

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Вологодская государственная
молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина»**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
РЕЗАНИЕМ**

Учебно-методическое пособие по дисциплине
«Проектирование технологических процессов в машиностроении»

Рекомендовано редакционно-издательским советом Вологодской ГМХА в качестве
учебно-методического пособия для студентов направления подготовки 35.03.06 –
«Агроинженерия».

Вологда – Молочное
2023

УДК 621.9
ББК 34.5
Б 483

Рецензент – доктор технических наук, профессор ***В.Н. Острецов***

Берденников Е.А.

Б 483 Проектирование технологического процесса механической обработки конструкционных материалов резанием: учебно-методическое пособие. – Вологда – Молочное: Вологодская ГМХА, 2023. – 95 с.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 – «Агроинженерия». В учебно-методическом пособии приведен порядок и пример проектирования механической обработки деталей резанием, приведены правила оформления технологических документов.

УДК 621.9
ББК 34.5

ISBN 978-98076-086-1

© Берденников Е.А., 2023
© ИЦ ВГМХА, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Исходные данные для проектирования и технологический контроль	5
2. Выбор вида заготовки	6
3. Составление технологического маршрута механической обработки	7
4. Определение припусков на механическую обработку и размеров заготовки	10
5. Выбор режущих инструментов	19
6. Определение элементов режима резания	21
7. Определение силовых характеристик процесса резания	39
8. Определение норм времени	45
9. Энергетическая оценка процесса резания	53
10. Оформление технологических документов	54
10.1 Оформление карты технологического процесса	54
10.1.1 Правила записи операций и переходов	63
10.1.2 Правила записи информации о применяемой технологической оснастке	65
10.1.3 Структура кодового обозначения документа	66
10.2 Оформление карты эскизов	68
11. Проект технологического процесса изготовления корпуса центросместителя	74
11.1 Исходные данные	74
11.2 Выбор вида заготовки	74
11.3 Составление технологического маршрута механической обработки	74
11.4 Определение припусков на механическую обработку и размеров заготовки	74
11.5 Определение элементов режима резания	81
11.6 Определение силовых характеристик процесса резания	87
11.7 Определение норм времени	90
11.8 Энергетическая оценка процесса резания	95
11.9 Оформление технологических документов	95
Список литературных источников	104

ВВЕДЕНИЕ

Жизненный цикл изделия (сложной машины, агрегата, сборочного узла или отдельной детали) начинается с его проектирования. При этом разрабатывается конструкторская документация - чертежи общего вида, сборочные чертежи, рабочие чертежи деталей. Казалось бы, что мешает сразу после этого приступить к изготовлению изделия. Но возникает вопрос: как обеспечить требуемое качество и, в тоже время, сэкономить затраты. Ответ на этот вопрос следующий. Необходимо разработать *технологический процесс* изготовления изделия.

Как показывает статистика, около семидесяти процентов затрат при изготовлении, даже сложной машины, приходится на обработку отдельных деталей с помощью металлорежущих станков. Именно вопросам проектирования технологических процессов механической обработки конструкционных материалов резанием посвящено данное учебно-методическое пособие. Здесь можно найти ответы на такие вопросы, как правильно выбрать заготовку, составить рациональный технологический маршрут механической обработки, подобрать оборудование, выбрать необходимые режущие инструменты и приспособления, определить элементы режима резания и нормы времени на изготовление детали.

Помимо сугубо методической части в пособии приведен, как пример, проект технологического процесса изготовления центросместителя, применяемого при шлифовании шеек коленчатых валов. Данный пример поможет студенту: во-первых - более полно усвоить методический материал, изложенный в пособии; во-вторых - в наиболее логическом и компактном виде оформить курсовой проект или блок расчетно-графических заданий в рамках дисциплины «Технология сельскохозяйственного машиностроения».

Следует также отметить, что в предлагаемом пособии сделан ориентир на использование именно универсальных металлорежущих станков, которые могут использоваться не только на машиностроительных заводах, но и в специализированных ремонтно-технических предприятиях. А такие универсальные станки, как, например, токарно-винторезные, горизонтально- и вертикально-фрезерные, имеются в большинстве ремонтных мастерских сельскохозяйственных предприятий.

