3	54,8	60,6	67,0	75,4	86,3
для повременщиков	47,1	51,2	56,6	62,7	70,5	80,7
Вредные:						
для сдельщиков	53,0	58,6	63,7	70,5	79,4	90,4
для повременщиков	49,5	53,9	59,8	65,9	74,2	84,9

Затраты по всем статьям технологической себестоимости обработки заготовки на операцию определяют прямым калькулированием:

$$C_{\text{оп}} = Z_{\text{оп}} + Z_{\text{с}} + Z_{\text{и.р}} + Z_{\text{пр}} + A_{\text{ст}} + O_{\text{с.о}} + P_{\text{о}}, \quad (3.79)$$

где $Z_{\text{оп}}$ — заработная плата рабочего за выполнение одной операции, коп.; $Z_{\text{с}}$ — затраты на электроэнергию, коп.; $Z_{\text{и.р}}$ — затраты на режущий инструмент, коп.; $Z_{\text{пр}}$ — затраты на станочные приспособления, коп.; $A_{\text{ст}}$ — амортизационные отчисления от балансовой стоимости оборудования, коп.; $O_{\text{с.о}}$ — затраты по содержанию оборудования, коп.; $P_{\text{о}}$ — затраты на текущий ремонт оборудования, коп.

Стоимость материалов и полуфабрикатов учитывают при сравнительной оценке эффективности технологической операции, где предусматриваются разные нормы расхода материалов или разные методы получения заготовки.

Заработную плату станочники определяют по трудоемкости обработки на одной операции:

$$Z_{\text{оп}} = T_{\text{ш}} T_{\text{з}}, \quad (3.80)$$

где $T_{\text{з}}$ — тарифная ставка заработной платы соответствующего разряда работы, коп. (табл. 3.41).

Затраты на силовую электроэнергию включают расходы,

связанные с эксплуатацией станка. Величина этих затрат, отнесенная к обработке одной заготовки на данной операции,

$$\Xi = \frac{N_{\text{ст}} \eta_{\text{м}} T_0}{60 \eta_{\text{с}} \eta_{\text{ст}}} C_3, \quad (3.81)$$

где $N_{\text{ст}}$ — установленная мощность электродвигателей станка, кВт; $\eta_{\text{м}}$ — коэффициент загрузки электродвигателей станка по мощности (в зависимости от режима резания металла $\eta_{\text{м}} = 0,5 - 0,9$); T_0 — основное (технологическое) время на данную операцию, мин; $\eta_{\text{с}}$ — коэффициент, учитывающий потери в сети, $\eta_{\text{с}} = 0,96$; $\eta_{\text{ст}}$ — коэффициент полезного действия (КПД) электродвигателей, $\eta_{\text{ст}} = 0,90 \div 0,95$; C_3 — цена 1 кВт·ч электроэнергии, коп. (ориентировочно 10 — 15 коп, в зависимости от источника электроснабжения).

Затраты по эксплуатации измерительных инструментов обычно малы, поэтому при расчетах их можно не учитывать.

Затраты на металлорежущие инструменты, отнесенные к операции,

$$Z_{\text{и.р}} = \frac{C_{\text{и}} + C_{\text{п}}}{T_3} 100 T_{\text{ш}}, \quad (3.82)$$

где $C_{\text{и}}$ — первоначальная стоимость инструментов, руб; $C_{\text{п}}$ — затраты на повторную заточку до полного износа режущих инструментов, руб; T_3 — общее время эксплуатации режущих инструментов, мин; $T_{\text{ш}}$ — штучное время на операцию, мин.

Затраты на повторную заточку режущего инструмента

$$C_{\text{п}} = \Pi_{\text{и}} T_{\text{зат}} Z_{\text{зат}} / 100, \quad (3.83)$$

где $\Pi_{\text{и}}$ — число повторных заточек до полного износа режущих инструментов; $T_{\text{зат}}$ — нормированное время на одну заточку в мин; $Z_{\text{зат}}$ — заработная плата заточника за одну минуту с начислениями по соцстраху, коп.

Стоимость универсального режущего инструмента принимают по прейскуранту оптовых цен, а специальных режущих инструментов — по плановой цене предприятия-изготовителя.

Затраты на повторную заточку режущих инструментов составляют примерно 30 % его отпускной стоимости. Затраты на режущий инструмент можно определить за единицу его работы (табл. 3.42).

Затраты на приспособления и специальную оснастку металлорежущих станков

$$Z_{\text{пр}} = \frac{C_0 K_{\text{зат}}}{\Phi_0} 100, \quad (3.84)$$

где C_0 — общая стоимость приспособления или оснастки по фактической или плановой оценке, руб.; $K_{\text{зат}}$ — коэффициент увеличения стоимости за счет затрат на текущий ремонт станоч-

Таблица 3.42

Стоимость (за единицу времени) режущего инструмента, коп.

Наименование инструмента	Стоимость работы		Коэффициент удорожания специального инструмента
	за 1 мин	за 1 ч	
Резцы:			
быстрорежущие	0,055	3,3	1,2
твердосплавные	0,113	6,8	1,5
зубострогальные	0,078	4,7	2,5
Сверла спиральные	0,128	7,7	1,5
Зенкеры	0,162	9,7	2,0
Развертки	0,180	10,8	3,0
Метчики	0,155	9,3	2,0
Фрезы:			
цилиндрические	0,162	9,7	2,5
торцовые	0,140	8,4	2,0
дисковые	0,142	8,5	2,0
шпоночные	0,056	3,4	1,5
червячные	0,165	9,9	3,0
резбовые	0,242	14,5	3,0
Протяжки:			
шпоночные	0,225	13,5	1,5
круглые	0,476	28,6	2,0
шлицевые	0,905	54,3	2,5
Круги шлифовальные:			
для наружного шлифования	0,114	6,8	—
для внутреннего шлифования	0,065	3,9	—
для плоского шлифования	0,070	4,2	—
для бесцентрового шлифования	0,340	20,4	—

ных приспособлений; Φ_0 — фонд времени оборудования, станко-минуты. Стоимость оснастки погашается обычно в течение 2 лет ($\Phi_0 = 429\,000$ мин).

При выполнении курсовых проектов можно пользоваться формулой (3.83) для определения затрат на изготовление станочных приспособлений.

Стоимость работы приспособления за единицу времени (коп.) можно определить по табл. 3.43.

Затраты на амортизированные отчисления на единицу изделия

$$A_{\text{ст}} = (C_6 N_{\text{отч}}) / 100 N, \quad (3.85)$$

где C_6 — первоначальная стоимость оборудования, руб.; $N_{\text{отч}}$ — норма амортизированных отчислений, %;

Цену станочного оборудования принимают по прейскуранту оптовых цен.

Затраты по содержанию станочного оборудования, приходящегося на единицу обработанной продукции,

$$З_{\text{об}} = C_{\text{об}} / N, \quad (3.86)$$

где $C_{\text{об}}$ — затраты на содержание станочного оборудования.

Таблица 3.43

Стоимость работы приспособления за единицу времени

Группа сложности	Виды приспособлений и их характеристика	Стоимость работы, коп	
		за 1 мин	за 1 ч
1	Накладные кондукторы малые. Оправки шлицевые, УСП	0,015	0,9
2	Накладные кондукторы большие. Скальчатые кондукторы. Оправки разжимные, планшайбы. Буксы шаровые для протяжных станков	0,023	1,4
3	Кондукторы универсальные. Приспособления с фиксацией по отверстиям, фрезерные многоместные. Патроны двух- и четырехкулачковые. Люнеты. Борштанги	0,046	2,8
4	Кондукторы поворотные, многосторонние. Кондукторы под многошпиндельное сверление. Кондукторы расточные двух- и трехсторонние. Столы делительные и круглые. Столы фрезерные поворотные. Столы магнитные. Патроны цапговые, электромагнитные	0,112	6,7
5	Кондукторы и приспособления поворотные. Кондукторы расточные с вращающимися втулками. Головки многошпиндельные. Пневматические, гидравлические приспособления	0,322	19,3
6	Транспортирующие устройства	0,234	14,0

Затраты на содержание станочного оборудования зависят от его сложности и времени работы. В сумму этих расходов включают затраты на материал (смазочные, обтирочные, охлаждающие жидкости, ремни и т.п.), необходимый при эксплуатации оборудования, и заработную плату рабочих.

Затраты на текущий ремонт оборудования в среднем достигают 10 %, а по отдельным видам оборудования 30—40 % его балансовой стоимости. Их определяют по нормативам единой системы ППР.

3.3.17. Методика разработки операционного технологического процесса механической обработки

Разработка технологического процесса механической обработки является одной из основных задач курсового проекта, от которой зависят многие технико-экономические показатели по обеспечению качества и снижения себестоимости выпускаемой продукции. Каждый разрабатываемый технологический процесс должен обеспечить быструю подготовку производства по выпуску определенного изделия с самыми минимальными трудовыми и материальными затратами.

Разработку технологического процесса необходимо вести

с учетом типа производства и конкретных условий предприятия. Операционное описание содержания технологической операции следует применять в серийном и массовом производстве, а также в мелкосерийном и единичном производстве для станков с ЧПУ.

В содержании технологической операции необходимо указывать все элементы операции, выполняемые в технологической последовательности по обработке изделия. При записи содержания операции допускается полная или сокращенная форма записи. При наличии графических изображений, которые достаточно полно отражают всю необходимую информацию по обработке заготовки, следует использовать сокращенную запись, например: "Сверлить 4 отв. $d = 12^{+0,1}$ согласно чертежу".

Полную запись следует выполнять при отсутствии графических изображений.

Порядок формирования записи содержания перехода условно выражается в виде следующего кода:

- 1) ключевое слово (зенкеровать, нарезать и т.д.);
- 2) наименование предметов производства, обрабатываемых поверхностей, конструктивных элементов (выточка, буртик, зуб и т.д.);
- 3) условное обозначение размеров и конструктивных элементов ($d = \dots$; $l = \dots$; $r = \dots$; $R = \dots$; $B = \dots$).

В записи операции или технологического перехода не рекомендуется указывать шероховатость обрабатываемых поверхностей.

Допускаются в текстовой записи информации сокращения слов и словосочетаний в соответствии с ГОСТ 3.1702 — 79*. Дополнительная информация при записи операций и переходов выбирается разработчиком документов по ГОСТ 3.1702 — 79*.

Запись информации и оформление документов следует выполнять в соответствии с классификатором технологических операций в машиностроении и приспособлении.

Для обработки резанием установлены коды 41 и 42.

Обработка резанием — код 41:

4101 — агрегатная; 4102 — автоматически-линейная; 4103 — программно-комбинированная; 4104 — балансировочная; 4105 — опилочная; 4106 — гайконарезная; 4107 — болтонарезная; 4108 — резьбонарезная; 4110 — токарная; 4111 — токарно-револьверная; 4112 — автоматная токарная; 4113 — токарно-карусельная; 4114 — токарно-винторезная; 4115 — лоботокарная; 4116 — токарно-затыловочная; 4117 — токарно-капировальная; 4118 — специальная токарная; 4120 — сверлильная; 4121 — вертикально-сверлильная; 4122 — горизонтально-сверлильная; 4123 — радиально-сверлильная; 4124 — центровальная; 4130 — шлифовальная; 4131 — круглошлифовальная; 4132 — внутришлифовальная; 4133 — плоскошлифовальная;

4134 — бесцентрово-шлифовальная; 4135 — резьбошлифовальная; 4136 — координатно-шлифовальная; 4137 — обдирочно-шлифовальная; 4138 — ленточно-шлифовальная; 4139 — шлифовально-затыловочная; 4141 — заточная; 4142 — специальная шлифовальная; 4150 — зубообрабатывающая; 4151 — зубошлифовальная; 4152 — зубодолбежная; 4153 — зубофрезерная; 4154 — зубострогальная; 4155 — зубопротяжная; 4156 — зубозакругляющая; 4157 — зубошевинговальная; 4158 — зубопритирочная; 4159 — зубоприрабатывающая; 4161 — зубообкатывающая; 4162 — специальная зубообрабатывающая; 4170 — строгальная; 4171 — продольно-строгальная; 4172 — поперечно-строгальная; 4175 — долбежная; 4180 — протяжная; 4181 — горизонтально-протяжная; 4182 — вертикально-протяжная; 4190 — отделочная; 4191 — полировальная; 4192 — хонинговальная; 4193 — суперфинишная; 4194 — доводочная; 4195 — притирочная; 4196 — виброабразивная; 4197 — шабровочная;

Обработка резанием — код 42:

4220 — расточная; 4221 — горизонтально-расточная; 4222 — вертикально-расточная; 4223 — координатно-расточная; 4224 — алмазно-расточная; 4260 — фрезерная; 4261 — вертикально-фрезерная; 4262 — горизонтально-фрезерная; 4263 — продольно-фрезерная; 4264 — карусельно-фрезерная; 4265 — барабанно-фрезерная; 4266 — универсально-фрезерная; 4267 — копировально-фрезерная; 4268 — гравировально-фрезерная; 4269 — фрезерно-центровальная; 4272 — специальная фрезерная; 4280 — отрезная; 4281 — ножовочно-отрезная; 4282 — ленточно-отрезная.

3.4. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.4.1. Расчет и проектирование станочного приспособления

Станочные приспособления расширяют технологические возможности металлорежущего оборудования, повышают производительность обработки заготовок, облегчают условия труда рабочих и повышают культуру производства на предприятии.

В процессе проектирования станочного приспособления необходимо соблюдать правила выбора баз, стабильного взаимного положения заготовки и режущего инструмента при обработке, удобную установку, контроль и снятие детали, свободное удаление стружки, удобство управления станком и приспособлением, а также условия, обеспечивающие безопасность работы и обслуживания данного приспособления.

При проектировании станочного приспособления следует произвести расчет погрешности базирования в зависимости от способа установки заготовки по общепринятым формулам.

При разработке конструкции станочного приспособления необходимо стремиться к уменьшению времени на установку и съём обрабатываемой детали, к повышению режимов реза-

ния и к одновременному обрабатыванию нескольких заготовок в одной операции.

В начале проектирования приспособления необходимо разработать принципиальную схему базирования и закрепления детали, определить число заготовок, подлежащих одновременной обработке, а потом произвести общую компоновку приспособления и всех его элементов.

Исходными данными для проектирования станочного приспособления являются:

- рабочий чертеж заготовки и готовой детали;
- технологический процесс на предшествующую и выполняемую операции с технологическими эскизами;
- годовой объем выпуска деталей;
- альбомы типовых конструкций приспособлений;
- паспортные данные станков (размеров стола, шпинделей, межцентровых расстояний, размеров и расположения крепежных пазов и отверстий и т.д.).

В зависимости от объема выпуска изделий выбирают конструкцию и привод зажима заготовки, а также быстроизнашиваемые детали приспособления. Необходимо определить тип и размер установочных элементов, их число и взаимное положение и увязать это с требуемой точностью обработки заготовки на данной операции, а также рассчитать силу зажима и на ее основании выбрать тип зажимного устройства.

При выборе основных и вспомогательных элементов приспособления следует использовать стандартные конструкции изделий. Разработку специального станочного приспособления для обработки заготовок производят в следующем порядке:

- изучают рабочие чертежи заготовки и готовой детали;
- изучают принципиальную схему базирования и закрепления заготовки;
- изучают операционный технологический эскиз механической обработки заготовки;
- конструктивно оформляют элементы приспособления и его общую компоновку с необходимыми проекциями, разрезами и отдельными видами;
- разрабатывают технические требования на изготовление станочного приспособления;
- составляют спецификацию на спроектированное приспособление согласно сборочному чертежу и присваивают шифры на специальные разрабатываемые детали приспособления.

Разработку общего вида (сборочной единицы) приспособления начинают с нанесения на лист выбранного формата контуров обрабатываемой детали в необходимом количестве проекций на таком расстоянии, чтобы оставалось достаточно места для размещения на проекциях всех элементов (деталей) приспособления, размеров и позиций.

При проектировании приспособлений для промежуточных

операций вычерчивают те контуры детали, которые выполняли на предыдущей операции, в установленном масштабе, а для первой операции — контуры рабочего чертежа заготовки. Общие виды проекций приспособления следует вычерчивать в масштабе 1:1, за исключением очень мелких или больших конструкций приспособлений.

В процессе проектирования приспособления сначала вычерчивают установочные элементы приспособления, затем элементы зажимных и вспомогательных устройств и определяют контуры приспособления. В заключение устанавливают форму и размеры приспособления.

На сборочном чертеже приспособления указывают необходимые размеры, которые обеспечивают точность расположения элементов приспособления, справочные размеры (монтажные, установочные и др.). На свободном поле чертежа над штампом основной надписи размещают технические требования на изготовление станочного приспособления.

На сборочном чертеже приспособления все составные части (сборочные единицы и детали) нумеруют. Номера позиций располагают параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группируют в колонку или строчку по возможности на одной линии. На листе сборочного чертежа приспособления допускается помещать в правом верхнем углу операционный эскиз.

В процессе проектирования станочного приспособления необходимо выполнять требования Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и государственных стандартов на все элементы проектируемого приспособления.

При проектировании приспособлений необходимо использовать стандартизованные и унифицированные элементы приспособлений, что позволит сократить цикл подготовки производства и снизить себестоимость изготовления оснастки на 20—30 %. После разработки сборочного чертежа приспособления производится детализовка. Рабочие чертежи приспособления разрабатывают только на специальные детали. В курсовом проекте разработку деталей приспособления не производят из-за большого объема работ.

При проектировании станочного приспособления необходимо особое внимание уделить выбору зажимных устройств и расчету силы зажима обрабатываемых заготовок. Сила зажима должна обеспечить надежное закрепление заготовок в приспособлении и не допускать сдвига, поворота или вибраций заготовки при обработке.

Величину сил зажима определяют в зависимости от сил резания и их моментов, действующих в процессе обработки.

Силу зажима заготовки в приспособлении определяют с учетом метода обработки, состояния обрабатываемого материала, системы СПИД (станок—приспособление—инструмент—деталь)

Таблица 3.44

Коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки

Метод обработки	Компоненты сил резания	K_1	Обрабатываемый материал
Сверление	Крутящий момент	1,15	Чугун
	Осевая сила	1,10	
Предварительное (по корке)	Крутящий момент	1,30	Чугун (износ по задней поверхности 1,5 мм)
Зенкерование чистовое	Осевая сила	1,20	
	Крутящий момент и осевая сила	1,20	Чугун (износ по задней поверхности 0,7—0,8 мм)
Точение предварительное и растачивание	P_z	1,00	Сталь
		1,00	Чугун
	P_y	1,40	Сталь
		1,20	Чугун
	P_x	1,60	Сталь
Чистовое и растачивание		1,25	Чугун
	P_z	1,00	Сталь
		1,05	Чугун
	P_y	1,05	Сталь
		1,40	Чугун
	P_x	1,00	Сталь
		1,30	Чугун
Фрезерование: цилиндрическое предварительное и чистовое торцовое предварительное и чистовое	Окружная сила	1,6—1,8	Вязкая сталь
		1,2—1,4	Твердая сталь и чугун
	Тангенциальная сила	1,6—1,8	Вязкая сталь
		1,2—1,4	Твердая сталь и чугун
Шлифование	Окружная сила	1,15—1,20	Чугун и сталь

и других факторов. Чтобы обеспечить надежность зажима обрабатываемой заготовки, применяют коэффициент запаса, которые зависят от состояния поверхности заготовки в процессе ее обработки, процесса затупления режущего инструмента и других факторов, которые возникают в процессе обработки.

Коэффициент запаса

$$K_{\text{зип}} = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6, \quad (3.86)$$

где K_0 — постоянный коэффициент запаса при всех случаях обработки, $K_0 = 1,5$; K_1 — коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки — обработанная или необработанная (табл. 3.44); K_2 — коэффициент, учитывающий увеличение силы резания при затуплении режущего инструмента; K_3 — коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при обработке прерывистых поверхностей на детали; K_4 — коэффициент, учитывающий постоянство силы зажима, развиваемой приводом

Коэффициенты запаса $K_2 - K_6$

Коэффициенты	Условия работы, учитываемые коэффициентом	Значение коэффициента	Примечание
K_2	Изменение величины припуска черновых заготовок	1,0	Для чистовой и отделочной обработки
		1,2	Для черновой обработки
K_3	Увеличение сил резания при прерывистом резании	1,2	При точении
K_4	Род привода	1,0	Для пневматических, гидравлических и других приводов
		1,3	Для ручных зажимов
K_5	Расположение рукоятки для ручных зажимных устройств	1,0	Расположение рукоятки: с малым диапазоном угла ее отклонения;
		1,2	с большим диапазоном угла ее отклонения (более 90°)
K_6	Наличие моментов, стремящихся повернуть заготовку на опорах	1,0	Установка на опоры с ограниченной поверхностью контакта (штыри и др.)
		1,5	Установка на пластины и другие элементы с большей поверхностью

приспособления; K_5 — коэффициент, учитывающий удобное расположение рукоятки для ручных зажимных устройств; K_6 — коэффициент, учитываемый при наличии моментов, стремящихся повернуть обрабатываемую деталь вокруг ее оси.