Заключительным этапом, отображающим выходные данные проектирования технологического процесса механической обработки детали, является составление технологической документации в виде технологических карт. Поэтому, в данном учебно-методическом пособии представлены правила заполнения карт технологического процесса и карт эскизов в соответствии с Государственным Стандартом, приведен пример составления технологических карт на изготовление центросместителя.

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ

Для проектирования технологического процесса механической обработки детали требуются следующие исходные данные [2]:

- рабочий чертеж детали;
- программное задание и срок, в течение которого должна быть выполнена программа выпуска деталей;
- данные о наличии оборудования и возможности его приобретения.

После получения исходных данных перед разработкой технологического процесса должен быть выполнен технологический контроль.

Технологический контроль – это проверка исходных данных для проектирования, в результате которой должно быть сделано заключение (или вывод) о возможности изготовления детали по полученным исходным данным.

Рабочие чертежи должны быть проверены на обеспеченность их необходимыми данными о размерах деталей, материале и его свойствах, допустимых отклонениях формы и расположения поверхностей и т.д.

Контролируют также соответствие конструкции детали требованиям технологичности.

Технологичность конструкции изделия – совокупность свойств конструкции изделия, определяющее ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ.

Неопытный конструктор может спроектировать деталь таким образом, что ее невозможно будет в дальнейшем изготовить. Примером несоблюдения технологичности конструкции изделия является невозможность надежного базирования и закрепления заготовки при дальнейшей обработке, подвода режущего инструмента к обрабатываемой поверхности, контроля (измерения) обработанной поверхности. Кроме этого, несовершенство конструкции детали может привести к неоправданному расходу материала заготовки.

Тем не менее, следует отметить, что в некоторых случаях, технолог, в отличие от конструктора, не обязан вникать в эксплуатационное назначение детали. Например, на машиностроительных заводах оборонной промышленности, технолог, иногда, разрабатывает технологический процесс изготовления детали по чертежу, не имея представления об ее назначении из соображения секретности.

2. ВЫБОР ВИДА ЗАГОТОВКИ

Заготовка – предмет производства, из которого изменением формы, размеров, шероховатости поверхности и свойств материала изготавливают деталь или неразъемную сборочную единицу.

Заготовками могут быть: различного рода прокат (круглый, шестигранный, квадратный, плоский), трубы, отливки, поковки, штамповки.

Вид заготовки определяется формой и размерами готовой детали, технологическими свойствами материала (температурой плавления, структурной характеристикой).

Например, для изготовления корпусной детали (корпуса редуктора, блока цилиндров двигателя) в качестве заготовки наиболее подходит отливка. Это обусловлено тем, что корпусные детали имеют относительно большие размеры и сложную форму. Материалами для получения отливок служат серый чугун и сплавы некоторых цветных металлов. Сталь обладает худшими литейными свойствами.

Детали класса «круглые стержни» изготавливаются из круглого проката, детали класса «полые цилиндры» - из труб. Это обусловлено соответствием формы заготовки и готовой детали.

Для изготовления деталей класса «диски» (шкивы, зубчатые колеса, звездочки) в качестве заготовок часто используют штамповки. Отчасти это обусловлено рациональным направлением волокон, формой и размерами зерен металла после штамповки.

Выбор заготовки не ограничивается выбором ее вида. Разумеется, необходимо определить размеры заготовки, которые больше размеров готовой детали на величину припусков на механическую обработку. Но припуски определяются не только для определения размеров исходной заготовки. Существуют также промежуточные припуски, которые возможно определить при наличии технологического маршрута изготовления детали. Поэтому, данное методическое пособие подразумевает определение размеров заготовки после составления технологического маршрута и определения всех припусков.

Одним из факторов, влияющих на величину припусков, является точность заготовок, но при этом следует учитывать, что повышение точности заготовок позволит экономить металл при дальнейшей обработке, но при этом возрастет стоимость самой заготовки.

Количество изделий, выпускаемое за определенный период времени, также влияет на выбор вида заготовки. При малой производственной программе применение некоторых технологических процессов изготовления заготовок (горячая штамповка и др.) может оказаться экономически нецелесообразным в связи с высокой стоимостью технологического оборудования и оснастки.

3. СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МАРШРУТА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Технологический маршрут – общий план механической обработки, содержащий наименования технологических операций и переходов, расположенных в определенной последовательности.

Технологическая операция [9] – часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте.