Коэффициенты запаса $K_2 - K_6$ выбирают по табл. 3.45.

Величину необходимых сил зажима следует рассчитывать с наибольшей точностью. При завышенном ее значении увеличивается стоимость изготовления приспособления за счет металлоемкости и расхода сжатого воздуха, а заниженные значения сил не обеспечивают надежного зажима заготовки.

Силу зажима рассчитывают в зависимости от действия на заготовку сил резания и конструкции установочных и зажимных устройств по формулам соответствующей учебной и справочной технической литературы. При определении силы резания необходимо учитывать установленные нормативные коэффициенты трения.

А. Расчет винтовых зажимов

Винтовые зажимы являются наиболее простыми универсальными устройствами для станочных приспособлений. Они широко применяются в единичном и серийном типах производства. Недостатками винтовых зажимов являются медленность действия, большие потери на трение и непостоянство зажимной силы.

Крутящий момент, приложенный к гайке или головке винта,

$$M_{кр} = Q_{рук} L_{рук}, \quad (3.87)$$

где $Q_{рук}$ — сила, приложенная на конце рукоятки или гаечному ключу, Н, $Q_{рук} = 140 \dots 200$ Н; $L_{рук}$ — длина рукоятки ключа, ($L_{рук} \approx 14D_p$, где D_p — номинальный наружный диаметр резьбы), мм.

Номинальные диаметры метричной резьбы выбирают в зависимости от силы зажима обрабатываемой заготовки:

Диаметр резьбы D_p , мм	4	5	6	8	10
Допускаемая сила зажима W_B , Н	500	750	1000	2000	3000
Диаметр резьбы D_p , мм	12	16	20		24
Допускаемая сила зажима W_B , Н	4500	8000	12 000		17 000

При конструировании зажимных элементов приспособления необходимо определять силу зажима обрабатываемой заготовки.

Сила зажима

$$W_B = M_{кр} / [r_{ср} \operatorname{tg}(\alpha_n + \varphi_T)] + K_\Phi f_T, \quad (3.88)$$

где $r_{ср}$ — средний радиус резьбы, мм (устанавливается по таблицам); α_n — угол подъема витка резьбы (у стандартных метрических резьб с крупным шагом $\alpha_n = 2^\circ 30'$); φ_T — угол трения в разбавном соединении (для метрических резьб $\varphi_T = 6^\circ 34'$); K_Φ — коэффициент, зависящий от формы и размеров поверхности соприкосновения зажимного элемента с зажимной поверхностью (рис. 3.7); для винта со сферическим опорным торцом $K_\Phi = 0$ с плоским опорным торцом (рис. 3.7, а, б)

$$K_\Phi = 0,6 f_T r_T, \quad (3.89)$$

где f_T — коэффициент трения на торце винта или гайки, $f_T = 0,1 \dots 0,15$; r_T — радиус опорного торца винта, мм ($r_T = 0,40 d_{вн}$ резьбы).

Коэффициент K_Φ для винта со сферическим опорным торцом, соприкасающимся с конусным углублением (рис. 3.7, в)

$$K_\Phi = r_c f_T \operatorname{ctg} \beta / 2, \quad (3.90)$$

где r_c — радиус сферы опорного торца винта, мм; β — угол при вершине конусного углубления ($\beta = 120^\circ$).

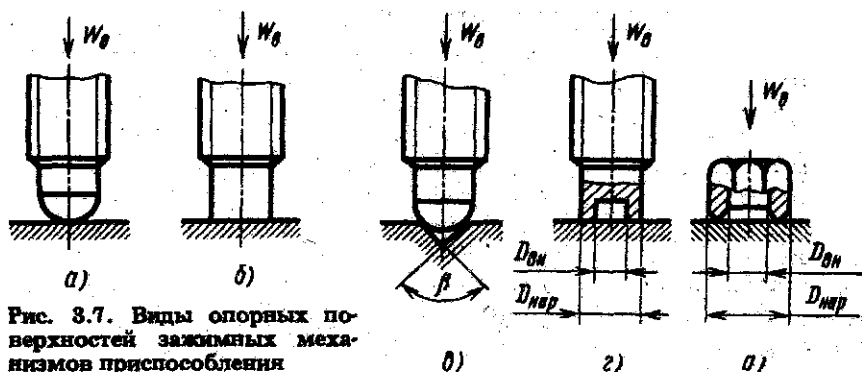


Рис. 3.7. Виды опорных поверхностей зажимных механизмов приспособления

Коэффициент K_Φ для винта с кольцевым опорным торцом или гайкой (рис. 3.7, 2, d)

$$K_\Phi = 0,33f_T (D_{нар}^3 - D_{вн}^3) / (D_{нар}^2 - D_{вн}^2), \quad (3.91)$$

где $D_{нар}$ и $D_{вн}$ — наружный и внутренний диаметры опорного кольцевого торца винта или гайки, мм.

Если принять $f_T = 0,15$, то для основной метрической резьбы можно с достаточной точностью определить силу зажима

$$W_B = M_{кр} / (0,1 D_{нар.p} + 0,15 K_\Phi). \quad (3.92)$$

где $D_{нар.p}$ — наружный диаметр резьбы, мм.

Наружный диаметр винта в зависимости от требуемой силы зажима и допускаемого напряжения винта на растяжение

$$D_{нар} = \sqrt{W_B / 0,5 [\sigma]_p}, \quad (3.93)$$

где $[\sigma]_p$ — допускаемое напряжение на временное сопротивление материала винта при переменной нагрузке, Н/м, $[\sigma]_p = 58 \dots 98$ Н/м.

Пример. Определить силу зажима W_B , создаваемую винтом М20 со сферическим опорным торцом при действии на плоскость. Сила, прилагаемая к рукоятке ключа, $Q_p = 140$ Н.

Решение. Определим крутящий момент, приложенный к головке винта,

$$M_{кр} = Q_p L_p = 140 \cdot 280 = 39200 \text{ Н}.$$

Длину рукоятки ключа определим из отношения $L_p = 14D$ резьбы. Силу, приложенную к рукоятке ключа, принимаем $Q_p = 140$ Н.

$$L_p = 14 \cdot 20 = 280 \text{ мм}.$$

Сила зажима, создаваемая винтом,

$$W_B = \frac{M_{кр}}{[r_{cp} \operatorname{tg}(\alpha_n + \varphi_T)] + K_\Phi f_T} = \frac{39200}{[9,19 \cdot \operatorname{tg}(2^\circ 30' + 6^\circ 34')] + 0 \cdot 0,15} = 24332 \text{ Н}.$$

Устанавливаем средний радиус резьбы винта по справочным таблицам на типы резьб, $r_{cp} = 9,19$ мм. Угол подъема витка для метрических резьб составляет $\alpha_n = 2^\circ 30'$. Угол трения в резьбовом соединении принимаем $\varphi_T = 6^\circ 34'$.

Коэффициент, зависящий от формы поверхности соприкосновения зажимного элемента с зажимной поверхностью, принимаем $f_{\phi} = 0$ (для сферической поверхности). Коэффициент трения на торце винта принимаем $f_t = 0,15$.

Б. Расчет эксцентриковых зажимов

Эксцентриковые зажимные устройства являются быстродействующими и широко применяются в крупносерийном и массовом производствах при небольших силах зажима (рис. 3.8). Для определения основных размеров конструкции эксцентрика необходимо иметь: допуск на базовую поверхность обрабатываемой детали в процессе ее установки; угол поворота эксцентрика β_n от начального положения; силу, приложенную на конце рукоятки $Q_{рук}$, и длину рукоятки $L_{рук}$.

Сила зажима, развиваемая эксцентриком,

$$W_{зж} = \frac{Q_{рук} L_{рук}}{e \sin \beta_n + f_{т.п} \left(\frac{D}{2} - e \cos \beta_n \right) + f_{т.о} r_o}, \quad (3.94)$$

где $Q_{рук}$ — сила, приложенная на рукоятке эксцентрика, Н; e — эксцентриситет, мм; $f_{т.п}$ — коэффициент трения на поверхности эксцентрика; $f_{т.о}$ — коэффициент трения на поверхности оси, $f_{т.о} = 0,12 \dots 0,15$; r_o — радиус оси, мм.

Ход эксцентрика

$$l_x = e(1 - \cos \beta_n). \quad (3.95)$$

Наиболее удобный для рабочего угол поворота $\beta_n = 90^\circ \dots 120^\circ$. Ход эксцентрика можно определить по соотношению $l_x = 1,5e$. Наружный диаметр эксцентрика определяют из условия $D \geq 20e$, а радиус оси r_o выбирают в зависимости от ширины рабочей части эксцентрика по конструктивным соображениям или рассчитывают по формуле.

Самоторможение эксцентрикового зажима должно соответствовать условию $D/e \geq 14$, где отношение D/e является характеристикой эксцентрика.

Все расчетные параметры круглого эксцентрика необходимо принимать с учетом ГОСТ 9061-68*, где $D_{зж} = 32 \dots 70$ мм, $e = 1,7 \dots 3,5$ мм.

Пример. Определить конструктивные элементы круглого эксцентрика для зажима заготовки по размерам рабочего чертежа и рассчитать силу зажима обрабатываемой заготовки.

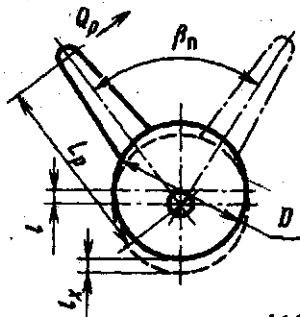


Рис. 3.8. Элементы кругового эксцентрика, применяемые при расчетах

Решение. Определим допуск базовой поверхности обрабатываемой заготовки, где $\delta = 0,34$ мм. Установим ход эксцентрика

$$L_x = 1,5\delta = 1,5 \cdot 0,34 = 0,51 \text{ мм.}$$

Принимаем эксцентриситет $e = 2$ мм.

Определим диаметр круглого эксцентрика

$$D \geq e = 20 \cdot 2 = 40 \text{ мм.}$$

Определим силу зажима эксцентриком

$$W_{\text{эк}} = \frac{Q_{\text{рук}} L_{\text{рук}}}{e \sin \beta_{\text{п}} + f_{\text{т.п}} \left(\frac{D}{2} - e \cos \beta_{\text{п}} \right) + f_{\text{т.о}} r_o} =$$

$$= \frac{150 \cdot 100}{2 \sin 90^\circ + 0,12(40/2 - 2 \cos 90^\circ) + 0,15 \cdot 6} = 384 \text{ Н.}$$

Длину рукоятки эксцентрика L_p определим из условия

$$L_p = 2,5D = 2,5 \cdot 40 = 100 \text{ мм.}$$

Угол поворота принимаем $\beta_{\text{п}} = 90^\circ$. Коэффициент трения на поверхности эксцентрика $f_{\text{т.п}} = 0,12$. Коэффициент трения на поверхности оси $f_{\text{т.о}} = 0,15$. Радиус оси принимаем конструктивно $r_o = 6$ мм. Самоторможение эксцентрикового зажима проверяем по условию $D/e \geq 14$ (где $40/2 = 20$). Самоторможение удовлетворяет нашему условию.

Для круглого эксцентрика выбираем сталь 20Х ГОСТ 4543-71* с последующей цементацией на глубину $h = 0,8 \dots 1,2$ мм и закалкой до твердости HRC₃ 55 .. 60.

В. Расчет пневмопривода

Пневматические силовые приводы широко применяют в приспособлениях разнообразных типов. Быстрота, легкость, постоянство силы зажима, возможность ее регулирования и контроля, а также дистанционное управление зажимами являются основными преимуществами пневмоприводов для зажима обрабатываемых заготовок. Пневматические приводы применяются в крупносерийном и массовом производствах.

Осевую силу на штоке $Q_{\text{шт}}$ определяют в зависимости от конструкции пневмоцилиндров:

для одностороннего действия (рис. 3.9, а)

$$Q_{\text{п}} = 0,785 (D_{\text{ц}}^2 p \eta) - Q_{\text{пр}}; \quad (3.96)$$

для двустороннего действия (рис. 3.9, б)

$$Q_{\text{п}} = 0,785 D_{\text{ц}}^2 p \eta; \quad (3.97)$$

для двустороннего действия штоковой полости

$$Q_{\text{п}} = 0,785 (D_{\text{ц}}^2 - d_{\text{ц}}^2) p \eta, \quad (3.98)$$

где $D_{\text{ц}}$ — диаметр пневматического или гидравлического цилиндра (поршня), см; p — давление сжатого воздуха, $p = 0,39$ МПа; η — коэффициент полезного действия пневмоцилиндра, учитывающий потери в пневмоцилиндре, $\eta = 0,85 \dots 0,90$.

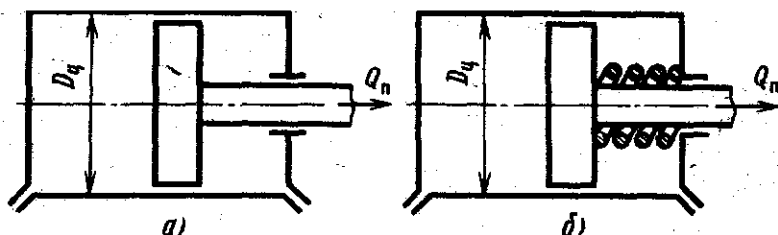


Рис. 3.9. Схема пневматического привода зажима одностороннего (а) и двустороннего (б) действия станочного приспособления

Для проектирования станочных приспособлений применяют рабочие полости цилиндров — диаметры пневмоцилиндров, мм: 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 360, 400; диаметры гидроцилиндров, мм: 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75.

Размеры воздухопроводов выбирают в зависимости от диаметра поршня:

Диаметр поршня, мм.	50—100	125—150	200	250	300
Внутренний диаметр трубки, мм.	4—6	6—8	8—10	10—13	13—16

При определении силы зажима заготовки необходимо учитывать коэффициент запаса, т.е. найденную силу Q_n на штоке увеличить на коэффициент запаса $K_{\text{зап}}$.

Диаметр пневматического цилиндра

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{(Q_n K_{\text{зап}}) / (0,785 p \eta)} . \quad (3.99)$$

Расчетный размер диаметра пневмоцилиндра округляют до стандартных величин и определяют действительную осевую силу зажима на штоке.

Время срабатывания пневмоцилиндра

$$T_c = D_{\text{ц}} l_x / (d_0^2 v_v) , \quad (3.100)$$

где l_x — длина хода поршня, см; d_0 — диаметр воздухопровода, см; v_v — скорость перемещения воздуха, м/с ($v_v^* = 180$ м/с при $p = 0,49$ МПа).

Общее время срабатывания пневмоцилиндра (гидроцилиндра) показывает производительность данного зажимного устройства. Ход поршня l_x пневмоцилиндра устанавливают по конструктивным особенностям станочного приспособления, обрабатываемой детали и технологического оборудования. Необходимо стремиться к минимальным значениям хода поршня пневмоцилиндра, так как от него зависит быстрота закрепления заготовки в процессе обработки в данном приспособлении.

Пример. Определить основные параметры пневмоцилиндра для станочного приспособления. Операция — чистовое фрезерование. Фреза торцовая. Материал — сталь 45 ГОСТ 1050 — 74**. Сила резания $P_z = 4800$ Н. Давление сжатого воздуха $p = 0,39$ МПа. Пневмоцилиндр двустороннего действия.

Решение. Для обеспечения надежности зажима заготовки определяем коэффициент запаса $K_{\text{зап}}$

$$K_{\text{зап}} = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,8,$$

где $K_0 = 1,5$; $K_1 = 1,2$; $K_2 = K_3 = K_4 = K_5 = K_6 = 1$.

Определим необходимую силу зажима для обрабатываемой заготовки

$$W_{\text{п}} = P_z K_{\text{зап}} = 4800 \cdot 1,8 = 8640 \text{ Н.}$$

Определим расчетный диаметр пневматического цилиндра

$$D_{\text{п}} = \sqrt{W_{\text{п}} / 0,785 p \eta} = \sqrt{8640 / 0,785 \cdot 0,39 \cdot 0,85} = 182,29 \text{ мм,}$$

где $\eta = 0,85$. Принимаем стандартный диаметр пневмоцилиндра $D_{\text{п}} = 200 \text{ мм}$.

Определим действительную силу зажима пневмоцилиндра двустороннего действия

$$W_{\text{п}} = 0,785 D_{\text{п}}^2 p \eta = 0,785 \cdot 200^2 \cdot 0,39 \cdot 0,85 = 10409 \text{ Н.}$$

Определим время срабатывания пневмопривода

$$T_c = (D_{\text{п}} l_x) / (d_o^2 v_c) = (200 \cdot 40) / (10^2 \cdot 180) = 0,44 \text{ с,}$$

где l_x — длина хода поршня по конструкции приспособления, $l_x = 40 \text{ мм}$; d_o — диаметр воздухопровода принимается по рекомендациям в зависимости от диаметра пневмоцилиндра, $d_o = 10 \text{ мм}$; v_c — скорость перемещения сжатого воздуха, $v_c = 180 \text{ м/с}$.

Г. Расчет диафрагменных пневмоприводов

Диафрагменные пневмоприводы применяют в станочных приспособлениях, где ход штока невелик. По конструкции диафрагменные приводы делятся на одностороннего и двустороннего действия (рис. 3.10).

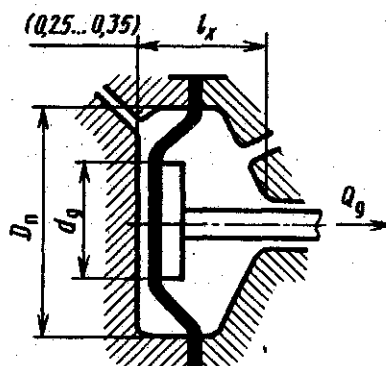
Сила на штоке пневматической диафрагменной камеры двустороннего действия

$$Q_d = 0,26 (D_{\text{п}}^2 + D_{\text{п}} d_d + d_d^2) p \eta. \quad (3.101)$$

где $D_{\text{п}}$ — диаметр пневмокамеры (внутренний), мм; d_d — диаметр диска, мм. Обычно $d_d = 0,7 D_{\text{п}}$, и при этом условии

$$Q_d = 0,58 D_{\text{п}}^2 p \eta. \quad (3.102)$$

Длина хода штока у камер с тарельчатыми диафрагмами составляет обычно 20—22 % от внутреннего диаметра диафрагмы.



Оптимальная длина хода штока пневмокамеры одностороннего действия от исходного до конечного положения штока для тарельчатой резиноканальной диафрагмы

$$l_x = (0,25 - 0,35) D_{\text{п}}; \quad (3.103)$$

Рис. 3.10. Диафрагменный пневматический привод станочного приспособления

для плоской резиноканевой диафрагмы

$$l_x = (0,18 - 0,22) D_n. \quad (3.104)$$

Расчетные диаметры D_n диафрагмы принимают по ГОСТ 9887-70: 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500 мм. Диаметры опорных дисков d_d для резиноканевых диафрагм принимают $d_d = 0,7 D_n$, а для резиновых диафрагм $d_d = D_n - 2h - (2 \dots 4)$, где h_d — толщина диафрагмы.

Толщину диафрагмы h_d выбирают в зависимости от ее диаметра D_n : $h_d = 4 \dots 8$ мм.

Тарельчатые диафрагмы изготовляют из четырехслойной ткани бельтинг, покрытой с обеих сторон маслостойкой резиной.

Время срабатывания диафрагменного пневмопривода

$$T_c = \frac{l_x (D_n^2 + D_n d_d + d_d^2)}{3 v_B d_o^2}, \quad (3.105)$$

где d_d — диаметр диска диафрагмы, мм.

Пример. Определить силу на штоке диафрагменной камеры двустороннего действия при среднем положении диафрагмы исходные данные: $D_n = 125$ мм; $p = 0,39$ МПа.

Решение. Сила на штоке

$$Q_d = 0,58 D_n^2 p \eta = 0,58 \cdot 125^2 \cdot 0,39 \cdot 0,85 = 3004,22 \text{ Н.}$$

Длину хода штока пневмокамеры определим из соотношения

$$l_x = (0,25 \dots 0,35) D_n$$

$$l_x = 0,25 D_n = 0,25 \cdot 125 = 31,25 \text{ мм.}$$

Время срабатывания диафрагменного пневмопривода по формуле (3.105)

$$T_c = \frac{l_x (D_n^2 + D_n d_d + d_d^2)}{3 v_B d_o^2} = \frac{31,25 (125^2 + 125 \cdot 87 + 87^2)}{3 \cdot 18000 \cdot 6^2} = 0,54 \text{ с.}$$

Определим диаметр опорного диска для резиноканевой диафрагмы из условия $d_d = 0,7 D_n$:

$$d_d = 0,7 \cdot 125 = 87,5 \text{ мм.}$$

Диаметр диска диафрагмы примем $d_d = 87$ мм; v_B — скорость воздуха в магистрали, см/с, $v_B = 1500 \dots 2500$ см/с; d_o — диаметр воздухопровода, $d_o = 6$ мм.

Д. Расчет силы зажима в кулачковых патронах

В машиностроении наибольшее применение имеют трехкулачковые самоцентрирующие клиновые и рычажные патроны с винтовым и механизированным приводом для перемещения кулачков. С механизированным приводом перемещения кулачков патроны используют в крупносерийном и массовом производствах для закрепления штучных заготовок на различных токарных станках.

Основные размеры клиновых и рычажных патронов выбирают по ГОСТ 24351-80.

Определим силу, передаваемую штоком пневмоцилиндра,

$$Q_{\text{п}} = W_{\text{к}} n_{\text{к}} K_{\text{тр}} \left(1 + \frac{3a_{\text{к}}}{h_{\text{к}}} f_{\text{к}}\right) l_1 / l_{\text{к}}, \quad (3.106)$$

где $W_{\text{к}}$ — сила зажима на одном кулачке, Н; $n_{\text{к}}$ — число кулачков; $K_{\text{тр}}$ — коэффициент, учитывающий дополнительные силы трения в патроне ($K_{\text{тр}} = 1,05$); $a_{\text{к}}$ — вылет кулачка от его опоры до центра приложения силы зажима (конструктивно $a_{\text{к}} = 40$ мм); $h_{\text{к}}$ — длина направляющей части кулачка, мм; $f_{\text{к}}$ — коэффициент трения в направляющих кулачках, $f_{\text{к}} = 0,1$; l_1 и $l_{\text{к}}$ — плечи рычага привода, мм (конструктивно $l_1 = 20$ мм и $l_{\text{к}} = 100$ мм до оси штока).

Сила зажима на каждом кулачке

$$W_{\text{к}} = \frac{P_z \sin \alpha / 2 D_{\text{о.п}}}{n_{\text{к}} f_{\text{к.п}} D_{\text{п.к}}} K_{\text{зап}}, \quad (3.107)$$

где $D_{\text{о.п}}$ — диаметр обрабатываемой поверхности заготовки, мм; $f_{\text{к.п}}$ — коэффициент трения на рабочих поверхностях кулачков; с гладкой поверхностью $f_{\text{к.п}} = 0,25$; с кольцевыми канавками $f_{\text{к.п}} = 0,35$; с крестообразными канавками $f_{\text{к.п}} = 0,45$; с зубьями параллельно оси патрона $f_{\text{к.п}} = 0,8$; $D_{\text{п.к}}$ — диаметр зажимаемой поверхности детали, мм; $K_{\text{зап}}$ — коэффициент запаса.

Передаваемая штоком сила в пневмоцилиндрах двустороннего действия

$$Q_{\text{шт}} = \frac{\pi D_{\text{ц}}^2}{4} p \eta_{\text{ц}}, \quad (3.108)$$

где $D_{\text{ц}}$ — диаметр поршня пневмоцилиндра, мм; $\eta_{\text{ц}}$ — коэффициент полезного действия пневмопривода, $\eta_{\text{ц}} = 0,85$.

Диаметр поршня пневмоцилиндра

$$D_{\text{п}} = 1,44 \sqrt{Q_{\text{шт}} / p}. \quad (3.109)$$

Установлен ряд стандартизованных диаметров вращающихся пневмоцилиндров двустороннего действия: 150, 200, 300, 400 мм.

Время срабатывания пневмоцилиндра

$$T_{\text{с}} = D_{\text{ц}} l_{\text{х}} / (d_{\text{в}}^2 v_{\text{в}}), \quad (3.110)$$

где $l_{\text{х}}$ — длина хода поршня, мм (устанавливается конструктивно).

Пример. Операция — токарная черновая. Наружный диаметр обрабатываемой поверхности $D_{\text{о.п}} = 95$ мм, диаметр заготовки $D_{\text{п.к}} = 103$ мм, длина заготовки $L_{\text{з}} = 110$ мм. Глубина резания $t = 3$ мм, подача $s_{\text{ст}} = 1,04$ мм/об; частота вращения шпинделя станка $n = 315$ об/мин; скорость резания $v = 1,7$ м/с. Токарно-винторезный станок 16К20; патрон трехкулачковый с рычажным перемещением кулачков, осуществляемый зажим от вращающегося пневматического цилиндра двустороннего действия (рис. 3.11). Материал заготовки — сталь 45 ГОСТ 1050-74^{4*}.

Подобрать пневматический цилиндр для совместной работы с трехкулачковым самоцентрирующим рычажным патроном.

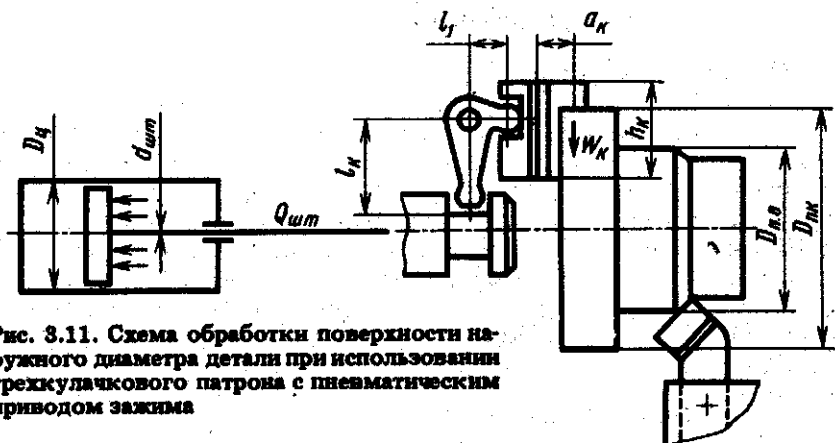


Рис. 3.11. Схема обработки поверхности наружного диаметра детали при использовании трехкулачкового патрона с пневматическим приводом зажима

Решение. Определим силу резания на данной операции:

$$P_z = C_p t^{x_p} a_r u_r K_p^{a_p} = 300 \cdot 3 \cdot 1,04^{0,75} \cdot 6,06 = 5617,62 \text{ Н},$$

где C_p — коэффициент силы резания; $C_p = 300$; x_p, u_r, n_p — показатели степени для тангенциальной силы резания P_z .

$$x_p = 1,0; u_r = 0,75; n_p = -0,15.$$

Определим поправочный коэффициент K_p

$$K_p = K_{m_p} K_{\varphi_p} K_{\lambda_p} K_{T_p} = 4,85 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 = 6,06,$$

где K_{m_p} — коэффициент, учитывающий влияние механических свойств конструкционных сталей на силы резания,

$$K_{m_p} = (\sigma_B/75)^{n_p} = (610/75)^{0,75} = 4,85,$$

где σ_B — временное сопротивление разрыву, Н/мм. Для стали 45 $\sigma_B = 610 \text{ Н/мм}^2$; n_p — показатель степени для расчета коэффициента K_{m_p} ; $n_p = 0,75$; $K_{\varphi_p}, K_{\lambda_p}, K_{T_p}$ — поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания при обработке стали. $K_{\varphi_p} = 1,0$; $K_{\lambda_p} = 1,25$; $K_{T_p} = 1,0$.

Определим коэффициент запаса для самоцентрирующегося трехкулачкового патрона с пневматическим приводом зажима

$$K_{\text{зап}} = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 2,7,$$

где K_0 — гарантированный коэффициент запаса при всех случаях обработки (см. табл. 3.45 и 3.46).

Определим силу зажима детали одним кулачком патрона

$$W_k = P_z \frac{\sin \alpha / 2 D_{\text{о.п}}}{n_k f_{\text{т.п}} D_{\text{п.к}}} K_{\text{зап}} = 5617,62 \frac{1 \cdot 95}{3 \cdot 0,8 \cdot 103} \cdot 2,7 = 5828,96 \text{ Н},$$

где $D_{\text{о.п}}$ — диаметр обрабатываемой поверхности детали, мм. $D_{\text{о.п}} = 95 \text{ мм}$; n_k — число кулачков в патроне, $n_k = 3$ шт.; $f_{\text{т.п}}$ — коэффициент трения на рабочих поверхностях кулачков, $f_{\text{т.п}} = 0,8$ (с зубьями параллельно оси патрона); $D_{\text{п.к}}$ — диаметр зажимаемой поверхности, мм, $D_{\text{п.к}} = 103 \text{ мм}$.

Определим силу $Q_{шт}$ на штоке механизированного привода трехкулачкового патрона:

$$Q_{шт} = W_{кпк} K_{тр} \left(1 + \frac{3a_k}{h_k} f_k \right) \frac{l_1}{l_k} =$$

$$= 5828,96 \cdot 3 \cdot 1,05 \left(1 + \frac{3 \cdot 40}{65} 0,1 \right) \frac{20}{100} = 4351,61 \text{ Н},$$

где $K_{тр}$ — коэффициент, учитывающий дополнительные силы трения в патроне, $K_{тр} = 1,05$; a_k — вылет кулачка от середины его опоры в пазу патрона до центра приложения силы зажима на одном кулачке, $a_k = 40$ мм; h_k — длина направляющей части кулачка, $h_k = 65$ мм; f_k — коэффициент трения кулачка, $f_k = 0,1$; l_1 и l_k — размеры короткого и длинного плеч двухплечевого рычага (конструктивно $l_1 = 20$ мм и $l_k = 100$ мм до оси штока);

Определим диаметр поршня цилиндра и выберем ближайший больший стандартный размер пневматического вращающегося цилиндра по формуле (3.109):

$$D_{п} = 1,44 \sqrt{Q_{шт}/p} = 1,44 \sqrt{4351,61/0,39} = 152,1 \text{ мм},$$

где p — давление сжатого воздуха, Мн/м, $p = 0,39$ Мн/м. Принимаем диаметр пневмоцилиндра $D_{п} = 200$ мм.

Определим действительную силу зажима детали по принятому диаметру пневмоцилиндра:

$$Q_{ш.д} = \frac{\pi D_{п}^2}{4} p \eta = \frac{3,14 \cdot 200^2}{4} 0,39 \cdot 0,85 = 10409,1 \text{ Н},$$

где η — коэффициент полезного действия, $\eta = 0,85$.

Определим время срабатывания пневмоцилиндра

$$T_c = D_{п} l_x / d_v^2 v_v = 20 \cdot 3,5 / 1,0^2 \cdot 2000 = 0,035 \text{ с},$$

где l_x — длина хода поршня, см (для диаметра $D_{п} = 200$ мм $l_x = 35$ мм); рекомендуется $d_v = 8 \dots 10$ мм, $d_v = 10$ мм; v_v — скорость перемещения сжатого воздуха, см/с ($v_v = 1500 \div 2500$ см/с; принимаем $v_v = 2000$ см/с).

3.4.2. Расчет и проектирование режущего инструмента

При проектировании технологического процесса механической обработки необходимо стремиться к использованию стандартного режущего инструмента, который исключает дополнительные производственные затраты. В крупносерийном и массовом производствах следует применять специальный режущий инструмент, который позволяет производить одновременную обработку нескольких поверхностей или одну сложную поверхность, которая требует совмещения продольных и поперечных подач или специальных приспособлений. Применение специального режущего инструмента позволяет сократить машинное и вспомогательное время в процессе обработки на одной операции или перехода.

При выборе конструкции специального режущего инструмента необходимо производить технико-экономический расчет целесообразности его применения в разрабатываемом технологическом процессе механической обработки заготовки.

Для проектирования и расчета специального режущего инструмента выбирают разной конструкции фасонные резцы, протяжки, фасонные фрезы, комбинированные сверла, зенкеры, развертки, червячные фрезы, хонинговальные головки, резьбо-нарезные инструменты и т.п. При проектировании режущего инструмента необходимо производить расчеты геометрических параметров, формы и размеров инструмента, а также расчет на прочность с выполнением графических построений.

При конструировании режущего инструмента необходимо:

найти наивыгоднейшие углы заточек;

определить силы, действующие на режущую часть;

подобрать наиболее подходящий материал для режущей и соединительной частей инструмента;

найти оптимальную форму рабочей части инструмента;

установить допускаемые отклонения на размеры рабочей и соединительной частей в зависимости от условий работы и требуемой точности и качества обрабатываемой поверхности детали;

произвести необходимые расчеты элементов режущего инструмента и при необходимости произвести расчет на прочность и жесткость;

разработать рабочий чертеж режущего инструмента с необходимыми техническими требованиями на эксплуатацию и его изготовление;

произвести расчет экономичного расхода инструментальных материалов.

При конструировании режущего инструмента все перечисленные вопросы необходимо решать комплексно.

При разработке рабочих чертежей на режущий инструмент необходимо выполнять требования системы ЕСКД и отдельных государственных стандартов на конструкторскую документацию. На рабочих чертежах инструментов должны быть указаны необходимые размеры для изготовления, предельные отклонения на размеры, форму и взаимное расположение отдельных элементов поверхностей детали (овальность, огранка, конусообразность, несоосность и т.д.), твердость рабочей и соединительной частей, материал режущей части инструмента.

Методика последовательности расчета режущего инструмента приведена в учебной и справочной литературе. Одним из примеров методики расчета режущего инструмента может быть расчет червячной фрезы.

При конструировании червячных фрез необходимо главным образом определить размеры профиля фрезы в осевом или в нормальном сечении. Если фреза конвольютная, то размеры профиля фрезы определяют в нормальном сечении, а если фреза архимедова — в осевом сечении. Кроме определения размеров профиля фрезы необходимо рассчитать углы подъема витков фрезы и наклона винтовых канавок, а также угол установки фрезы на станке.

Наружный диаметр фрезы, тип основного червяка, число заходов, диаметр базового отверстия являются конструктивными элементами, и следует их выбирать по стандартам или брать по паспортным данным выбранного станка.

С увеличением наружного диаметра червячной фрезы уменьшаются погрешности профилирования фрезы, поэтому у фрез для чистовой и прецизионной обработки наружный диаметр увеличивают, а у фрез для черновой обработки — уменьшают.

При выборе направления витков фрезы следует выполнять следующие правила: для прямозубых колес направление витков правое, для косозубых колес — одноименное с наклоном зуба колеса, т.е. для колеса с правым наклоном зуба фрезы следует принимать с правым направлением витков.

Расчет размеров червячной фрезы.

1. Расчетный профильный угол исходной рейки в нормальном сечении $\alpha_n = \alpha_d$.

2. Модуль нормальный $m_n = m$.

3. Шаг по нормали $t_n = \pi m_n$.

4. Расчетная толщина зуба по нормали

$$s_n = t_n - (s_d + z), \quad (3.111)$$

где s_d — толщина зуба колеса по нормали на делительной окружности; z — величина припуска под последующую чистовую обработку, мм; у фрез для чистовой обработки $z = 0$.

5. Расчетная высота головки зуба фрезы $h'_n = h'' = h - h'$.

6. Высоту зуба фрезы определяют по формуле

$$h_n = h + 0,3m. \quad (3.112)$$

7. Радиус скругления на головке зуба фрезы

$$r_1 = r_2 \approx (0,25 \dots 0,3)m. \quad (3.113)$$

8. Наружный диаметр фрезы выбирают по ГОСТ 9324—80 Е.

9. Число зубьев фрезы определяют: для чистовой обработки

$$z_n = 1,3 \cdot 360/\varphi, \quad (3.114)$$

где $\cos \varphi = D_{\text{ен}} - 2h_n/D_{\text{ен}}$.

для черновой обработки число зубьев можно принимать на 20—30 % меньше.

10. Величину затылования K_z назначают в зависимости от наружного диаметра фрезы:

K_z	3	4	5	7
$D_{\text{ен}}$	70—80	90—120	125—140	160—180

11. Диаметр начальной окружности фрезы для фрез с нешлифованным профилем

$$d_{\text{дн}} = D_{\text{ен}} - 2h'_n - 0,5K_z; \quad (3.115)$$

для фрез со шлифованным профилем

$$d_{\text{дн}} = D_{\text{ен}} - 2h'_n - 0,1K_z; \quad (3.116)$$

12. Угол подъема витков фрезы на начальной окружности

$$\sin \omega = (m_n a_z) / d_{\text{ди}}, \quad (3.117)$$

где a_z — число заходов; $a_z = 1$ для фрез для чистовой и прецизионной обработки; $a_z = 2$ для фрез для черновой обработки.

13. Шаг по оси между витками

$$t_{\text{ос}} = t_n / \cos \omega. \quad (3.118)$$

14. Ход витков по оси фрезы

$$t_x = t_{\text{ос}} a_z. \quad (3.119)$$

15. Направление витков фрезы: правое — если колесо прямозубое или с правым наклоном зубьев; левое — если колесо с левым наклоном зубьев.

16. Направление винтовых стружечных канавок при $\omega = 4^\circ$ могут выполняться осевыми и винтовыми, а при $\omega > 4^\circ$ — только винтовыми с направлением, противоположным направлению витков червячной фрезы.

17. Осевой шаг винтовой стружечной канавки определяют только для фрез с винтовыми канавками:

$$T_{\text{ос,ш}} = t_{\text{ос}} \operatorname{ctg}^2 \omega. \quad (3.120)$$

18. Угол установки фрезы на станке

$$\psi = \beta_d \pm \omega, \quad (3.121)$$

где знак „+“ берется при разноименных направлениях витков фрезы и зубьев колеса, знак „—“ при одноименных.

19. Расчетные профильные углы фрез:

в нормальном сечении (для всех типов фрез)

$$\alpha_{\text{пр}} = \alpha_{z_{\text{лев}}} = \alpha_n; \quad (3.122)$$

в осевом сечении (только для фрез архимедовых и при осевых стружечных канавках)

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{ос}} = (\operatorname{tg} \alpha_n) / \cos \omega. \quad (3.123)$$

Пример. Произвести расчет червячной чистовой фрезы при следующих исходных данных зубчатого колеса: $m = 3,75$ мм; $\alpha_d = 20^\circ$; $h = 3,75$ мм; $h = 8,45$ мм; $s_{d1} = 5,83 \dots 0,04$.

Р е ш е н и е. 1. Расчетный профильный угол исходной рейки в нормальном сечении $\alpha_n = \alpha_d = 20^\circ$.

2. Модуль нормальной $m_n = m = 3,75$ мм.

3. Шаг по нормали $t_n = \pi m_n = 3,1416 \cdot 3,75 = 11,781$ мм.

4. Расчетная толщина зуба по нормали

$$s_n = t_n - s_{d1} = 11,781 - 5,83 = 5,951 \text{ мм.}$$

5. Высота головки зуба фрезы

$$h'_n = h'' = h - h' = 8,45 - 3,75 = 4,70 \text{ мм.}$$

6. Высота зуба фрезы

$$h_n = h + 0,3m = 8,45 + 1,115 = 9,6 \text{ мм.}$$

7. Определяем радиус скругления на головке и ножке зуба:

$$r_1 = r_2 \approx (0,25 \dots 0,3) m = 0,25 \cdot 3,75 = 0,937 \text{ мм.}$$

Принимаем $r_1 = r_2 = 1$ мм.

8. Наружный диаметр фрезы $D_{\text{он}}$ выбираем по ГОСТ 9324-80 Е. Принимаем $D_{\text{он}} = 90$ мм.

9. Определим число зубьев фрезы

$$z_H = 1,3 \sqrt{360/38} = 12,315. \text{ Принимаем } 12 \text{ зубьев.}$$

$$z_H = D_{\text{он}} - 2h_H/D_{\text{он}} = 90 - (2 \cdot 9,6)/90 = 0,7866; \varphi = 38^\circ.$$

10. Принимаем падение затылка для наружного диаметра фрезы $D_{\text{он}} = 90$ мм, где $K_3 = 4$.

11. Определим диаметр начальной окружности

$$\cos \varphi = D_{\text{он}} - 2h' - 0,2K_3 = 90 - 23,75 - 0,2 \cdot 4 = 79,8 \text{ мм.}$$

12. Определим угол подъема витков фрезы на начальной окружности

$$\sin \omega = m_H \alpha / d_{\text{ди}} = 3,75 \cdot 1/79,8 = 0,046981; \omega = 2^\circ 41' 34''.$$

13. Определим шаг по оси между двумя витками

$$t_{\text{ос}} = t_H / \cos \omega = 11,781 / \cos 2^\circ 41' 34'' = 11,794 \text{ мм.}$$

14. Определим ход витков по оси фрезы

$$t_x = t_{\text{ос}} a_3.$$

15. Принимаем червячную фрезу правозаходной с винтовыми канавками.