Технологический переход – часть технологической операции, характеризующаяся постоянством применяемого инструмента и обрабатываемой поверхности.

Обеспечить требуемое качество готового изделия можно с различной последовательностью операций и переходов. То есть вариантов технологического маршрута может быть несколько. Наиболее рациональным будет тот, который обеспечит наименьшую себестоимость изделия.

Первыми выполняются операции по обработке основных базовых поверхностей, используемых в дальнейшем, как установочные или измерительные базы.

Если требуется обеспечить высокое качество обрабатываемой поверхности детали и при этом снять большой слой металла, сначала осуществляют черновую обработку, а затем – чистовую. При переходе на чистовую обработку изменяют элементы режима резания с целью обеспечения требуемого качества (подачу и глубину резания делают меньше). Подачу делают меньше с целью уменьшения шероховатости. Глубину резания делают меньше с целью повышения точности обработки, так как при большой глубине резания под действием значительной силы резания возникает деформация заготовки, вследствие чего становится труднее обеспечить обработку с заданным конструктором допуском на размер.

Необходимо учитывать требования к точности расположения поверхностей. Если предъявляются высокие требования к соосности поверхностей вращения, например, коренных шеек коленчатого вала, следует стремиться к их обработке за один установ.

Установ – часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении заготовки.

В связи с невысокими требованиями к точности и качеству свободных поверхностей их обработка резанием заканчивается на стадии предварительной лезвийной обработки резанием или ее вообще не предусматривается.

Обработку различных конструктивных элементов деталей (шлицов, зубьев, шпоночных пазов и т.д.) выполняют после завершения токарной обработки перед термической обработкой.

После выполнения предварительной операции, в случае необходимости, в технологическом маршруте предусматривают промежуточную термическую обработку: для улучшения обрабатываемости

стальных заготовок – нормализацию; с целью снятия остаточных напряжений – старение.

Если технологический процесс предусматривает упрочняющую термическую обработку, например, закалку и отпуск, и при этом предъявляются высокие требования к качеству и точности поверхности, то термообработка осуществляется после лезвийной обработки, а окончательная абразивная обработка производится после термической. Такая последовательность обусловлена тем, что при термической обработке возможно искажение геометрической формы поверхности. Это искажение устраняется, например, при последующем шлифовании.

Наличие необходимого оборудования и выпускаемых промышленностью станочных приспособлений также влияет на последовательность операций и переходов. В отдельных случаях невозможно составить технологический маршрут без проектирования оригинального приспособления или инструмента.

При составлении технологического маршрута также необходимо обеспечить возможность надежного закрепления детали без повреждения уже обработанных поверхностей.

Таким образом, составление технологического маршрута механической обработки – это сложная задача, от решения которой зависит разработка всего технологического процесса изготовления детали. При определении последовательности операций и переходов параллельно необходимо решить задачи правильного базирования, надежного закрепления, рационального выбора оборудования, приспособления и инструментов.

Исходя из вышесказанного, технологический маршрут механической обработки предлагается представлять в виде таблицы [10.1](#), состоящей из трех граф.

Первая графа – наименование операций и переходов. Правила записи технологических операций и переходов приведены в пункте [10.1.1](#). Количество пунктов с наименованием операций соответствует количеству установов. Если операция выполняется за несколько установов, то число пунктов с ее наименованием соответствующее.

Вторая графа – тип металлорежущего станка и приспособления ([таблица 3.1](#)). Марки технологического оборудования на данном этапе допускается не указывать, так как не известна необходимая мощность в процессе резания.

Третья графа – эскиз. Операционный эскиз – это изображение заготовки после выполнения данной операции или перехода. Правила выполнения эскизов изложены в пункте [10.2](#). Допускается выполнять один эскиз на каждый установ при условии обеспечения полного представления о данной технологической операции. На данном этапе – этапе составления технологического маршрута, обозначение размеров, шероховатостей, допусков и посадок необязательно. Обозначение установочно-зажимных устройств необходимо, как графическое отображение базирования и закрепления заготовки.