16. Определим осевой шаг винтовой стружечной канавки:

$$T_{\text{ос.ш}} = t_{\text{ос}} \operatorname{ctg}^2 \omega = 11,794 \operatorname{ctg}^2 2^\circ 41' 34'' = 5340,517 \text{ мм.}$$

17. Устанавливаем угол установки фрезы на станке

$$\psi = \beta_d \pm \omega = 2^\circ 41' 34''.$$

18. Расчетные профильные углы фрезы в осевом сечении

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{ос}} = \operatorname{tg} \alpha_s / \cos \omega = \operatorname{tg} 20^\circ / \cos 2^\circ 41' 34'' = 0,364573;$$

$$\alpha_{\text{ос}} = 20^\circ 1' 13''; \operatorname{ctg} \alpha_{\text{ос}} = 2,7447031;$$

$$\operatorname{ctg} \alpha_{\text{пр}} = \operatorname{ctg} \alpha_{\text{ос}} - (K_3 z / T_{\text{ос.ш}}) = 2,7447031 - (4 \cdot 12 / 5340,517) = 2,7521931; \alpha_{\text{пр}} = 20^\circ 04'.$$

3.4.3. Расчет и проектирование контрольно-измерительного инструмента (приспособления)

Повышение качества продукции машиностроения во многом зависит от правильной организации технического контроля и применения прогрессивных методов контроля. Рост объемов выпуска однородной продукции требует обеспечения однородности основных параметров в каждом изделии и сохранения необходимого уровня качества выпускаемой продукции в процессе производства.

В зависимости от контролируемых изделий контроль может быть сплошным или выборочным. Сплошной контроль исключает возможность попадания дефектной продукции потребителю, однако этот метод очень трудоемкий и при выпуске большого объема изделий является экономически нецелесообразным. Более рациональным методом контроля в массовом производстве является выборочный контроль.

Для контроля промежуточных и окончательных размеров изделий используется как стандартный, так и специальный измерительный инструмент или специальные контрольные приспособления.

Для конструирования измерительного инструмента в курсовых проектах могут быть предельные специальные калибры для цилиндрических, конусных, резьбовых, шлицевых поверхностей.

Для процесса контроля изделий могут быть спроектированы простые контрольные приспособления.

При проектировании контрольных предельных калибров производят расчет исполнительных размеров и строят схему взаимного расположения полей допусков измеряемого изделия.

Рабочий чертеж измерительного инструмента должны соответствовать требованиям системы ЕСКД, а также должен иметь технические требования на изготовление.

А. Расчет исполнительных размеров калибр-пробки

1. Исполнительные размеры проходных калибров-пробок $ПР_{\Pi}$ с номинальным размером отверстия до 180 мм и 180...500 мм определяют по формуле

$$ПР_{\Pi} = D_{\min} + \Delta_0 + H_K^*/2, \quad (3.124)$$

где D_{\min} — наименьший предельный размер изделия, мм; Δ_0 — отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра для отверстия относительно предельного размера изделия, мкм; H_K — допуск на изготовление калибров (за исключением калибров со сферическими измерительными поверхностями, где вместо H_K используются H_{ϕ} для отверстий, мкм.

2. Исполнительные размеры непроходных калибров-пробок $НЕ_{\Pi}$ с номинальным размером отверстия до 180 мм

$$НЕ_{\Pi} = (D_{\max} + H_K^*)/2, \quad (3.125)$$

где D_{\max} — наибольший предельный размер изделия, мм.
С номинальным размером отверстия 180...500 мм

$$НЕ_{\Pi} = (D_{\max} - \alpha_K + H_K^*)/2, \quad (3.126)$$

где α_K — величина компенсации погрешности контроля калибрами отверстий с размерами свыше 180 мм, мкм.

3. Предельный размер изношенного калибра $ПР_{\Pi}$ с номинальным размером отверстия до 180 мм

$$ПР_{\Pi} = D_{\min} - y_B, \quad (3.127)$$

где y_B — допустимый выход размера изношенного проходного калибра для отверстия за границу поля допуска изделия, мкм;
с номинальным размером отверстия 180—500 мм

$$ПР_{\Pi} = D_{\min} - y_B + \alpha_K, \quad (3.128)$$

Все значения для расчета исполнительных размеров калибров выбираются по табличным нормативам (см. табл. 3.46).

4. Выполняется схема расположения полей допусков калибр-пробки для отверстия.

Таблица 3.46

Допуски и отклонения калибров, мкм

Квалитеты допусков изделий	Обозначения допусков и отклонений	Интервалы размеров, мм														Квалитет допуска формы калибра										
		3-6		6-10		10-18		18-30		30-50		50-80		80-120			120-180		180-250		250-315		315-400		400-500	
		3-6	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	315-400	400-500													
6	Δ_o	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	2,5	3,0	4,0	5,0	6	7	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	y_B	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,0	3,0	3,0	4,0	5	6	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	α_K, α_{K1}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Δ_B	2,0	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	7,0	8	10	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	y_{B1}	1,5	1,5	2,0	3,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8	9	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	H_K, H_B	1,5	1,5	2,0	2,5	2,5	3,0	4,0	5,0	7,0	8	9	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	H_{K1}	2,5	2,5	3,0	4,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10	12	13	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	H_P	1,0	1,0	1,2	1,5	1,5	2,0	2,5	3,5	4,5	6	7	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
7	Δ_o, Δ_B	2,0	2,0	2,5	3,0	3,5	4	5,0	6,0	7,0	8	10	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	y_B, y_{B1}	1,5	1,5	2,0	3,0	3,0	3	4,0	4,0	6,0	7	8	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	α_K, α_{K1}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	H_K, H_{K1}	2,5	2,5	3,0	4,0	4,0	5	6,0	8,0	10	12	13	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	H_B	—	1,5	2,0	2,5	2,5	3	4,0	5,0	7,0	8	9	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	H_P	1,0	1,0	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	Δ_o, Δ_B	3,0	3,0	4	5,0	6,0	7	8	9	12	12	16	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	y_B, y_{B1}	3,0	3,0	4	4,0	5,0	5	6	6	7	9	9	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
8	α_K, α_{K1}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	H_K	2,5	2,5	3	4,0	4,0	5	6	8	10	12	13	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	H_{K1}	4,0	4,0	5	6,0	7,0	8	10	12	14	16	18	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	H_B, H_P	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		

9	Δ_0, Δ_B	5,0	6,0	8	9,0	11	13	15	18	21	24	28	32	—
	y_B, y_{B1}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	α_K, α_{K1}	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	7	9	—
	H_K	2,5	2,5	3	4,0	4,0	5	6	8	10	12	13	15	2
	H_{K1}	4,0	4,0	5	6,0	7,0	8	10	12	14	16	18	20	3
	H_B, H_P	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	1
10	Δ_0, Δ_B	6,0	7,0	8	9,0	11	13	15	18	24	27	32	37	—
	y_B, y_{B1}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—
	α_K, α_{K1}	0	0	0	0	0	0	0	0	7	9	11	14	—
	H_K	2,5	2,5	3	4,0	4,0	5	6	8	10	12	13	15	2
	H_{K1}	4,0	4,0	5	6,0	7,0	8	10	12	14	16	18	20	3
	H_B, H_P	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	1
11	Δ_0, Δ_B	12	14	16	19	22	25	28	32	40	45	50	55	—
	y_B, y_{B1}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—
	α_K, α_{K1}	0	0	0	0	0	0	0	0	10	15	15	20	—
	H_K, H_{K1}	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27	4
	H_B	—	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	3
	H_P	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	1
12	Δ_0, Δ_B	10	13	14	16	19	22	25	28	32	45	50	65	—
	y_B, y_{B1}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—
	α_K, α_{K1}	0	0	0	0	0	0	0	0	15	20	30	35	—
	H_K, H_{K1}	4	5	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27	4
	H_B	—	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	3
	H_P	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	1

Продолжение табл. 3.46

Квалитеты допусков изделий	Обозначения допусков и отклонений	Интервалы размеров, мм												Квалитет допуска формы калибра
		3-6	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	315-400	400-500	
13	Δ_o, Δ_B	24	28	32	36	42	48	54	60	80	90	100	110	—
	y_B, y_{B1}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—
	α_K, α_{K1}	0	0	0	0	0	0	0	0	25	35	45	55	—
	H_K, H_{K1}	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	5
	H_z	—	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	5
14	H_p	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	2
	Δ_o, Δ_B	24	28	32	36	42	48	54	60	100	110	125	145	—
	y_B, y_{B1}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—
	α_K, α_{K1}	0	0	0	0	0	0	0	0	45	55	70	90	—
	H_K, H_{K1}	12	15	18	21	25	30	40	46	48	52	57	63	5
14	H_z	—	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	5
	H_p	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	2

Б. Расчет исполнительных размеров калибров-скоб

1. Исполнительный размер калибров-скоб $ПР_c$ с номинальным размером вала до 180 мм и 180 ... 500 мм определяют по формуле

$$ПР_c = D_{max} - \Delta_B - H_{K1}/2, \quad (3.129)$$

где Δ_B — отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра для вала относительно наибольшего предельного размера изделия, мкм; H_{K1} — допуск на изготовление калибров для вала, мкм.

2. Исполнительные размеры непроходных калибров-скоб $НЕ_c$ с номинальным размером вала до 180 мм определяют по формуле

$$НЕ_c = D_{min} - H_{K1}/2, \quad (3.130)$$

3. Исполнительные размеры непроходных калибров-скоб $НЕ_c$ с номинальным размером вала 180 ... 500 мм

$$НЕ_c = D_{min} + \alpha_{K1} - H_{K1}/2, \quad (3.131)$$

где α_K — величина компенсации погрешности контроля калибрами для валов с размерами свыше 180 мм, мкм.

4. Предельный размер изношенного калибра-скобы $ПР_{и.с}$ с номинальным размером вала до 180 мм определяют по формуле

$$ПР_{и.с} = D_{max} + y_{B1}, \quad (3.132)$$

где y_{B1} — допустимый выход размера изношенного проходного калибра для вала за границу поля допуска изделия, мкм.

Предельный размер изношенного калибра-скобы $ПР_{и.с}$ с номинальным размером вала свыше 180 до 500 мм определяют по формуле

$$ПР_{и.с} = D_{max} + y_{B1} - \alpha_{K1}, \quad (3.133)$$

В. Расчет исполнительных размеров контрольных калибров для калибров-скоб

1. Наибольшие предельные размеры гладких контрольных пробок для проходного калибра-скобы определяют по формуле для предельных калибров-скоб до 180 мм и 180 ... 500 мм:

$$K - ПР = D_{max} - \Delta_B + H_p/2, \quad (3.134)$$

где H_p — допуск на изготовление контрольного калибра для скобы, мкм.

2. Исполнительные предельные размеры гладких контрольных пробок для непроходного калибра-скобы определяют по формулам:

до 180 мм

$$K - НЕ = D_{min} + H_{K2}/2; \quad (3.135)$$

180 ... 500 мм

$$K - HE = D_{\max} + \alpha_{K1} + H_p/2. \quad (3.136)$$

3. Исполнительные размеры контрольных калибров для калибров-скоб гладкой контрольной пробки для контроля износа проходного калибра-скобы определяют по формулам:

до 180 мм

$$K - И = D_{\max} + y_{B1} + H_p/2, \quad (3.137)$$

180 ... 50 мм

$$K - И = D_{\max} + y_{B1} - \alpha_{K1} + H_p/2. \quad (3.138)$$

При подсчете исполнительных размеров калибров (наибольших для отверстий и наименьших для валов) пользуются правилами округления:

размеры рабочих калибров для изделий квалитетов 15 ... 17 следует округлять до целого микрометра;

размеры рабочих калибров для изделий квалитетов 6 ... 14 и всех контрольных калибров следует округлять до величин, кратных 0,5 мкм, при этом допуск на калибры сохраняется;

размеры, оканчивающиеся на 0,25 и 0,75 мкм, следует округлять до величин, кратных 0,5 мкм в сторону сокращения производственного допуска изделия.

Пример. Произвести расчет исполнительных размеров калибров-скоб для вала диаметром $D = 85$ мм с полетом допуска $h8$ ($-0,022$). Построить схему расположения полей допусков калибров для вала.

По нормативным данным таблицы допусков и отклонений калибров (см. табл. 3.46) устанавливают значения для определения исполнительных размеров калибров и контркалибров: $\Delta_{B1} = 5$ мкм, $y_{B1} = 4$ мкм, $H_{K1} = 6$ мкм, $H_p = 2,5$ мкм.

Решение. 1. Определим наибольший предельный размер вала

$$D_{\max} = D_H = 85000 \text{ мм.}$$

2. Определим наименьший предельный размер вала

$$D_{\min} = D_H - \Delta_d = 85 - 0,022 = 84,978 \text{ мм.}$$

3. Определим наименьший размер проходного калибра-скобы

$$PR_c = D_{\max} - \Delta_{B1} - H_{K1}/2 = 85,000 - 0,005 - 0,006/2 = 84,992 \text{ мм.}$$

4. Определим наибольший размер непроходного калибра-скобы

$$HE_c = D_{\min} - H_{K1}/2 = 84,978 - 0,006/2 = 84,975 \text{ мм.}$$

5. Определим предельный размер изношенного калибра-скобы

$$PR_{и.с} = D_{\max} + y_{B1} = 85,000 - 0,004 = 85,004 \text{ мм.}$$

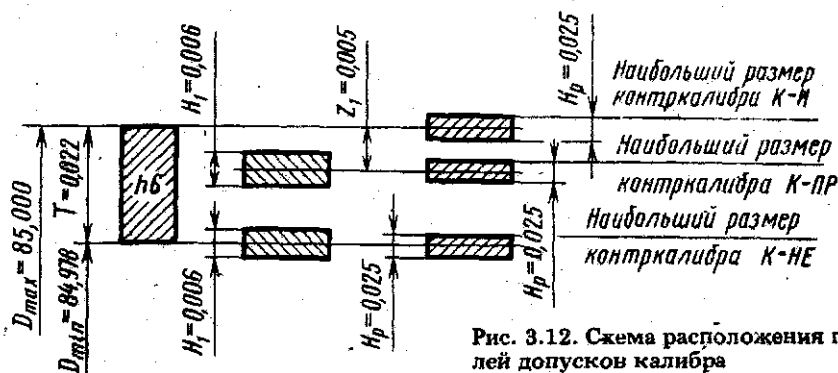
6. Определим наибольший размер контркалибра $K-PR_c$

$$K - PR_c = D_{\max} - \Delta_{B1} + H_p/2 = 85 - 0,005 + 0,0025/2 = 84,99625 \text{ или } 84,996 \text{ мм.}$$

7. Определим наибольший размер контркалибра $K-HE_c$

$$K - HE_c = D_{\min} + H_p/2 = 84,978 + 0,0025/2 = 84,97925 \text{ мм. или } 84,979 \text{ мм.}$$

8. Определим наибольший размер контркалибра $K-И$


$$K - H_c = D_{\max} + y_{B_1} + H_p/2 = 85 + 0,004 + 0,0025/2 = 85,00525 \text{ мм.}$$

или 85,005 мм.

9. Построим схему расположения полей допусков калибров для вала диаметром 35 h6 ($-0,022$) (см. рис. 3.12).

Предельные отклонения на исполнительные ПР и НЕ размеров + 0,006; для К-ПР, К-НЕ и К-И - 0,0025 мм.

Пример. Произвести расчет исполнительных размеров калибров-пробок для отверстия диаметром 48H6 (+0,016). Построить схему расположения полей допусков калибров.

По нормативным данным таблицы (см. табл. 3.47) устанавливаем значения для определения исполнительных размеров калибров: $\Delta_0 = 2,5$ мкм, $H_k = 2,5$ мкм, $y_p = 2$ мкм.

Решение. 1. Определим наибольший и наименьший предельные размеры контролируемого отверстия: $D_{\min} = 48 \text{ мм}$.

$$D_{\max} = D_H - \Delta_{\text{п}} = 48 + 0,016 = 48,016 \text{ мм.}$$

2. Определим наибольший размер проходного нового калибра-пробки

$$\Pi P_{\Pi} = D_{\min} + \Delta_0 + H_x/2 = 48 + 0,0025 + 0,0025/2 = 48,00375 \text{ мм}$$

ИЛИ 48,004 мм.

3. Определим наибольший размер непроходного калибра-пробки

$$HE_{\Pi} = D_{\max} + H_k/2 = 48,016 + 0,0025/2 = 48,01725 \text{ mm}$$

или 48,017 мм.

4. Определим предельный размер изношенного калибра-пробки

$$PR_H = D_{\min} - y_B = 48,000 - 0,002 = 47,998 \text{ мм.}$$

Предельные отклонения на исполнительные размеры калибров-пробок
(- 0,0025 мм).

5. Строим схему расположения полей допусков калибров для отверстия диаметром $48H6^{(+0,016)}$.

4. ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

4.1. ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

Качество выполнения курсовых проектов во многом зависит от правильного распределения времени, отведенного на курсовое проектирование. Каждая часть и отдельные вопросы

График объема работ

Этап работы	Обозначение	Объем работы, %
Получение задания на курсовое проектирование	—	—
Введение	—	0,5
Описание машины, сборочной единицы, детали	1.1.	1,0
Определение материала детали и его свойства	1.2.	0,5
Анализ технологичности детали	1.3.	1,0
Определение типа производства	1.4.	0,5
Выбор вида и метода получения заготовки	2.1.	0,5
Технико-экономическое обоснование выбора заготовки	2.2.	10,0
Анализ существующего заводского технологического процесса	2.3.	2,0
Разработка маршрутного технологического процесса	2.4.	5,0
Согласование с руководителем проекта этапов работы 2.2., 2.4. и ее корректировка	—	—
Определение промежуточных припусков, допусков и размеров табличным методом	2.5.	2,0
Аналитический метод определения припусков	2.6.	8,0
Согласование с руководителем проекта этапа работы 2.5. и ее корректировка	—	—
Выбор технологического оборудования	2.7.	5,0
Выбор и описание приспособлений	2.8.	2,0
Выбор и описание режущего инструмента	2.9.	2,0
Выбор и описание измерительного инструмента	2.10.	1,0
Разработка операционного технологического процесса	2.11.	9,0
Определение режимов резания аналитическим методом	2.12.	4,0
Определение режимов резания табличным методом	2.13.	3,0
Расчет технической нормы времени	2.14.	2,0
Технико-экономическое сравнение вариантов обработки операции	2.15.	4,0
Расчет специального приспособления	3.1.	3,0
Проектирование станочного приспособления	4.1.	6,0
Согласование с руководителем проекта этапов работы 3.1. и 4.1. и ее корректировка	—	—
Расчет специального режущего инструмента	3.2.	5,0
Проектирование специального режущего инструмента	4.2.	2,0
Согласование с руководителем проекта этапов работы 3.2. и 4.2. и ее доработка	—	—
Расчет измерительного инструмента	3.3.	2,0
Проектирование измерительного инструмента	4.3.	1,0
Согласование с руководителем проекта этапов работы 3.3., 4.3. и ее доработка	—	—
Окончательное оформление технологического процесса на технологических картах	—	5,0
Окончательное оформление расчетно-пояснительной записки	—	2,0
Разработка технологических наладок	4.4.	2,0
Разработка рабочего чертежа детали	4.5.	2,0

Этап работы	Обозначение	Объем работы, %
Разработка рабочего чертежа заготовки	4.6.	1,5
Согласование с руководителем проекта этапов работы 4.4., 4.5., 4.6. и ее доработка	—	—
Разработка специального приспособления	4.7.	4,0
Согласование с руководителем проекта этапа работы 4.7. и ее доработка	—	—
Компоновка всех материалов курсового проекта	—	1,5
Защита курсового проекта	—	—

имеют свои специфику и сложность выполнения. Курсовой проект имеет структурно-логическую связь, что не позволяет вести работу над отдельными вопросами без их взаимной связи, однако некоторые работы можно выполнять независимо друг от друга (графическая часть, отдельные расчеты, оформление расчетно-пояснительной записки и технологического процесса обработки изделия, работа со справочной литературой и др.).

Каждый вопрос курсового проекта требует определенных практических навыков, логических размышлений, анализов и технико-экономических подтверждений и сопоставлений. Следовательно, на каждый вопрос учащийся затрачивает определенный объем времени в зависимости от степени своей подготовленности и сложности данного вопроса.

Объем работы по каждому вопросу курсового проекта можно предоставить в процентном отношении в зависимости от степени сложности, а следовательно, это позволит больше обратить внимание на решение отдельных вопросов.

В зависимости от темы курсового проекта составляется график выполнения задания на курсовое проектирование с указанием объема работы и бюджета времени на каждый пункт проекта. График необходимо составлять индивидуально на каждого учащегося, с учетом его способностей и подготовленности. На основании графика производится контроль готовности курсового проекта (табл. 4.1).

4.2. ПОДГОТОВКА К ЗАЩИТЕ КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

Законченный курсовой проект сдается для просмотра руководителю проекта. При просмотре курсового проекта производится тщательный анализ графической части, альбома технологического процесса изготовления изделия и расчетно-пояснительной записки. Руководитель проекта знакомит учащегося с недостатками курсового проекта и предоставляет ему возможность доработать некоторые вопросы.

По результатам просмотра и соответствующей доработки руководитель проекта дает письменный анализ — рецензию на работу.

Рецензия включает в себя:

соответствие выполненного курсового проекта заданию на курсовое проектирование;

анализ каждого раздела с конкретным указанием пункта, подпункта, операции, страницы или порядкового номера чертежа и т.д.;

техническое качество графической части, соответствие требований ЕСКД, ЕСТД, ЕСТП и ЕСПД;

перечень положительных сторон курсового проекта, а также основных недостатков.

Рецензия пишется от руки четко и аккуратно в произвольной форме. В тексте рецензии не допускаются исправления.

Во время рецензирования руководитель в курсовом проекте делает исправления неточностей и ошибок карандашом красного цвета с необходимыми разъяснениями.

Перед защитой учащийся должен быть ознакомлен с содержанием рецензии на курсовой проект и недостатками.

Учащийся не имеет права вносить изменения или исправления в курсовом проекте после рецензии.

4.3. ЗАЩИТА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

Защита курсового проекта является завершающим этапом работы учащегося над заданием проекта.

На защиту курсового проекта отводится 10 ... 15 мин. В своем докладе учащийся сообщает:

содержание выполненной им работы; выбор заготовки; последовательность технологического процесса изготовления данного изделия (останавливается на более прогрессивных технологических операциях);

выбор оборудования, технологической оснастки и других технико-экономических показателей.

На защите курсовых проектов могут присутствовать преподаватели специальных дисциплин и предлагать свои вопросы учащимся по теме курсового проекта.

Решение об общей оценке принимается после защиты курсового проекта и затем дописывается в рецензию руководителем проекта.

Защита курсовых проектов дает возможность учащимся глубже осознать свою проделанную работу, приобрести необходимый опыт для защиты своих решений и подготовиться к защите дипломных проектов.

4.4. ОШИБКИ И НЕДОСТАТКИ В КУРСОВЫХ ПРОЕКТАХ

В процессе работы над курсовыми проектами учащиеся допускают некоторые ошибки, которые ведут к снижению качества или переделке некоторых пунктов или разделов проекта. Укажем наиболее часто повторяющиеся ошибки.

1. Расчетно-пояснительная записка:

отсутствие основной надписи (штампа) для текстовых документов по ГОСТ 2.104-68;

подчеркивание заголовков или пользование цветными чернилами;

несоблюдение установленного интервала между заголовком и текстовой частью расчетно-пояснительной записки, а также между формулами и текстовой частью;

не указывается использованная литература в тексте пояснительной записке, а также использованные формулы и таблицы;

не указывается порядковый номер таблиц, формул и рисунков;

не используется единая система измерения;

после расчетов по формулам не указываются единицы измерения;

использованная литература указывается без полного наименования, издательства и года издания и др.

2. Технологический процесс механической обработки:

обозначение операций римскими цифрами;

недостаточное использование современного высокопроизводительного технологического оборудования;

недостаточное использование многоместных станочных приспособлений с быстрodeйствующими зажимными устройствами в массовом и крупносерийном производствах;

недостаточно правильный выбор технологических баз в процессе обработки изделия и отсутствие условных обозначений баз по государственному стандарту;

несоответствие технических параметров станка обрабатываемой детали;

не оставляется свободная строка между текстами технологических переходов;

не закрепляется технологическая карта подписью и датой разработчика (учащегося) и руководителя проекта;

несоответствие комплектности технологического процесса механической обработки изделия.

3. Графическая часть проекта:

не в полном объеме заполняется угловой штамп основной надписи рабочего чертежа;

не на всех размерах устанавливаются и указываются предельные отклонения или записываются в технических требованиях рабочего чертежа;

недостаточно рационально устанавливаются форматы чертежей и компоновка изображений.

4. Конструкторская часть:

не приводятся схемы для расчетов силовых нагрузок, эпюры, графики и т.п.;

недостаточно применяются унифицированные и стандартные детали в специальных станочных приспособлениях.

Указанные недостатки и ошибки помогут учащимся своевременно избежать их в процессе работы над проектом и более критически подойти к разрабатываемым вопросам.

1. Шероховатость поверхности Ra (мкм) в зависимости от точности изготовления деталей

	Номинальный диаметр деталей, мм									
	До 6	6-10	10-30	30-80	80-120	120-180	180-260	260-500		
Поле допуска по ГОСТ 25347-82										
H7	0,40	0,40	0,80	0,80	1,6	1,6	1,6	1,6		
R7; S7	0,20	0,20	0,40	0,40	0,8	1,6	1,6	1,6		
N7; M7; K7; J ₆ 7	0,20	0,20	0,40	0,40	0,8	0,8	0,8	1,6		
G7; F8	0,40	0,40	0,80	0,80	0,80	1,6	1,6	1,6		
H8; t8	0,80	0,80	0,80	1,60	1,60	1,6	1,6	3,2		
H8	0,80	0,80	0,80	1,60	3,2	3,2	3,2	6,3		
H11	1,60	1,60	1,60	3,20	3,2	6,3	6,3	6,3		
D11	1,60	1,60	3,2	3,2	3,2	6,3	6,3	6,3		
CD11	1,60	3,20	3,2	3,2	6,3	6,3	6,3	6,3		
H12; B12	3,20	3,20	6,3	6,3	6,3	12,5	12,5	12,5		

2. Точность и качество поверхности при обработке наружных цилиндрических поверхностей

Метод обработки	Шероховатость поверхности Ra, мкм	Дефектный слой, мкм	Квалитет	Допуск на обработку при номинальном диаметре, мм									
				18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	315-400	400-500	
Обтачивание:													
черновое	25-50	120-60	14	0,52	0,62	0,74	0,87	1,00	1,15	1,30	1,40	1,55	
			12	0,21	0,23	0,30	0,35	0,40	0,46	0,52	0,57	0,63	
получистовое	12,5-3,2	50-20	12	0,21	0,23	0,30	0,35	0,40	0,46	0,52	0,57	0,63	
однократное чистовое	6,3-1,6	30-20	11	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25	0,29	0,32	0,36	0,40	
			10	0,084	0,10	0,12	0,14	0,16	0,19	0,21	0,23	0,25	
			9	0,052	0,062	0,074	0,087	0,10	0,12	0,13	0,14	0,16	

шлифование:

обдирочное

чистовое

Притирка

Суперфиниширование

1,6—0,8

0,8—0,4

5—3

0,4—0,2

20

15—5

5—3

—

0,033

0,021

0,013

0,009

0,063

0,040

0,029

0,018

0,072

0,046

0,020

0,014

0,081

0,052

0,036

0,023

0,089

0,057

0,040

0,025

0,097

0,063

0,044

0,027

0,020

0,018

0,016

0,012

Примечание: Значения допусков относятся к деталям из сталей. Для деталей из чугуна или цветных металлов предельные отклонения по точности можно принимать на один квалификационный класс точнее.

3. Точность и качество поверхности при обработке отверстий

Метод обработки	Шероховатость поверхности R_a , мкм	Дефектный слой, мкм	Квалитет	Допуск на обработку при номинальном диаметре, мм									
				6—10	10—18	18—30	30—50	50—80	80—120	120—180	180—250	250—315	
Сверление и рассверливание	12,5—3,2	75—25	12	0,15	0,18	0,21	0,25	0,30	0,36	—	—	—	
			11	0,09	0,11	0,13	0,16	0,19	0,22	—	—	—	
Зенкерование: черновое	12,5—6,3	50—30	12	0,18	0,21	0,25	0,30	0,35	0,40	—	—	—	
			11	0,11	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25	—	—	—	
однократное	6,3—3,2	40—25	11	0,11	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25	—	—	—	
			10	0,07	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	—	—	—	
Развертывание: нормальное	1,6	25—12	11	0,09	0,11	0,13	0,16	0,19	0,22	—	—	—	
			10	0,06	0,07	0,08	0,10	0,12	0,14	—	—	—	
точное	0,8	10	8	0,022	0,027	0,033	0,039	0,040	0,054	—	—	—	
			7	0,015	0,018	0,021	0,025	0,030	0,035	—	—	—	
тонкое	0,4	5	6	0,009	0,011	0,013	0,016	0,019	0,022	—	—	—	
			5	0,006	0,008	0,009	0,011	0,013	0,015	—	—	—	

Метод обработки	Шероховатость поверхности Ra, мкм	Дефектный слой, мкм	Квалитет	Допуск на обработку при номинальном диаметре, мм									
				6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	
Протягивание:													
черновое	1,6	25-15	11	—	—	0,130	0,160	0,190	0,220	—	—	—	—
чистовое	0,8-0,4	10-5	10	—	—	0,084	0,100	0,120	0,140	—	—	—	—
			8	—	—	0,033	0,039	0,046	0,054	—	—	—	
			7	—	—	0,021	0,025	0,030	0,035	—	—	—	
			6	—	—	0,013	0,016	0,019	0,022	—	—	—	
			Растачивание:										
			черновое	12,5-6,3	50-30	12	—	—	0,210	0,250	0,300	0,350	0,400
чистовое	3,2-1,6	25-16	11	—	—	0,130	0,160	0,190	0,220	0,290	0,320	0,360	0,360
			10	—	—	0,084	0,100	0,120	0,140	0,160	0,185	0,210	0,210
			8	—	—	0,033	0,039	0,046	0,054	0,063	0,072	0,081	0,081
тонкое, алмазное	0,8-0,2	10-4	7	—	—	0,021	0,025	0,030	0,035	0,046	0,052	0,057	0,057
			6	—	—	0,013	0,016	0,019	0,022	0,025	0,029	0,032	0,032
			5	—	—	0,009	0,011	0,013	0,015	0,018	0,020	0,023	0,023
Шлифование:													
предварительное чистовое	1,6 0,8 0,4	20 20-5	8	—	0,027	0,033	0,039	0,046	0,054	0,063	0,072	0,081	0,081
			7	—	0,018	0,021	0,025	0,030	0,035	0,040	0,046	0,053	0,053
			6	—	0,011	0,013	0,016	0,019	0,022	0,025	0,029	0,032	0,032
тонкое	0,4-0,1	5	5	—	0,008	0,009	0,011	0,013	0,015	0,018	0,020	0,023	
Притирка, хонингование	0,4-0,025	5-3	5	—	0,008	0,009	0,011	0,013	0,015	0,018	0,020	0,023	0,023

Раскатывание, калиб- 0,40— 8 — — 0,033 0,039 0,046 0,054 0,063 0,072 0,081
 рование, алмазное 0,05
 выплаживание 7 — — 0,021 0,025 0,030 0,035 0,040 0,046 0,052
 5 — — 0,009 0,011 0,013 0,015 0,018 0,020 0,023

П р и м е ч а н и е . Данные значения предельных отклонений на размеры относятся к деталям из стали. Для деталей из чугуна и цветных сплавов предельные отклонения по точности можно принимать на один квартал точнее.

4. Точность и качество поверхности при обработке поверхностей

Метод обработки	Шероховатость поверхности Ra, мкм	Дефектность стальной поверхности, мм	Класс-литер	Допуск на размер обработки до базовой поверхности, мм								
				До 80		80—180	180—260	260—500	До 80	80—180	180—260	260—500
				при размере обрабатываемой поверхности, мм								
				До 160 × 160				Св. 400 × 400				

Фрезерование и строгание:

черновое 12,5—6,3 100—50 11 — — — — 0,220 0,250 0,320 0,360
 10 0,120 0,160 0,185 — — 0,120 0,160 0,210 0,260
 чистовое 3,2—1,6 50—20 8 0,046 0,063 0,072 0,097 0,046 0,063 0,072 0,097
 7 0,030 0,040 0,046 0,063 — — — —

Шлифование:

обдирочное 3,2 20 10 0,120 0,160 0,185 0,250 0,120 0,160 0,185 0,250
 чистовое 1,6—0,8 15—5 8 0,046 0,063 0,072 0,097 0,046 0,063 0,072 0,097
 7 0,030 0,040 0,046 0,063 0,030 0,040 0,046 0,063

П р и м е ч а н и е . Данные значения таблицы относятся к деталям из стали. Для деталей из чугуна или цветных сплавов предельные отклонения по точности можно принимать на один квартал точнее.

5. Погрешность установки заготовки в патронах без выверки

Метод получения заготовки	Погрешности (мкм) при диаметре базовой поверхности, мм									
	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	315-500	
Установка в трехкулачковом самоцентрирующем патроне										
Литье в кокиль	175	200	250	300	350	400	450	550	650	
Горячая штамповка	70	80	90	100	110	120	130	140	150	
Горячекатаный прокат	270	320	370	420	500	600	700	800	—	
	80	90	100	110	120	130	140	150	—	
	270	320	370	420	500	600	—	—	—	
	80	90	100	110	120	130	—	—	—	
Все виды заготовок: черновая обработка	60	70	80	100	120	140	160	180	200	
	60	70	80	90	100	110	120	130	140	
чистовая обработка	30	35	40	50	60	70	80	90	100	
	40	50	60	70	80	90	100	110	120	
Установка в пневмопатроне										
Литье в кокиль	140	170	200	240	280	320	380	440	500	
Горячая штамповка	60	65	75	80	90	100	110	120	130	
	220	260	320	380	440	500	580	660	—	
Горячекатаный прокат	60	70	80	90	100	110	120	130	—	
	220	260	320	380	440	500	—	—	—	
	60	70	80	90	100	110	—	—	—	

Все виды заготовок:

черновая обработка	50	60	70	80	90	100	120	140	160
	50	60	70	80	90	90	100	110	120
чистовая обработка	25	30	35	40	45	50	60	70	80
	30	35	40	50	60	70	80	90	100

П р и м е ч а н и я : 1. В числителе указаны погрешности установки заготовок для радиального направления силы, в знаменателе — для осевого направления силы.

2. Обработку с использованием сырых кулачков применяют при партии заготовок не более 80—120 шт.

6. Погрешность установки заготовки на постоянные опоры в приспособлениях

Способ получения поверхности заготовки	Погрешность установки и закрепления (мкм) для деталей с размерами, мм									
	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-260	260-360	360-500	

С винтовыми или эксцентриковыми зажимами на опорные пластинки

Литье:	100	110	120	135	150	175	200	240	280	
в песчаную форму машинной формовки	60	70	80	90	100	110	120	130	140	
по металлической модели	50	60	70	80	90	100	110	—	—	
в постоянную форму	40	50	60	70	80	90	100	—	—	
по выплавляемой модели	100	110	120	135	150	175	190	—	—	
под давлением	100	110	120	130	145	170	—	—	—	
Горячая штамповка	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
Горячекатаный прокат	40	50	60	70	80	90	100	110	120	
Черновая обработка	30	40	50	60	70	80	90	100	110	
Чистовая обработка										
Шлифование										

Способ получения поверхности заготовки	Погрешность установки и закрепления (мкм) для деталей с размерами, мм							
	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-260	260-360

С вытовыми или эксцентрисовыми зажимами на опорные штифты

Литье:	100	125	150	175	200	225	250	300	350
в песчаную форму машинной формовки									
по металлической модели	100	110	120	130	140	150	160	180	200
в постольную форму	90	100	110	120	130	140	150	—	—
по выплавляемым моделям	80	90	100	110	120	130	140	—	—
под давлением	100	125	150	175	200	225	250	300	—
Горячая штамповка	100	125	150	175	200	225	—	—	—
Горячекатаный прокат	90	100	110	120	130	140	150	160	170
Черновая обработка	80	90	100	110	120	130	140	150	160
Чистовая обработка	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Шлифование									

С пневматическим зажимом с установкой заготовки на опорные пластинки

Литье:	80	90	100	110	120	140	160	190	220
в песчаную форму машинной формовки									
по металлической модели	55	60	65	70	80	90	100	110	120
в постольную форму	40	50	55	60	70	80	90	—	—
по выплавляемым моделям	30	35	40	50	60	70	80	—	—
под давлением	80	90	100	110	120	140	160	190	—
Горячая штамповка	80	90	100	110	120	140	—	—	—
Горячекатаный прокат	40	50	55	60	70	80	90	100	110
Черновая обработка	30	35	40	50	60	70	80	90	100
Чистовая обработка	20	25	30	40	50	60	70	80	90
Шлифование									

С пневматическим захватом с установкой заготовки на опорные штифты

Литье:

в несаную форму машинной формовки	90	100	120	140	160	180	200	240	280
по металлической модели	80	90	100	110	120	130	140	160	180
в постоянную форму	70	75	80	90	100	110	120	—	—
по выплавляемой модели	45	50	60	70	80	90	100	—	—
под давлением	90	100	120	140	160	180	200	240	—
Горячая штамповка	80	100	120	140	160	180	—	—	—
Горячекатаный прокат	70	75	80	90	100	110	120	130	140
Черновая обработка	60	70	80	90	90	100	110	120	130
Чистовая обработка	50	60	70	80	80	90	100	110	120
Шлифование									

7. Оптовые цены (руб.) за 1 т на сортовой материал (по прейскуранту № 01-08, 1980)

Марка стали	Сталь с поперечным сечением профиля проката, мм									
	20-21	22-24	25-30	31-40	41-50	52-70	70-100	105-140	150-200	210-250
Углеродистая качественная (ГОСТ 1050-74*)										
08	154	151	147	143	140	138	139	140	142	143
10	149	146	142	139	136	134	134	135	137	138
15-20	144	141	137	134	130	129	129	131	132	133
25, 30	145	142	138	136	131	130	130	131	133	134
35, 40	146	143	139	136	132	131	131	133	134	135
45, 50	147	145	140	137	134	132	133	134	136	136
55, 60	149	146	142	139	135	134	134	135	137	138
Легированная безникелевая (ГОСТ 4543-71)										
16Г, 20Г, 25Г	147	144	140	137	133	132	132	134	136	136
30Г, 35Г	148	145	141	138	134	133	133	135	136	137

Марка стали	Сталь с поперечным сечением профиля проката, мм									
	20-21	22-24	25-30	31-40	41-50	52-70	70-100	105-140	150-200	210-250
45Г, 50Г 10Г2 30Г2	151 149 151	146 146 148	142 142 144	139 139 141	136 135 137	134 134 136	134 134 136	136 136 138	138 138 139	138 138 140
Хромокремнистая (ГОСТ 4543-71)										
33ХС, 38ХС	168	164	160	156	152	150	150	152	154	155
Хромистая (ГОСТ 4543-71)										
16Х, 20Х, 30Х 35Х, 40Х, 45Х 50Х 16ХА	152 154 155 158	149 151 152 155	145 147 148 151	142 144 145 148	138 140 141 144	137 139 140 143	137 139 140 143	139 141 142 145	140 142 144 147	141 143 145 148
Хромокремнемарганцовистая (ГОСТ 4543-71)										
30ХГС 20ХГСА, 25ХГСА, 30ХГСА	185 193	181 189	176 183	171 179	166 174	165 172	165 172	166 174	168 176	170 177
Легированная никельсодержащая (ГОСТ 4543-71)										
20ХН, 40ХН, 45ХН 50ХН	209 211	206 207	201 202	197 198	192 193	190 192	191 192	193 195	196 197	197 198
Хромоникельвольфрамовая (ГОСТ 4543-71)										
30ХН2ВА, 38ХН2ВА, 40ХН2ВА 38ХН3ВА	440 492	398 406	391 399	385 394	379 387	377 386	378 387	385 393	391 400	392 401

8. Оптовая цена, руб., за 1 т горячештамповочных заготовок
(прейскурант № 25—01, 1981) из различных сталей

Масса одной штамповки, кг	Степень сложности заготовки							
	1	2	3	4	1	2	3	4
Углеродистые стали обыкновенного качества и качественные								
	Ст1сп — Ст6сп (ГОСТ 535—79*)				08—60 (ГОСТ 1050—74**)			
До 0,25	614	689	761	847	638	718	788	871
0,25—0,40	531	596	658	723	553	623	682	752
0,40—0,63	463	526	580	647	487	550	604	667
0,63—1,00	398	456	508	568	419	480	531	590
1,00—1,60	358	408	453	511	376	430	476	531
1,60—2,50	298	342	386	441	320	364	408	460
2,50—4,00	271	309	351	404	292	331	373	423
4,00—6,30	243	279	317	368	261	299	339	387
6,30—10,0	234	269	306	355	255	290	328	374
10,0—16,0	216	250	286	333	242	272	309	354
16,0—25,0	211	244	279	329	232	264	300	344
25,0—40,0	205	237	271	320	230	259	294	337
40,0—63,0	201	231	264	312	224	254	286	328
63,0—100	197	224	256	303	219	246	279	320
100—160	192	218	249	295	213	240	272	312
160—250	187	213	243	287	209	235	260	305
Легированные стали (ГОСТ 4543—71*)								
	18ХГТ, 25ХГТ, 30ХГТ				20ХН — 50ХН			
До 0,25	780	885	980	1075	810	886	988	1088
0,25—0,40	665	756	815	936	703	772	860	945
0,40—0,63	575	666	750	835	614	694	780	837
0,63—0,1	505	582	665	743	545	616	679	753
1,00—0,60	450	519	599	675	489	544	610	681
1,60—2,50	405	452	520	590	444	496	549	618
2,50—4,00	360	405	473	533	395	440	490	557
4,00—6,30	325	366	430	488	363	405	453	518
6,30—10,0	314	355	415	471	353	393	439	502
10,0—16,0	297	338	391	445	332	371	416	477
16,0—25,0	288	328	378	431	326	368	405	462
25,0—40,0	284	322	370	422	317	353	396	453
40,0—63,0	277	313	360	411	310	345	387	442
63,0—100	302	336	377	430	302	336	377	430
100—160	263	296	341	390	295	327	367	418
160—250	256	288	332	380	290	321	360	410
	12ХНЗА, 20ХНЗА, 30ХНЗА				20ХГМ, 25ХГМ, 38ХГМ			
До 0,25	1104	1243	1335	1462	831	950	1040	1185
0,25—0,40	938	1061	1156	1269	697	808	900	990
0,40—0,63	828	943	1030	1142	619	718	805	890
0,63—1,00	731	831	914	1017	555	638	718	800
1,00—1,60	660	748	825	925	508	574	651	730
1,60—2,50	596	670	742	860	448	505	578	644
2,50—4,00	536	600	667	748	399	456	521	585

Масса одной штамповки, кг	Степень сложности заготовки							
	1	2	3	4	1	2	3	4
	12ХНЗА, 20ХНЗА, 30ХНЗА				20ХГМ, 25ХГМ, 38ХГМ			
4,00—6,30	498	553	612	707	368	418	476	535
6,30—10,0	479	533	593	663	364	409	461	517
10,0—16,0	451	505	564	638	343	386	436	490
16,0—25,0	436	484	544	619	336	374	432	476
25,0—40,0	430	478	538	612	330	369	417	470
40,0—63,0	426	474	532	606	320	359	407	459
63,0—100	417	462	519	593	312	350	398	449
100—160	409	452	507	581	306	341	388	439
160—250	403	443	497	570	300	334	379	430

9. Оптовая цена (руб.) за 1 т лома и отходов углеродистых черных металлов (ГОСТ 2787—75*)

Вид отходов	Цена за 1 т, руб.	
	заготовитель- ная	сбытовая
Брикеты из стальной стружки	33—00	38—30
Стальная стружка	28—10	33—20
Вьюнообразная стальная стружка	16—10	21—10
Брикеты из чугуновой стружки	37—30	42—60
Чугунная стружка	24—80	29—90
Лом и отходы конструкционных сталей, легированных молибденом в сочетании с хромом, ванадием, кремнием и другими элементами, кроме никеля и вольфрама:		
лом и отходы	57—80	—
стружка	36—80	—
вьюнообразная стружка	26—80	—
Лом и отходы конструкционных сталей, легированных хромом, никелем, молибденом:		
стружка	60—80	—

10. Оптовые цены (руб.) за 1 т на отливки из чугуна ГОСТ 1412—79* (прейскурант № 25—01, 1981 г.)