Таблица 3.1 - Краткая техническая характеристика металлорежущих станков

Модель станка	Максимальные размеры обрабатываемой детали, мм		Мощность, кВт	Модель станка	Максимальные размеры обрабатываемой детали, мм		Мощность, кВт
	диаметр	длина			диаметр	длина	
<i>Токарно-винторезные станки</i>				<i>Зубофрезерные для прямозубых конических колес</i>			
1М61	320	710	4,0	5Т23В	125	20	0,6
1К62	400	710	10		$m = 1,5$		
16К20	400	710	10	5230	320	50	2,8
1М63Б	630	2800	15		$m = 8,0$		
<i>Токарно-револьверные станки</i>				5А250	500	90	3,0
1Е318	18	100	3,0		$m = 8,0$		
1Г340	40	175	6,2	<i>Круглошлифовальные станки</i>			
<i>Горизонтально-фрезерные станки</i>				3М131	280	700	4,0
6М81	430	1000	4,0	3Б151	200	700	7,5
6М82	400	1250	7,5	3Б161	280	1000	7,5
6М83	380	1600	10,0	<i>Безцентрово-шлифовальные станки</i>			
<i>Вертикально-фрезерные станки</i>				3М182	0,8 - 25	170	5,5
6М11	445	1000	4,0	3М184	3 - 75	250	13,0
6М12П	400	1250	7,5	<i>Внутришлифовальные станки</i>			
6М13П	450	1600	10,0	3А225	6 - 25	50	1,1
<i>Зубофрезерные для цилиндрических колес</i>				3А227	20 - 100	125	3,0
5308А	80	-	1,7	П			
	$m = 1,0$						
5310А	200	-	2,2	3А228	50 - 200	200	5,5
	$m = 1,5$			П			
5312	320	-	5,0	<i>Вертикально-сверлильные станки</i>			
	$m = 6,0$			2Н118	18	150	1,5
				2Н125	25	200	2,2
				2Н135	35	250	4,0
				2Н150	50	300	7,5

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИПУСКОВ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ И РАЗМЕРОВ ЗАГОТОВКИ

Припуск – слой металла, предусмотренный на заготовке и подлежащий удалению при обработке резанием для получения поверхности детали требуемого качества и точности.

Из определения следует, что величина припуска влияет на размеры исходной заготовки. Но также есть понятие промежуточного припуска. Если требуется произвести механическую обработку поверхности детали в последовательности: черновое точение – чистовое точение – шлифование, то после чернового точения необходимо оставить припуск на чистовое точение, а после чистового точения – на шлифование.

На величину припуска влияет качество и точность *обрабатываемой* поверхности, глубина дефектного слоя, погрешность установки и другие факторы. Чрезмерно увеличенный припуск приведет к неэкономичному расходу металла, заниженный припуск – к снижению качества и точности *обработанной* поверхности.

Следует отметить, что не для каждого технологического перехода определяется припуск. Например, для таких переходов, как: сверление отверстия без дальнейшей обработки, снятие фаски, прорезание канавки и т.п. припуск не определяется по причине того, что в этих случаях понятия «припуск» вовсе не существует. Поэтому, перед определением припусков следует выбрать технологические переходы, для которых необходимо определение припуска.

Минимальный операционный припуск [3]:

$$\text{для тел вращения (на диаметр)} \quad Z_{i_{\min}} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{D_{i-1}} + \sqrt{\Delta_{\text{изг}_{i-1}}^2 + \Delta_{y_i}^2}), \quad (4.1)$$

$$\text{для плоских поверхностей} \quad Z_{i_{\min}} = R_{z_{i-1}} + T_{D_{i-1}} + \Delta_{\text{изг}_{i-1}} + \Delta_{y_i}, \quad (4.2)$$

где $Z_{i_{\min}}$ - минимальный операционный припуск, мкм,

$R_{z_{i-1}}$ - высота неровностей, образованных при выполнении предыдущего технологического перехода или операции, мкм,

$T_{D_{i-1}}$ - глубина дефектного слоя, образованного при выполнении предыдущего технологического перехода или операции, мкм,

$\Delta_{\text{изг}_{i-1}}$ - пространственная погрешность, образованная при выполнении предыдущего технологического перехода или операции, мкм,

Δ_{y_i} - погрешность установки, образующаяся при выполнении данного технологического перехода, мкм.

В случае обработки исходной заготовки значения $R_{z_{i-1}}$ и $T_{D_{i-1}}$ берутся из [таблицы 4.1](#), а если обрабатываемая поверхность уже была подвергнута механической обработке, то из [таблицы 4.2](#); Δ_{y_i} - из [таблицы 4.4](#).