Масса одной отливки, кг	Степень точности заготовки при литье									
	в песчаные формы					в кокиль				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	СЧ10, СЧ16, СЧ18					СЧ10, СЧ16, СЧ18				
0,25—0,40	293	351	417	483	555	263	316	375	435	499
0,40—0,63	283	335	400	464	536	255	301	360	418	482
0,63—1,00	269	320	384	446	518	242	288	346	401	466

Масса одной отливки, кг	Степень точности заготовки при литье									
	в песчаные формы					в кокиль				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	СЧ10, СЧ15, СЧ18					СЧ10, СЧ15, СЧ18				
1,00—1,60	256	306	368	428	500	230	275	331	385	450
1,60—2,50	244	293	353	413	483	220	264	318	372	435
2,50—4,00	233	282	338	398	468	210	254	304	358	421
4,00—6,30	222	270	325	384	453	200	243	292	346	408
6,30—10,0	212	259	312	370	438	191	233	281	333	394
10,0—16,0	203	249	300	357	424	183	224	270	321	382
16,0—25,0	194	240	289	345	410	175	216	260	310	369
25,0—40,0	187	231	278	333	397	168	208	250	300	358
40,0—63,0	180	223	268	322	385	162	201	241	289	347
63,0—100	174	215	259	311	374	157	193	233	280	337
100—160	168	208	251	301	363	151	187	226	271	327
160—250	163	202	243	292	353	147	182	219	263	318
	СЧ20, СЧ25, СЧ30					СЧ20, СЧ25, СЧ30				
0,25—0,40	312	370	442	508	580	281	333	398	457	522
0,40—0,63	297	353	424	489	561	267	318	382	440	505
0,63—1,00	282	337	407	471	543	254	303	366	424	489
1,00—1,60	269	322	391	453	525	242	290	352	408	472
1,60—2,50	256	309	375	436	507	230	278	337	392	456
2,50—4,00	244	297	359	419	489	220	267	323	377	440
4,00—6,30	233	285	343	402	472	210	255	309	362	425
6,30—10,0	223	273	328	386	456	201	246	295	347	410
10,0—16,0	213	264	315	372	440	192	238	283	335	396
16,0—25,0	204	255	304	360	425	184	229	274	324	382
25,0—40,0	197	246	293	348	412	177	221	264	313	371
40,0—63,0	190	238	283	337	400	171	214	255	303	360
63,0—100	184	230	274	326	389	166	207	247	293	350
100—160	178	223	266	316	378	160	201	239	284	340
160—250	173	217	258	307	368	156	195	232	276	331
	СЧ35, СЧ40, СЧ45									
0,25—0,40	322	380	452	518	590	290	342	407	466	531
0,40—0,63	307	363	434	499	571	276	327	391	449	514
0,63—1,00	292	347	417	481	553	263	312	375	433	498
1,00—1,60	279	332	401	463	535	251	299	361	417	481
1,60—2,50	266	319	385	446	517	239	287	346	401	465
2,50—4,00	254	307	369	429	499	229	276	332	386	449
4,00—6,30	243	295	353	412	482	219	265	318	371	434
6,30—10,0	233	283	338	396	466	210	255	304	356	419
10,0—16,0	223	274	325	382	450	201	247	292	344	405
16,0—25,0	214	265	314	370	435	193	238	283	333	391
25,0—40,0	207	256	303	358	422	186	230	273	322	380
40,0—63,0	200	248	293	347	410	180	223	264	312	369
63,0—100	194	240	284	336	399	175	216	256	302	359
100—160	188	233	276	326	388	169	210	248	293	349

11. Выбор марок твердого сплава для режущего инструмента при различных видах обрабатываемого материала

Вид и характер обработки	Углеродистая и легированная сталь	Труднообрабатываемая сталь	Чугун		Цветные металлы и сплавы
			HB 240	HB 300—700	
Точение черновое поковок, штамповок и литья по корке и окалине при неравномерном сечении среза и прерывистом резании (с ударами)	T5K10	T5K12B	BK8	BK8	BK4
	T5K128	T17K12	BK8B	BK8B	BK6
	BK8	BK8	BK4		BK8
Точение черновое по корке при неравномерном сечении среза и непрерывном резании	T14K8	BK4	BK4	BK6M	BK4
	T5K10	BK8	BK8	BK4	BK6
Резание получистовое и чистовое при неравном резании	T14K8	BK4	BK4	BK6M	BK2
	T5K10	BK8	BK6		BK4
Точение получистовое и чистовое при неравном резании	T15K6T	T14K8	BK6	BK6	BK3
	T15K6	T15K6		BK4	

Точное точение	T30K4	—	BK2	BK6M	BK3M
Обрезка и прорезка канавок	T5K10	BK4	BK6	BK6M	BK2
Зенкерование черновое	T15K6 T5K10 BK8	T15K6 BK4 BK8	BK4 BK8	BK4 BK6M BK8	BK4 BK3 BK8
Зенкерование полуцистовое и чистовое	T15K6 T14K8	T15K6 T5K10	BK4 BK6M	BK2 BK6M	BK2 BK3M
Фрезерование черновое	T15K6 T5K10	T5K10 BK8	BK6 BK8	— —	BK6 BK8
Фрезерование полуцистовое и чистовое	T30K4 T15K6	T15K6 T14K8	BK8 BK6	BK6M —	BK12 BK3M
Сверление сплошное неглубоких (нормальных) отверстий	T5K10 T5K12B BK8	T5K12B T17K12 BK8B	BK8 BK8B BK6	BK8 BK6	BK4 BK6 BK8

12. Притупки на сторону при механической обработке заготовок;
изготовленных горячей объемной штамповкой кузнечно-прессового
оборудования (ГОСТ 7505-74).

Масса заготов- ки, кг	Точ- ность		Группа стали		Степень слож- ности	Толщина (высота)						
	I кл.	II кл.	M1	M2		C1, C2	C3, C4	До 50		50 — 120		
								Шероховатость поверхности				
							50— 12,5	6,3— 1,6	0,8	50— 12,5	6,3— 1,6	0,8
До 0,25							0,6	1,1	1,4	0,7	1,2	1,5
0,25 — 0,40							0,7	1,2	1,5	0,8	1,3	1,6
0,40 — 0,63							0,8	1,3	1,6	0,9	1,4	1,7
0,63 — 1,0							0,9	1,4	1,7	1,0	1,5	1,8
1,0—1,6							1,0	1,5	1,8	1,1	1,6	1,9
1,6—2,5							1,1	1,6	1,9	1,2	1,7	2,0
2,5—4,0							1,2	1,7	2,0	1,3	1,8	2,1
4,0—6,3							1,4	1,9	2,2	1,5	2,0	2,3
6,3 — 10,0							1,6	2,1	2,4	1,7	2,2	2,5
10,0 — 16,0							1,8	2,3	2,6	1,9	2,4	2,7
16,0 — 25,0							2,0	2,5	2,8	2,1	2,6	2,9
25,0 — 40,0							2,2	2,7	3,0	2,3	2,8	3,1
40,0 — 63,0							2,4	2,9	3,3	2,5	3,0	3,4
63,0 — 100,0							2,7	3,2	3,6	2,8	3,3	3,7
100,0 — 160,0							3,0	3,5	3,9	3,2	3,7	4,1
160,0 — 250,0							3,3	3,9	4,3	3,6	4,2	4,6
250,0 — 400,0							3,6	4,2	4,7	4,0	4,6	5,1
							4,0	4,7	5,2	4,5	5,2	5,6
							4,5	5,2	5,8	5,0	5,7	6,2
							5,0	5,7	6,3	5,5	6,2	6,7
							5,5	6,3	6,9	6,0	6,8	7,8
							6,0	6,8	7,4	6,5	7,4	8,0

длина или ширина заготовки, мм

120 — 180	180 — 280	280 — 360	360 — 500
-----------	-----------	-----------	-----------

изготавливаемой детали Ra, мкм

50— 12,5	6,3— 1,6	0,8	50— 12,5	6,3— 1,6	0,8	50— 12,5	6,3— 1,6	0,8	50— 12,5	6,3— 1,6	0,8
0,8	1,3	1,6	0,9	1,4	1,7	1,0	1,5	1,8	1,1	1,6	1,9
0,9	1,4	1,7	1,0	1,5	1,8	1,1	1,6	1,9	1,2	1,7	2,0
1,0	1,5	1,8	1,1	1,6	1,9	1,2	1,7	2,0	1,3	1,8	2,1
1,1	1,6	1,9	1,2	1,7	2,0	1,3	1,8	2,1	1,4	1,9	2,2
1,2	1,7	2,0	1,3	1,8	2,1	1,4	1,9	2,2	1,5	2,0	2,3
1,3	1,8	2,1	1,4	1,9	2,2	1,5	2,0	2,3	1,6	2,1	2,4
1,4	1,9	2,2	1,5	2,1	2,4	1,7	2,2	2,5	1,7	2,3	2,6
1,6	2,1	2,4	1,8	2,3	2,6	1,9	2,4	2,7	2,0	2,5	2,8
1,8	2,3	2,6	2,0	2,5	2,8	2,1	2,6	2,9	2,2	2,7	3,0
2,0	2,5	2,8	2,2	2,7	3,0	2,3	2,8	3,1	2,4	2,9	3,2
2,2	2,7	3,0	2,4	2,9	3,2	2,5	3,0	3,3	2,6	3,1	3,4
2,4	2,9	3,2	2,6	3,1	3,5	2,7	3,2	3,6	2,8	3,3	3,7
2,6	3,1	3,5	2,8	3,3	3,7	2,9	3,4	3,8	3,0	3,5	3,9
2,9	3,4	3,8	3,1	3,6	4,0	3,2	3,7	4,1	3,3	3,8	4,2
3,3	3,8	4,2	3,4	3,9	4,3	3,5	4,0	4,4	3,6	4,1	4,5
3,7	4,3	4,7	3,8	4,4	4,8	3,9	4,5	4,9	4,0	4,6	5,0
4,2	4,8	5,3	4,3	5,0	5,5	4,4	5,1	5,6	4,5	5,2	5,7
4,7	5,4	5,9	4,8	5,5	6,0	4,9	5,6	6,1	5,0	5,7	6,2
5,2	6,0	6,5	5,3	6,1	6,6	5,4	6,2	6,7	5,5	6,3	6,9
5,7	6,5	7,0	5,8	6,6	7,1	5,9	6,7	7,3	6,0	6,9	7,5
6,2	7,0	7,5	6,3	7,1	7,7	6,4	7,3	7,9	6,5	7,5	8,1
6,7	7,6	8,2	7,4	7,7	8,3	6,9	7,9	8,6	7,0	8,0	8,7

Масса заготов- ки, кг	Точ- ность		Группа стали		Степень сложно- сти		Толщина (высота),					
							500 — 630			630 — 800		
	I кл.	II кл.	M1	M2	C1, C2	C3, C4	Шероховатость поверхности					
							50— 12,5	6,3— 1,6	0,8	50— 12,5	6,3— 1,6	0,8
До 0,25							1,3	1,8	2,1	—	—	—
0,25 — 0,40							1,4	1,9	2,2	1,6	2,1	2,4
0,40 — 0,63							1,5	2,0	2,3	1,7	2,2	2,5
0,63 — 1,0							1,6	2,1	2,4	1,8	2,3	2,6
1,0—1,6							1,7	2,2	2,5	1,9	2,4	2,7
1,6—2,5							1,9	2,4	2,7	2,0	2,5	2,8
2,5—4,0							2,1	2,6	2,9	2,2	2,7	3,0
4,0—6,3							2,3	2,8	3,1	2,4	2,9	3,2
6,3 — 10,0							2,5	3,0	3,3	2,6	3,1	3,4
10,0 — 16,0							2,7	3,2	3,5	2,8	3,4	3,8
16,0 — 25,0							2,9	3,4	3,8	3,0	3,6	4,0
25,0 — 40,0							3,1	3,6	4,0	3,3	3,9	4,2
40,0 — 63,0							3,4	3,9	4,3	3,6	4,2	4,6
63,0 — 100,0							3,7	4,3	4,7	4,0	4,6	5,0
100,0 — 160,0							4,1	4,7	5,2	4,4	5,0	5,5
160,0 — 250,0							4,6	5,3	5,9	4,8	5,5	6,0
250,0 — 400,0							5,1	5,8	6,4	5,2	5,9	6,5
							5,6	6,4	7,0	5,7	6,5	7,1
							6,1	7,0	7,6	6,2	7,0	7,7
							6,6	7,6	8,2	6,7	7,7	8,4
							7,1	8,1	8,8	7,2	8,2	9,1

длина или ширина заготовки, мм												
800 — 1000			1000 — 1250			1250 — 1600			1600 — 2000			
изготавливаемой детали Ra, мкм												
50— 12,5	6,3— 1,6	0,8	50— 12,5	6,3— 1,6	0,8	50— 12,5	6,3— 1,6	0,8	50— 12,5	6,3— 1,6	0,8	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,9	2,5	2,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,0	2,6	3,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,1	2,7	3,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,2	2,8	3,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,4	3,0	3,4	2,6	3,2	3,6	—	—	—	—	—	—	—
2,6	3,2	3,6	2,8	3,4	3,8	3,0	3,7	4,2	3,3	4,0	4,6	
2,8	3,4	3,8	3,0	3,6	4,0	3,2	3,9	4,4	3,5	4,2	4,8	
3,0	3,6	4,0	3,2	3,8	4,2	3,5	4,2	4,7	3,8	4,5	5,1	
3,2	3,8	4,2	3,5	4,1	4,5	3,8	4,5	5,1	4,1	4,8	5,4	
3,5	4,2	4,7	3,8	4,5	5,0	4,1	4,8	5,4	4,4	5,2	6,0	
3,8	4,5	5,0	4,1	4,8	5,3	4,4	5,2	5,9	4,7	5,5	6,3	
4,2	4,9	5,4	4,4	5,1	5,6	4,7	5,5	6,2	5,0	5,8	6,6	
4,6	5,4	6,0	4,8	5,6	6,2	5,0	5,8	6,5	5,3	6,1	6,9	
5,0	5,8	6,4	5,2	6,0	6,6	5,4	6,2	7,1	5,7	6,6	7,4	
5,4	6,3	7,0	5,6	6,5	7,2	5,8	7,2	7,6	6,1	7,1	8,0	
5,8	6,8	7,6	6,0	6,9	7,6	6,2	7,7	8,1	6,5	7,5	8,5	
6,3	7,3	8,1	6,5	7,5	8,3	6,7	8,2	8,6	6,9	7,9	8,9	
6,8	7,8	8,7	7,0	8,0	8,9	7,2	8,7	9,2	7,4	8,4	9,4	
7,3	8,3	9,3	7,5	8,5	9,5	7,7	9,2	9,7	7,9	8,9	9,9	

13. Припуск на механическую обработку чугунных отливок
(ГОСТ 1855-55), мм

Наибольший габаритный размер детали	I класс точности						II класс точности						III класс точности					
	Номинальный размер						Номинальный размер						Номинальный размер					
До 120	До 50	50-120	120-260	260-500	500-800	800-1250	До 50	50-120	120-260	260-500	500-800	800-1250	До 50	50-120	120-260	260-500	500-800	800-1250
	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3,5	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
121-260	2,5	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	4,0	4,5	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
	2,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3,0	3,5	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0

261—500	<u>3,5</u>	<u>3,5</u>	<u>4,0</u>	<u>4,5</u>	—	—	<u>4,5</u>	<u>5,0</u>	<u>6,0</u>	<u>6,5</u>	—	—	—	<u>6,0</u>	<u>7,0</u>	<u>7,0</u>	—
	2,5	3,0	3,5	3,5			3,5	4,0	4,5	5,0				4,5	5,0	6,0	
501—800	<u>4,5</u>	<u>4,5</u>	<u>5,0</u>	<u>5,5</u>	<u>5,5</u>	—	<u>5,0</u>	<u>6,0</u>	<u>6,5</u>	<u>7,0</u>	<u>7,0</u>	—	—	<u>7,0</u>	<u>7,0</u>	<u>8,0</u>	<u>8,0</u>
	3,5	3,5	4,0	4,5	4,5		4,0	4,5	4,5	5,0	5,5			5,0	5,0	6,0	7,0
800—1250	<u>5,0</u>	<u>5,0</u>	<u>6,0</u>	<u>6,5</u>	<u>7,0</u>	<u>7,0</u>	<u>6,0</u>	<u>7,0</u>	<u>7,0</u>	<u>7,5</u>	<u>8,0</u>	<u>8,5</u>	—	<u>7,0</u>	<u>8,0</u>	<u>8,0</u>	<u>9,0</u>
	3,5	4,0	4,5	4,5	5,0	5,0	4,0	5,0	5,5	5,5	5,5	6,5		5,5	6,0	6,0	7,0

П р и м е ч а н и е . Значения припусков в числителе указаны для поверхности, расположенной при заливке вверх, в знаменателе — для поверхности, расположенной при заливке снизу или сбоку.

14. Припуски на механическую обработку стальных отливок
(ГОСТ 2009-55), мм

Наибольший габаритный размер детали	I класс точности						II класс точности						III класс точности							
	Номинальный размер																			
	До 120	121-261	501-800	801-1251	1251-2000	До 120	121-261	501-800	801-1251	1251-2000	До 120	121-261	501-800	801-1251	1251-2000	До 120	121-261	501-800	801-1251	1251-2000
До 120	3,5	-	-	-	-	4,0	-	-	-	-	5,0	-	-	-	-	5,0	-	-	-	-
	3,0					4,0					4,0					4,0				
120-260	4,0	5,0	-	-	-	5,0	6,0	-	-	-	5,0	6,0	-	-	-	5,0	6,0	-	-	-
	3,0	3,5				4,0	4,0				4,0	5,0				4,0	5,0			
261-500	5,0	5,0	6,0	-	-	6,0	7,0	7,0	-	-	6,0	8,0	9,0	-	-	6,0	8,0	9,0	-	-
	3,0	4,0	4,0			5,0	5,0	6,0			5,0	6,0	6,0			5,0	6,0	6,0		
501-800	5,0	6,0	7,0	7,0	-	7,0	8,0	9,0	10,0	-	7,0	8,0	10,0	11,0	-	7,0	8,0	10,0	11,0	-
	4,0	4,5	5,0	5,0		5,0	6,0	6,0	7,0		5,0	6,0	7,0			5,0	6,0	7,0	7,0	
801-1250	7,0	7,0	8,0	8,0	9,0	8,0	9,0	10,0	10,0	11,0	8,0	9,0	10,0	10,0	11,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0
	5,0	5,0	6,0	6,0	6,0	6,0	7,0	7,0	8,0	8,0	6,0	7,0	7,0	8,0	8,0	6,0	7,0	8,0	8,0	9,0
1250-2000	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	16,0	9,0	10,0	10,0	11,0	12,0	10,0	10,0	11,0	12,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0
	6,0	6,0	6,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	8,0	8,0	9,0	7,0	7,0	8,0	8,0	7,0	8,0	9,0	9,0	10,0
																				11,0

П р и м е ч а н и е. Значения припусков в числителе при заливке вверху, в знаменателе — при заливке снизу или сбоку.

15. Краткая техническая характеристика металлообрабатывающих станков

Модель станка	Размеры обрабаты- ваемой детали, мм		Число скоро- стей	Частота вращения шпинделя, об/мин	Подача, мм/мин	Число подач	Мощ- ность, кВт	Масса, т	Габаритные размеры, мм
	диаметр	длина							
Автоматы токарно-револьверные одношпиндельные									
1E125	25	100	—	левое 125— 4000, правое 63—500	—	—	4,0	2,65	2160 × 100
1E40	40	100	—	левое 80— 2500, правое 40—315	—	—	5,5	2,65	2160 × 1000
Автоматы токарные одношпиндельные продольного точения									
11T16B	16	80	—	450—6300	—	—	3,0	1,2	1900 × 945
1D25B	25	100	—	315—4000	—	—	5,5	1,6	2600 × 1070
Автоматы токарные многошпиндельные горизонтальные прутковые									
1216-6	16	80	—	370—2650	—	—	7,5	4,0	5385 × 1000
1B240-6	40	160	22	140—1600	—	—	15,0	11,8	6170 × 1700
1B265-8K	50	150	24	97—1176	—	—	30,0	14,5	6130 × 1965
1B265-6K	65	150	26	73—1065	—	—	30,0	14,5	6265 × 1965
1B290-8K	80	250	20	80—706	—	—	30,0	22,5	8045 × 2185
1B290-6K	100	200	20	70,5—660	—	—	30,0	22,0	5350 × 2475
1B290-4K	125	200	20	50—508	—	—	30,0	22,0	5350 × 2130
Полуавтоматы токарные многошпиндельные горизонтальные прутковые									
1B240П-6	120	105	24	80—1120	—	—	18,5	11,5	4500 × 1750
1B265П-8K	120	150	21	97—814	—	—	30,0	14,0	4675 × 1825
1B265П-6K	160	150	24	78—805	—	—	30,0	14,0	4675 × 1825
1B290П-8K	160	200	24	48—806	—	—	30,0	18,4	4325 × 2114
1B290П-6K	200	200	24	42—617	—	—	30,0	18,4	4325 × 2011

Модель станка	Размеры обрабаты- ваемой детали, мм		Число ско- стей	Частота вращения шпинделя, об/мин	Подача, мм/мин	Число подач	Мощ- ность, кВт	Масса, т	Габаритные размеры, мм
	диаметр	длина							
Полуавтоматы токарные многорезцовые вертикальные									
1K282	250	—	28	42—628	0,041— —3,44	—	55,0	19,0	3070 × 2945
1283	400	—	28	28—410	0,094— —3,85	—	100,0	20,5	3250 × 3065
1B284	360	200	22	20—224	0,08—5,0	—	22	15,0	3285 × 2987
Токарно-револьверные станки									
1E316П	18	100	14	100—400	0,03—0,18	—	3,0	1,26	4020 × 920
1E316ПЦ	18	—	14	100—400	—	—	3,0	1,64	4000 × 1290
1Г340ПЦ	40	—	12	45—2000	—	—	6,2	3,45	2900 × 1150
1A425	250	175	—	50—1250	—	—	7,5	4,8	2570 × 1650
Станки токарно-винторезные и токарные									
16У04П	200	500	—	70—3500	—	—	1,1	0,52	1380 × 730
16Б05А	250	500	—	25—2500	—	—	1,5	1,24	1530 × 910
1М61	320	710	24	12,5—1600	0,08—1,9	—	4,0	1,26	2055 × 1095
16К20	400	710	23	12,5—1600	0,05—2,8	42	10	2,84	2505 × 1190
16К20	400	1000	23	12,5—1600	0,05—2,8	42	10	3,0	2795 × 1190
16К20	400	1400	23	12,5—1600	0,05—2,8	42	10	3,23	3195 × 1190
16К20	400	2000	23	12,5—1600	0,05—2,8	42	10	3,69	3795 × 1190
1М63Б	630	2800	22	10—1250	0,06—1,0	42	15	5,6	4950 × 1780
1A64	800	2800	24	7,1—750	0,20—3,05	32	18,5	11,4	5825 × 2000
Полуавтоматы токарные многорезцовые копировальные									
1716П	400	750	—	100—2000	6,3—1250	—	18,5	5,7	3250 × 1480
КМ144	500	1000	—	80—800	15—500	—	45,0	10,6	5250 × 1575
КМ205	580	360	—	80—800	0,015—0,8	—	30,0	6,0	2500 × 1405
1E732	320	1000	—	56—900	20—350	—	37,0	13,2	3590 × 2390
1Н713	500	500	—	63—1250	25—400	—	18,5	4,4	2450 × 1290

Станки вертикально-сверлильные									
2Г125	25	200	—	63-2000	0,1-1,6	9	2,2	0,78	730 X 910
2Н135Б	35	500	12	31,6-1400	0,1-1,6	9	4,0	3,5	1700 X 1030
2Н150	50	300	12	22,4-1000	0,05-2,24	12	7,5	1,87	2930 X 890
2Г175Б	75	500	—	56-710	0,05-2,24	12	11,0	3,6	1700 X 1030
2Г175М	85	500	12	22-1000	0,05-2,24	12	11,0	5,0	1800 X 1100
Станки центральные и фрезерно-центральные									
2А931	125	70-500	—	500-2000	0,01-0,16	—	4,4	2,39	2000 X 1050
2982	25-80	250-1000	—	—	—	—	26,81	8,6	4000 X 4150
Станки круглошлифовальные									
3У132	280	1000	—	40-400	0,05-5,0	—	5,5	6,5	5500 X 2585
3М131	280	700	—	1590	0,05-5,0	—	7,5	6,8	5500 X 2585
3У142	420	1000	—	30-300	0,05-5,0	—	7,5	7,5	6310 X 2585
3У144	400	2000	—	30-300	0,05-4,5	—	7,5	10,0	6920 X 2585
3М151	200	700	—	50-500	0,05-5,0	—	10,0	5,6	4975 X 2241
3М152	200	1000	—	50-500	0,05-5,0	—	10,0	6,1	4975 X 2337
3М173	400	1400	—	1270	0,05-5,0	—	18,5	11,8	5800 X 2840
Станки бесцентрово-шлифовальные									
3М182	0,8-75	170	—	17-150	—	—	7,5	3,47	2230 X 1455
3М184	3-80	250	—	11-150	—	—	10,0	6,85	2945 X 1885
3М185	8-160	320	—	15-100	—	—	22,0	9,29	3250 X 2550
Станки внутришлифовальные									
3К225Б	3-25	50	—	280-2000	1-7	—	0,76	2,8	2225 X 1775
3К227Б	20-100	125	—	60-1200	1-7	—	4,0	4,3	2815 X 1900
3К228Б	50-200	200	—	100-600	—	—	5,5	6,6	3970 X 2200
3К229Б	100-400	320	—	40-240	—	—	7,5	8,6	4570 X 2530
Станки плоскошлифовальные с прямоугольным столом									
3Д722	1250 X	—	—	1460	300-1260	—	15,0	8,7	4010 X 2130

* Размеры стола станка, мм

Модель станка	Размеры обрабатываемой детали, мм		Число скоростей	Частота вращения шпинделя, об/мин	Подача, мм/мин	Число подач	Мощность, кВт	Масса, т	Габаритные размеры, мм
	диаметр	длина							
ЗД726	2000 X 630 X 630*	—	—	1500	3—30	—	30,0	15,45	5750 X 2860
ЗД732	800 X 320 X 400*	—	—	1460	300—1220	—	22,0	8,2	4010 X 2130
Станки плоскошлифовальные с круглым столом									
ЗЕ766	800	450	—	1000	5—30	—	55,0	10,1	2800 X 2500
ЗП772-2	1000	250	—	0,25—1,4	—	—	30,0	14,8	5326 X 4400
Станки шлифцилиндрические									
3451	11—25	550	—	2880, 4500	1—22	—	3,0	3,9	2800 X 1515
3451Б	11—125	850	—	6300	1—22	—	3,0	4,03	3450 X 1815
3451В	11—125	1260	—	2880, 4550, 6300	1—22	—	3,0	6,2	4450 X 1515
3451Г	11—125	1850	—	6300	1—22	—	3,0	6,8	5250 X 1515
ЗП451	11—125	380	—	6300	1—22	—	3,0	4,1	2600 X 1515
Резьбошлифовальные станки									
5К821В	2—95	270	—	0,3—55	—	—	3,0	4,85	1795 X 1910
5К822В	3—150	375	—	0,3—55	—	—	3,0	5,35	22 X 2038
5К823В	30—320	950	—	0,11—33	—	—	5,5	8,7	3780 X 2510
Станки зубофрезные для цилиндрических колес									
5304П	80, m = 1,5	—	—	200—1250	0,1—1,6	—	1,5	2,48	1215 X 1195

* Размеры стола станка, мм

5К301П	125, m = 2,5	—	100—500	0,35—45	—	2,2	1,84	1320 × 1120
53А30	320, m = 6,0	—	50—400	0,63—7	—	4,2	6,8	2300 × 1500
53А50	500, m = 8,0	—	40—405	0,75—7,5	—	12,5	9,85	2670 × 1810
53А80	800, m = 10	—	40—405	0,75—7,5	—	12,5	10,8	2897 × 1810
5К328А	800, m = 12	—	32—200	0,5—5,6	—	10,0	13,98	3580 × 1790
5А342П	1200, m = 20	—	8—100	0,3—15	—	13,0	31,8	6910 × 2990
Станки зубодолбежные для цилиндрических колес								
5111	80, m = 1	20	250—1600	0,25— 0,16	—	1,1	1,77	1635 × 1090
5122	200, m = 5	50	200—850	0,16— 1,60	—	2,8	4,4	2000 × 1450
5140	500, m = 8	100	65—450	0,02—0,1	—	3,1	4,4	1900 × 1450
5М150	800, m = 12	160	33—188	—	—	5,7	10,8	4210 × 1800
5М161	1250, m = 12	160	33—212	—	—	5,7	10,9	4385 × 1860
Станки шлицефрезерные								
5350А	150, m = 6	925	80—250	0,63—5	—	6,5	4,1	2585 × 1550
5350В	150, m = 6	1425	80—250	0,63—5	—	7,0	4,1	3095 × 1550
Станки зуборезные для прямоугольных конических колес								
5Т23В	125, m = 1,5	12	210—660	—	—	1,1	3,0	1620 × 1050
5236П	125, m = 2,5	20	—	—	—	1,1	3,0	1620 × 1050
5С276П	500, m = 10	80	42—400	—	—	4,0	9,0	2940 × 2090

Модель станка	Размеры обрабаты- ваемой детали, мм		Число ско- стей	Частота вращения шпинделя, об/мин	Подача, мм/мин	Число подач	Мощ- ность, кВт	Масса, т	Габаритные размеры, мм
	диаметр	длина							
5С286П	800, m = 16	125	—	34—167	—	—	7,5	15,5	3235 X 2180
5Е283	1600, m = 30	270	—	17—127	—	—	7,5	19,12	3725 X 2780
Станки горизонтально-фрезерные консольные									
6Р81Г	250 X X1000*	50—410	—	50—1600	35—1020	—	5,5	2,21	1480 X 1990
6Р82Г	320 X X1250*	30—450	18	31,5—1600	25—1250	18	7,5	2,83	2305 X 1950
6Р83Г	400 X X1600*	30—450	18	31,5—1600	25—1250	18	11,0	3,7	2560 X 2260
Станки вертикально-фрезерные консольные									
6Р11	250 X X1000*	50—410	—	50—1600	35—1020	—	5,5	2,36	1480 X 1990
6Р12	320 X X1250*	50—450	18	31,5—1600	25—1250	18	7,5	3,12	2305 X 1950
6Р13	400 X X1600*	80—500	18	31,5—1600	25—1250	18	11,0	4,2	2560 X 2260
Станки горизонтально-протяжные									
7Б55	100000 Н	1250	—	0,025—0,19	—	—	17,0	5,1	6340 X 2090
7Б56	200000 Н	1550	—	0,025—0,22	—	—	30,0	7,0	7200 X 2135
7Б57	400000 Н	2000	—	0,016—0,10	—	—	40,0	13,0	9400 X 2500
Станки протяжные вертикальные									
7Б64	50 000 Н	1000	—	0,025—0,19	—	—	11,0	5,0	2875 X 1350

*Размеры стола станка, мм

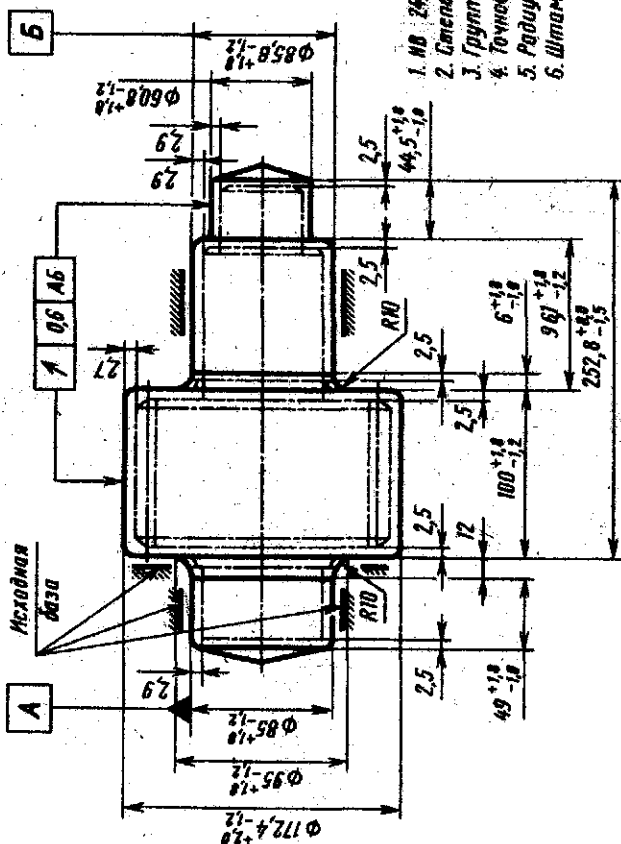
7Б65	100 000 Н	1250	—	0,025—0,19	—	—	22,0	8,2	3292 X 1383
7Б66	200 000 Н	1250	—	0,025—0,22	—	—	30,0	11,0	3860 X 1392

Станки с числовым программным управлением

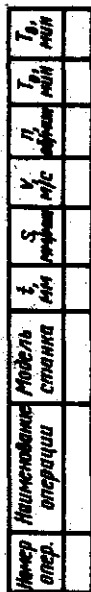
Токарные									
16Б16Ф3-05	320	750	—	40—2000	1—1200	—	7,1	3,0	3385 X 3260
16К20Т1-01	500	1000	22	12,5—2000	0,0—2,8	—	11,0	4,1	3700 X 1700
16К20Ф3С5	500	1000	23	12,5—2000	3—1200	—	11,0	5,2	3360 X 1710
16К30Ф3	630	1400	—	6,3—1250	0,010	—	22,0	7,4	4300 X 2200
Вертикально-сверлильные									
2Р135Ф2-1	35, М24	360	—	45—2000	10—500	—	3,7	4,7	1860 X 2170
Круглошлифовальные и плоскошлифовальные									
3М151Ф2	200	700	—	50—500	0,04—1,2	—	10,0	6,5	5400 X 2400
3Е711Ф1	630 X 200 X X 320*	—	—	0,03—0,58	—	—	5,6	3,65	2965 X 1980
Вертикально-фрезерные консоли									
6Р11Ф3-1	250 X 1000	50—400	—	80—2500	0,1—4800	—	5,5	3,9	2265 X 2230
6Р13Ф3-01	400 X 1600	70—450	—	40—2000	10—2000	—	7,5	5,6	3620 X 3200
Многооперационные станки									
Вертикально-сверильно-фрезерно-расточной полуавтомат									
243ВМФ2	25 сверл. 160 раст. Магазин 30 инстр.	—	21	40—2500	3,15—2500	30	2,2	—	1590 X 1640
Горизонтальный фрезерно-сверильно-расточной полуавтомат									
6904ВМФ2	400 X 500 Магазин 30 инстр.	—	19	32—2000	3,15—2500	31	4,5	—	2650 X 1950
Горизонтальный многооперационный полуавтомат									
6305Ф4	12 X 500	—	21	16—1600	10—2500	—	7,8	—	3900 X 2650



* Размеры стола станка, мм

А



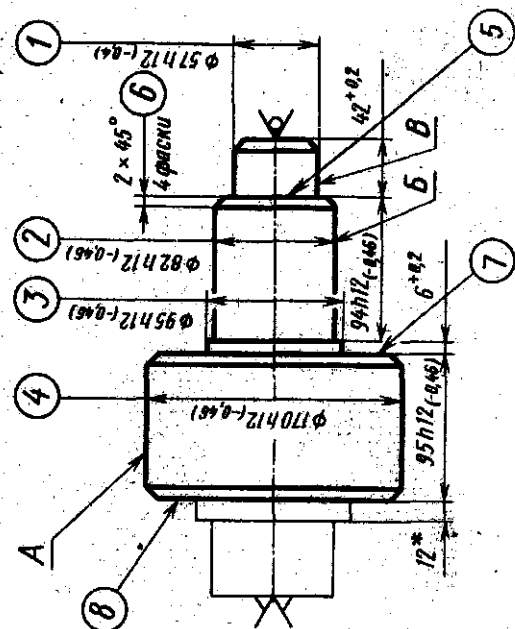
КП. 0501.80.02.А. 09.00.01			
Вал-шестерня (заготовка)	4	20,9	1:1
Сталь 40Х ГОСТ 4633-71	К/МТ		



	Карта наводки	

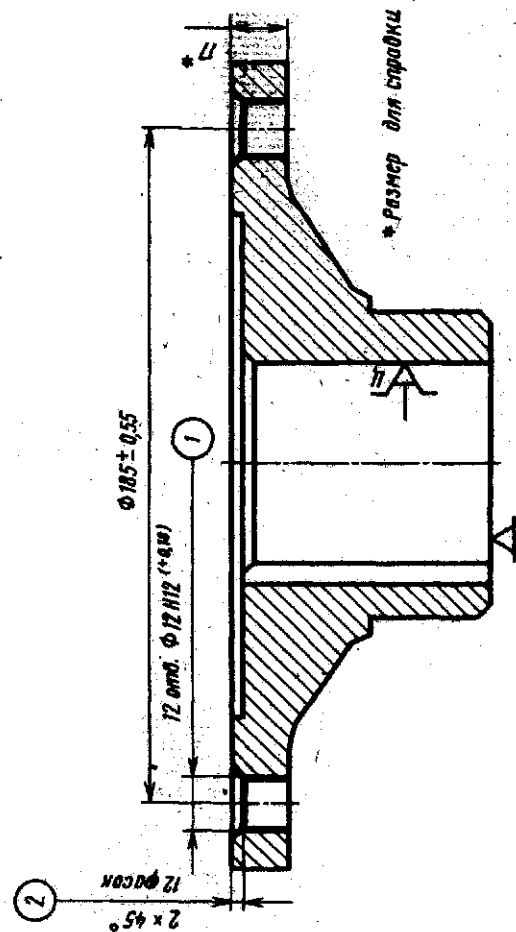
19. Технологический эскиз на токарную операцию