Пространственная погрешность определяется следующим образом:

при обработке исходной заготовки
$$\Delta_{изг_{i-1}} = \sqrt{\rho^2 + \Delta_{ц}^2}, \quad (4.3)$$

при обработке заготовки, подвергнутой механической обработке
$$\Delta_{изг_{i-1}} = K_y \sqrt{\rho^2 + \Delta_{ц}^2}, \quad (4.4)$$

при обработке заготовки, подвергнутой сначала механической, а затем термической обработке
$$\Delta_{изг_{i-1}} = \sqrt{K_y^2(\rho^2 + \Delta_{ц}^2) + \rho_{т}^2}, \quad (4.5)$$

где $\Delta_{изг_{i-1}}$ - пространственная погрешность, мкм,

ρ - кривизна исходной заготовки, мкм,

$\Delta_{ц}$ - погрешность зацентровки заготовки, мкм,

K_y - коэффициент уточнения (при черновой обработке $K_y = 0,06$; при чистовой - $0,04$),

$\rho_{т}$ - кривизна заготовки после термообработки, мкм.

Кривизна заготовки:

$$\rho = \Delta K L_d, \quad (4.6) \quad \rho_{т} = \Delta K_{т} L_d \quad (4.7)$$

где ΔK и $\Delta K_{т}$ - удельная кривизна соответственно исходной заготовки и заготовки после термообработки ([таблицы 4.5](#) и [4.6](#)), мкм/мм,

L_d - длина обрабатываемой поверхности, мм.

Для упрощения расчетов L_d можно принять равной длине поверхности на чертеже детали.

Погрешность зацентровки:

$$\Delta_{ц} = 250 \sqrt{T_{D(d)}^2 + 1}, \quad (4.8)$$

где $T_{D(d)}$ - допуск на диаметр поверхности, служащей установочной базой центрируемой заготовки, мм.

$$T_{D(d)} = ES(es) - EI(ei). \quad (4.9)$$

Значения $ES(es)$ и $EI(ei)$ находятся в [таблицах 4.7 – 4.9](#).

При обработке заготовки, уже подвергнутой механической обработке, значения $T_{D(d)}$ необходимо определять, используя таблицы [4.2](#) и [4.3](#).

При обработке штамповок и отливок принять $\Delta K = 0$. Если данный переход и переход, при котором была обработана измерительная база, выполнены за один установ, следует принять $\Delta_{yi} = 0$, $\Delta_{ц} = 0$.

Масса заготовки, кг:

$$m_3 = jV_3, \quad (4.10)$$

где j - плотность материала заготовки, кг/м³,

V_3 - объем заготовки, м³.

Методика определения минимальных припусков изложена. Но, для определения размеров заготовки и промежуточных размеров необходимо знать величины номинальных припусков. В случае, если исходной заготовкой является отрезок проката, то размер заготовки выбирается из стандартизированного ряда (таблицы [4.7](#) и [4.9](#)). При этом номинальный припуск является алгебраической разностью между размерами заготовки и готовой детали, а также должен быть близким к минимальному припуску и больше его. В других случаях для определения номинальных припусков, влияющих на размер исходной заготовки, предлагается округлить значения минимальных припусков до 1 мм вверх, а для определения номинальных припусков, влияющих на промежуточный размер – до 0,1 мм вверх.

Табличные значения номинальных припусков Z_0 (таблицы [4.10 – 4.12](#) [3]), можно использовать для сравнения.

Таблица 4.1 - Качество поверхности заготовок

Характеристика заготовки	Шероховатость R_z , мкм	Дефектный слой T_d , мкм
Сортовой круглый горячекатаный прокат диаметром, мм	до 25	150
	25 - 75	250
	75 - 150	300
Штампованные заготовки массой, кг	до 0,25	150
	0,25 - 4,0	200
	4,0 - 25,0	250
Литье в земляные формы ($R_z + T_d$)	чугун	800
	сталь	600