FOET 3.1105-74 ФОРМАТ 5

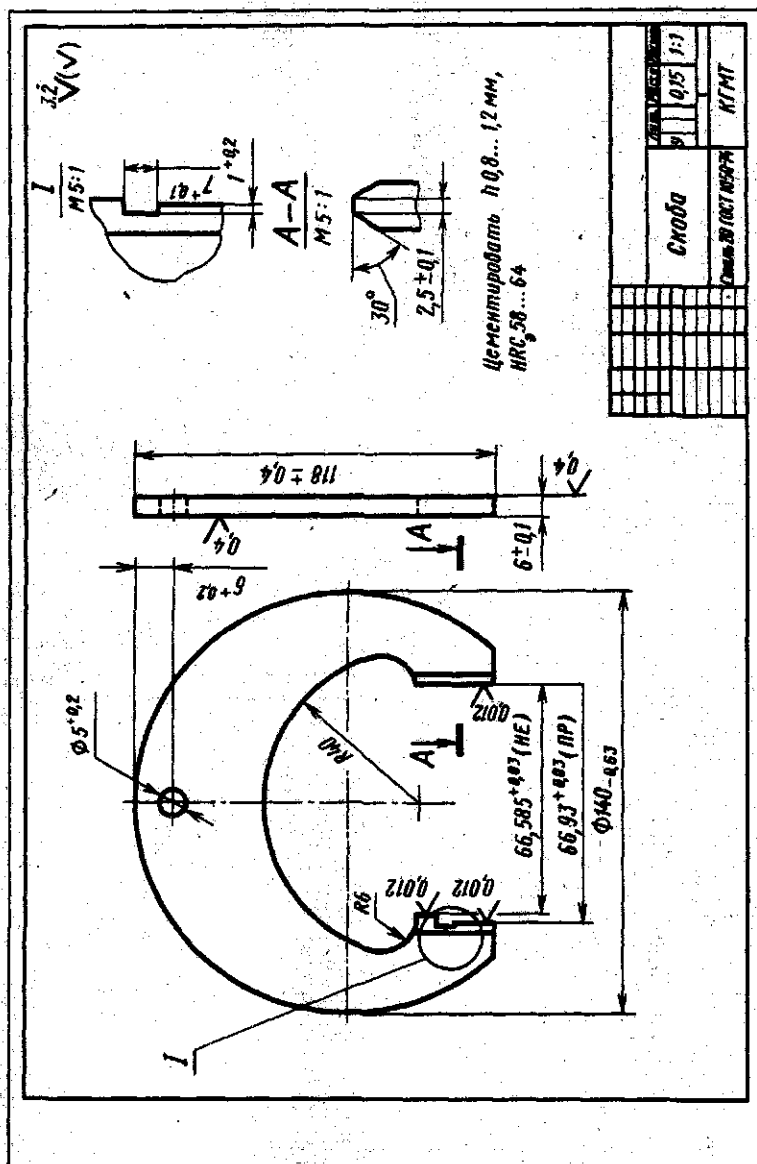
[illegible]

ГОСТ 3.1105-74 ПОРМА 3

FOCT 71105-74 FROM 5

[illegible]

22. Пример выполнения чертежа измерительного инструмента



24. Обозначения условные графические, применяемые
в технологических процессах. Опоры, зажимы и
установочные устройства ГОСТ 3.1107-81











Наименование	Обозначение на видах		
	спереди, сзади	сверху	снизу
Неподвижная	А. Обозначение опор		
Подвижная			
Плавающая			
Регулируемая			

Б. Обозначение зажимов





Одиночный			
Двойной			




В. Обозначение установочного устройства

Центр неподвижный		Без обозначения	Без обозначения
Центр вращающийся		Без обозначения	Без обозначения

Наименование	Обозначение на видах		
	спереди, сзади	сверху	снизу
Центр плавающий		Без обозначения	Без обозначения
Оправка цилиндрическая			
Оправка шариковая (роликовая)			
Патрон пододковый			

25. Обозначение формы рабочей поверхности опор и устройств зажима

Наименование	Обозначение
Форма рабочей поверхности	
Плоская	
Сферическая	
Цилиндрическая (шариковая)	
Призматическая	

Наименование	Обозначение
Коническая	
Ромбическая	
Треугольная	

Устройство зажима

Пневматическое
Гидравлическое
Электрическое
Магнитное
Электромагнитное
Прочее

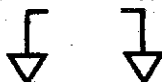
P
H
E
M
EM
Без обозначения

Примечания к приложениям 24 и 25.

1. Для цанговых оправок (патронов) следует применять обозначение

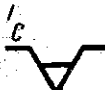


2. Для двойных зажимов длина устанавливается разработчиком в зависимости от расстояния между точками приложения сил. Допускается упрощенное графическое обозначение двойного зажима:



3. Допускается обозначение опор и установочных устройств, кроме центров, наносить на выносных линиях.

4. Для гидропластовых оправок допускается применять обозначение



5. Допускается на отдельных проекциях не указывать обозначения опор, зажимов и установочных устройств относительно изделия, если их положение однозначно.

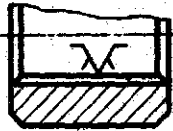
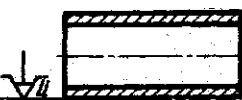
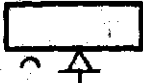
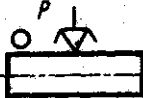

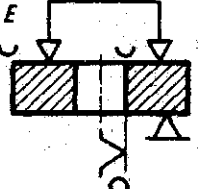
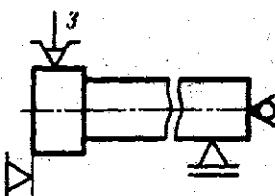
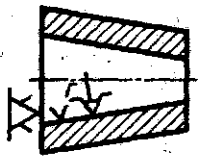
6. Для указания рельефа рабочих поверхностей (рифленая, резьбовая, шлицевая и т.д.) опор, зажимов и установочных устройств следует применять графическое обозначение




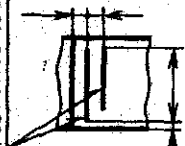
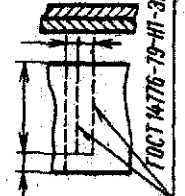



Обозначение обратных центров следует выполнять в зеркальном изображении.


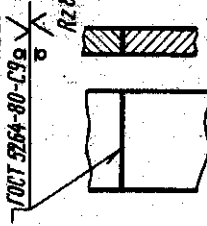
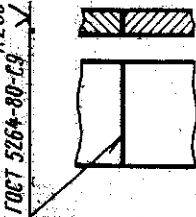
26. Примеры выполнения схем установок изделий (ГОСТ 3.1107-81)

Наименование	Примеры
Центр неподвижный (гладкий)	
Центр плавающий	
Центр обратный вращающийся с рифленой поверхностью	
Люнет подвижный	
Оправка цилиндрическая	
Оправка резьбовая, цилиндрическая с наружной резьбой	
Центр рифленый	
Центр вращающийся	
Патрон поводковый	
Люнет неподвижный	
Оправка коническая, роликовая	

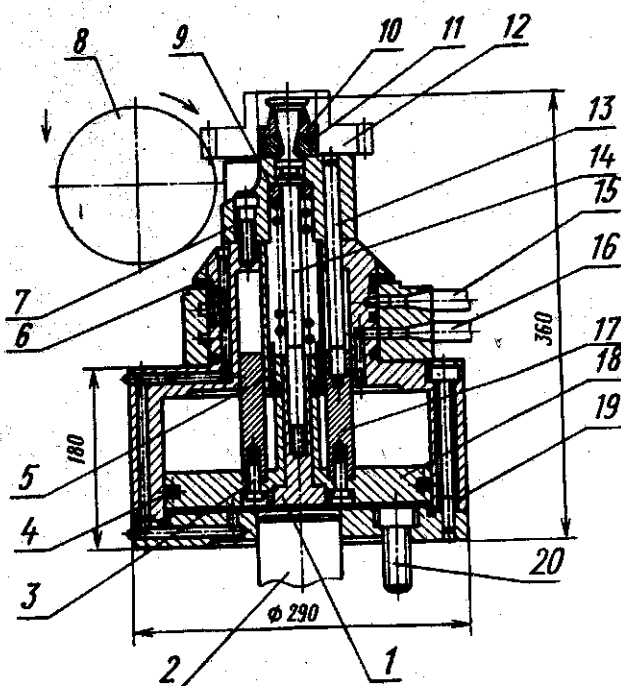
Наименование	Примеры
Оправка шлицевая	
Оправка цапговая	
Опора регулируемая со сферической выпуклой рабочей поверхностью	
Зажим пневматический с цилиндрической рифленой рабочей поверхностью	
В тисках с призматическими губками и пневматическим зажимом	
В кондукторе с центрированием на цилиндрический палец, с упором на три неподвижные опоры и с применением электрического устройства двойного зажима, имеющего сферические рабочие поверхности	
В трехкулачковом патроне с механическим устройством зажима, с упором в торец, с поджимом вращающимся центром и с креплением в поджимном люнете	
На конической оправке с гидропластовым устройством зажима, с упором в торец на рифленую поверхность	

27. Примеры условных обозначений стандартных сварных соединений
(ГОСТ 2.312-72)

Характеристика шва	Форма поперечного сечения шва	Условное обозначение шва на чертеже	
		с лицевой стороны	с обратной стороны
<p>Шов электрозаклепочный соединения внахлестку, выполняемый аргоно-дуговой сваркой плавящимся электродом.</p> <p>Диаметр электрозаклепки 9 мм. Расположение электрозаклепок шахматное. Усилие снято</p>		 <p>ГОСТ 14776-79-ИТ-3ИЛ/3-32/100а</p>	 <p>ГОСТ 14776-79-ИТ-3ИЛ/3-32/100а</p>
<p>Шов стыкового соединения без скоса кромок, односторонний, на остающейся подкладке, выполняемый сваркой нагретым газом с присадкой</p>		 <p>ГОСТ 16310-80-С2-ИП</p>	 <p>ГОСТ 16310-80-С2-ИП</p>

Характеристика шва	Форма поперечного сечения шва	Условные обозначения шва на чертеже	
		с лицевой стороны	с обратной стороны
<p>Шов стыкового соединения с криволинейным скосом одной кромки, двусторонний, выполненный электродуговой сваркой при монтаже изделия. Усилие снято с обеих сторон. Шероховатость поверхностей шва:</p> <p>с лицевой стороны — Rz 20; с оборотной — Rz 80</p>			

28. Пример выполнения сборочного чертежа
стального приспособления



Размеры для справок

КП.0501.80.02.Д.03.01.00СБ									
Приспособление					МТ-1				
Сборочный					Лист 1 из 1				
Чертеж					КГМТ				

Пример заполнения спецификации по ГОСТ 2.108-68*

Код докум. Лист	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
			<u>Документация</u>		
A1		КП.0501.80.03.Д.06.01.00СБ	Сборочный чертеж		
			<u>Сборочные единицы</u>		
A4	1	КП.0501.80.03.Д.06.01.10	Распределитель	1	
A4	2	КП.0501.80.03.Д.06.01.20	Пневмоцилиндр	1	
			<u>Детали</u>		
A2	3	КП.0501.80.03.Д.06.01.01	Корпус	1	
A2	4	КП.0501.80.03.Д.06.01.02	Крышка	1	
A3	5	КП.0501.80.03.Д.06.01.03	Призма	2	
A2	6	КП.0501.80.03.Д.06.01.04	Рычаг	1	
A4	7	КП.0501.80.03.Д.06.01.05	Палец	1	
A4	8	КП.0501.80.03.Д.06.01.06	Болт	2	
A4	9	КП.0501.80.03.Д.06.01.07	Гайка	2	
A4	10	КП.0501.80.03.Д.06.01.08	Втулка	1	
A4	11	КП.0501.80.03.Д.06.01.09	Винт	1	
			<u>Стандартные изделия</u>		
			Болт 2М12×125.6Н×60.		
			109. 40Х.016 ГОСТ 7798-70	8	
			Болт М16×70.5Н		
			ГОСТ 7798-70	4	
			Гайка 2М12×125.6Н.12		
			40Х.016 ГОСТ 5915-70	8	
			Гайка М16.5. ГОСТ 5915-70	4	
			Шайба 12.01.019 ГОСТ 1371-70	8	
			Шайба 16.01.019. ГОСТ 1371-70	4	
Дополнительные графы по ГОСТ 2.104-68*					
Изм.	Исх.	И.В.Кузнецов	И.В.Кузнецов	КП.0501.80.03.Д.06.01.00	
Разр.	Исп.	И.В.Кузнецов	И.В.Кузнецов	Кондуктор	
И.В.Кузнецов	И.В.Кузнецов	И.В.Кузнецов	И.В.Кузнецов		
И.В.Кузнецов	И.В.Кузнецов	И.В.Кузнецов	И.В.Кузнецов	КГМТ	

МИНИСТЕРСТВО ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ УССР

УТВЕРЖДАЮ

Зам директора по учебной
работе " " 1985

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА к курсовому проекту

Председатель предметной
(цикловой) комиссии
(личная подпись)
И. Г. Гук

Руководитель проекта
(личная подпись)
А. В. Жук
08.09.85

Учащийся
(личная подпись)
П. Н. Гусев
05.09.85

Долгопрудненский авиационный техникум
Электронная библиотека



Козловский Александр Юрьевич



141702 Россия Московская обл.
г. Долгопрудный, пл. Собина, 1

Phone: 8(495)4084593 8(495)4083109
Email: dat_te@mail.ru
Site: gosdat.ru

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аршинов В.А., Алексеев Г.А. Резание металлов и режущий инструмент. М.: Машиностроение, 1975. 440 с.
2. Белоусов А.П. Проектирование станочных приспособлений. М.: Высшая школа, 1974. 276 с.
3. Боголюбов С.К., Воинов А.В. Черчение. М.: Машиностроение, 1982. 308 с.
4. Городецкий Ю.Г. Конструкция, расчет и эксплуатация измерительных инструментов и приборов. М.: Машиностроение, 1971. 376 с.
5. Горюшкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. Справочник. М.: Машиностроение, 1979. 304 с.
6. Данилевский В.В. Технология машиностроения. М.: Высшая школа, 1978. 416 с.
7. Зазерский Е.И., Жолнерчик С.И. Технология обработки деталей на станках с программным управлением. Л.: Машиностроение, 1975. 208 с.
8. Доктева С.Е. Станки с программным управлением. М.: Машиностроение, 1977. 288 с.
9. Марков Н.Н., Ганевский Г.М. Конструкция, расчет и эксплуатация измерительных инструментов и приборов. М.: Машиностроение, 1981. 368 с.
10. Маталин А.А., Френкель Б.И., Панов Ф.С. Проектирование технологических процессов обработки деталей на станках с числовым программным управлением. Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1977. 261 с.
11. Медовой И.А., Уманский Я.Г., Журавлев Н.М. Исполнительные размеры калибров. Справочник. Книга 1. М.: Машиностроение, 1980. 384 с.
12. Металлорежущие станки. КATALOGИ-справочники. НИИМАШ, 1981. 000 с.
13. Миллер Э.Э. Техническое нормирование труда в машиностроении. Изд. 3-е, перераб. М.: Машиностроение, 1972. 248 с.
14. Наладка и эксплуатация агрегатных станков и автоматических линий / М.М. Гольдин, В.Д. Зуев, Л.А. Иванов и др. Справочное пособие. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1974. 464 с.
15. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1984. 400 с.
16. Нефедов Н.А. Дипломное проектирование в машиностроительных техникумах. М.: Высшая школа, 1976. 000 с.
17. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. М.: Машиностроение, 1974. 354 с.
18. Режимы резания металлов. Справочник / Под ред. Ю.В. Барановского. Изд. 3-е, перераб. 1972. 408 с.
19. Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мищеракова. М.: Машиностроение, т. 1, 1973. 295 с.
20. Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. А.Н. Малова. Изд. 3-е, перераб. М.: Машиностроение, т. 2, 1972. 720 с.
21. Справочник металлиста / Под ред. А.Н. Малова. Изд. 3-е, перераб. М.: Машиностроение, т. 3, 1977. 720 с.
22. Чернов Н.Н. Металлорежущие станки. Учебник для техникумов. Изд. 3-е. М.: Машиностроение, 1978. 392 с.
23. Шатин В.П., Шатин Ю.В. Справочник конструктора-инструментальщика. М.: Машиностроение, 1975. 456 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
1. Основные положения о курсовом проекте	4
1.1. Тематика курсовых проектов	4
1.2. Содержание курсового проекта	5
2. Общие требования к выполнению курсового проекта	6
2.1. Требования к выполнению пояснительной записки курсового проекта	6
2.2. Требования к выполнению графической части курсового проекта	8
2.3. Требования к выполнению технологического процесса изготовления детали	16
3. Методика выполнения разделов курсового проекта	19
3.1. Вводная часть	20
3.2. Общая часть	20
3.2.1. Описание изделия, сборочной единицы и детали	20
3.2.2. Материал детали и его свойства	21
3.2.3. Анализ технологичности детали	21
3.2.4. Определение типа производства	23
3.3. Технологическая часть	25
3.3.1. Выбор вида и метода получения заготовки	26
3.3.2. Техничко-экономическое обоснование выбора заготовки	27
3.3.3. Основные положения системы ЕСТД	48
3.3.4. Анализ заводского технологического процесса	48
3.3.5. Разработка маршрутного технологического процесса	49
3.3.6. Определение промежуточных припусков, допусков и размеров	56
3.3.7. Аналитический метод определения припусков	57
3.3.8. Статистический метод определения припусков	72
3.3.9. Выбор технологического оборудования	73
3.3.10. Выбор и описание станочных приспособлений	76
3.3.11. Выбор и описание режущего инструмента	77
3.3.12. Выбор и описание измерительных средств	78
3.3.13. Установление режимов обработки аналитическим методом	90
3.3.14. Определение режимов резания статистическим методом	94
3.3.15. Расчет технической нормы времени	98
3.3.16. Техничко-экономическое сравнение вариантов обработки операции	102
3.3.17. Методика разработки операционного технологического процесса механической обработки	

3.4 Конструкторская часть	104
3.4.1. Расчет и проектирование станочного приспособления	104
3.4.2. Расчет и проектирование рукоятки инструмента	116
3.4.3. Расчет и проектирование контрольно-измерительного инструмента (приспособления)	122
4. Защита курсового проекта	129
4.1. График выполнения курсовых проектов	129
4.2. Подготовка к защите курсовых проектов	131
4.3. Защита курсовых проектов	132
4.4. Ошибки и недостатки в курсовых проектах	132

Приложения

1. Шероховатость поверхности Ra (мкм) в зависимости от точности изготовления деталей	134
2. Точность и качество поверхности при обработке наружных цилиндрических поверхностей	134
3. Точность и качество поверхности при обработке отверстий	135
4. Точность и качество поверхности при обработке поверхностей	137
5. Погрешность установки заготовки в патронах без выверки	138
6. Погрешность установки заготовки на постоянные опоры в приспособлениях	139
7. Оптовые цены на сортовой материал (по прейскуранту № 01—08, 1980)	141
8. Оптовые цены в рублях за тонну горячештампованных заготовок (прейскурант № 25—01, 1981)	143
9. Оптовые цены на лом и отходы углеродистых черных металлов по ГОСТ 2787—75	144
10. Оптовые цены на отливки в рублях за 1 т (прейскурант № 25—01, 1981)	144
11. Выбор марок твердого сплава для режущего инструмента при различных видах обрабатываемого материала	146
12. Припуски на сторону при механической обработке заготовок, изготовленных горячей объемной штамповкой на различных видах кузнечно-прессового оборудования (ГОСТ 7505—74)	148
13. Припуски на механическую обработку чугуновых отливок, мм (ГОСТ 1855—55)	150
14. Припуски на механическую обработку стальных отливок, мм (ГОСТ 2009—55)	152
15. Краткая техническая характеристика металлообрабатывающих станков	153
16. Рабочий чертеж заготовки	160
17. Рабочий чертеж заготовки шестерни	161
18. Карта наладки токарного многоорецового станка	162
19. Технологический эскиз на токарную операцию	163
20. Технологический эскиз на фрезерную операцию	164
21. Технологический эскиз на сверлильную операцию	165
22. Пример выполнения чертежа измерительного инструмента	166
23. Рабочий чертеж детали (вал—шестерня)	167
24. Условные графические обозначения, применяемые в технологических процессах. Опоры, зажимы и установочные устройства (ГОСТ 3.1107—81)	168
25. Обозначение формы рабочей поверхности опор и устройств зажима	169

26. Примеры выполнения схем установок изделий (ГОСТ 3.1107-81)	171
27. Примеры условных обозначений стандартных сварных соединений (ГОСТ 2.312-72)	173
28. Пример выполнения сборочного чертежа станочного приспособления	175
29. Пример заполнения спецификации (ГОСТ 2.108-68*)	177
30. Пример заполнения титульного листа на комплект технологической документации	178
31. Пример заполнения титульного листа пояснительной записки к курсовому проекту	179

Список литературы

Иван Семенович Добрыдзян

КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПО ПРЕДМЕТУ „ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ”

Редактор А. А. Степа

Художественный редактор И. К. Капралова

Технический редактор Г. Г. Семенова

Корректор Л. В. Тарасова

ИБ 4367

Сдано в набор 25.07.84	Подписано в печать 25.01.85	Т-01734
Формат 60 X 90 ¹ / ₁₆	Бумага типографская № 3	Печать офсетная
Гарнитура Сенчури	Усл. печ. л. 11,5	Усл. кр.-отг. 11,75
Уч.-изд. л. 11,58	Тираж 75 000 (1-й з-д. 1-25 000 экз)	Заказ 183 Цена 35 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство "Машиностроение", 107076, Москва, Стромьинский пер., 4

Московская типография № 32
Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
103051, Москва. Цветной бульвар, 26

Отпечатано в Московской типографии № 6 Союзполиграфпрома при
Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и
книжной торговли.

109088, Москва, Ж - 88, Южнопортовая ул., 24



«МАШИНОСТРОЕНИЕ»