Таблица 4.2 - Качество поверхности при механической обработке детали

Метод обработки	Квалитет	Шероховатость R_a , мкм	Шероховатость R_z , мкм	Дефектный слой T_d , мкм
<i>Наружная цилиндрическая поверхность</i>				
1. Точение				
предварительное	9 - 12	12,5 - 6,3	80 - 40	120 - 60
чистовое	8 - 9	3,2 - 1,6	20 - 10	30 - 20
тонкое	7 - 8	0,8 - 0,4	5 - 2,5	10 - 5
2. Фрезерование				
предварительное	10 - 12	6,3	40	60
чистовое	9 - 10	1,6 - 0,8	10 - 5	10 - 20
3. Отрезание, подрезание	11 - 13	3,2 - 6,3	20 - 40	30 - 50
4. Шлифование				
предварительное	8 - 9	0,8	5	20
чистовое	6 - 7	0,4	2,5	5 - 15
5. Суперфиниширование	5 - 6	0,2 - 0,1	1,25 - 1	5 - 3
6. Притирка	5 - 6	0,2 - 0,05	1,25 - 0,5	5 - 3
7. Безцентровое шлифование	5 - 6	0,8 - 0,4	5 - 2,5	5 - 15
<i>Внутренняя цилиндрическая поверхность</i>				
1. Сверление,	12 - 14	12,5 - 6,3	80 - 40	70 - 25
2. Зенкерование	9 - 10	6,3 - 3,2	40 - 20	50 - 25
3. Развертывание	7 - 8	1,6 - 0,8	10 - 5	10 - 20
4. Растачивание				
предварительное	10 - 12	12,5 - 6,3	80 - 40	50 - 30
чистовое	9 - 10	6,3 - 3,2	40 - 20	30 - 20
5. Протягивание	6 - 9	0,8 - 0,4	5 - 2,5	10 - 5
6. Шлифование	6 - 8	0,8 - 0,4	5 - 2,5	20 - 5
7. Хонингование				
предварительное	7 - 8	0,8 - 0,4	5 - 2,5	5
чистовое	6 - 7	0,4 - 0,2	2,5 - 1,25	3
8. Притирка	5 - 6	0,2 - 0,05	1,25 - 0,5	1
9. Раскатывание	6 - 8	0,8 - 0,2	5 - 1,25	5 - 2

Таблица 4.3 - Допуски гладких цилиндрических соединений $T_{D(d)}$, мкм

Диаметр, мм	Квалитет							
	5	6	7	8	9	10	11	12
От 1 до 3	4	6	10	14	25	40	60	100
св. 3 до 6	5	8	12	18	30	48	75	120
св. 6 до 10	6	9	15	22	36	58	90	150
св. 10 до 18	8	11	18	27	43	70	110	180
св. 18 до 30	9	13	21	33	52	84	130	210
св. 30 до 50	11	16	25	39	62	100	160	250
св. 50 до 80	13	19	30	46	74	120	190	300
св. 80 до 120	15	22	35	54	87	140	220	350
св. 120 до 180	18	25	40	63	100	160	250	400
св. 180 до 250	20	29	46	72	115	185	290	460

Таблица 4.4 - Погрешность установки заготовок

Тип приспособления	Диаметр заготовки, мм	Погрешность установки, мкм
Зажимная цанга	до 5	20 - 40
	5 - 15	35 - 70
	15 - 30	45 - 90
Прецизионный трехкулачковый самоцентрирующийся патрон	3 - 12	40 - 70
Нормальный трехкулачковый самоцентрирующийся патрон	15 - 100	50 - 100
Разжимная оправка с упором	18 - 70	20 - 45
Цилиндрическая оправка с упором	20 - 50	5 - 10

Таблица 4.5 - Удельная кривизна заготовки ΔK , $\frac{\text{мкм}}{\text{мм}}$

Вид заготовки	Диаметр, мм		
	до 30	30 - 80	св. 80
<i>Горячекатаный прокат</i>			
В состоянии поставки	2,0	1,3	0,6
После правки на прессах	0,15	0,10	0,07
<i>Поковки</i>			
После ковки	-	3,0	2,0

Таблица 4.6 - Удельная кривизна заготовок ΔK_T после термообработки, $\frac{\text{МКМ}}{\text{ММ}}$

Вид термообработки	Диаметр заготовки, мм		
	5 - 25	25 - 80	80 - 180
Объемная закалка и отпуск	2,0	1,3	0,6
Закалка ТВЧ	1,0	0,65	0,3

Таблица 4.7 - Точность сортового круглого проката

Диаметр, мм	Предельное отклонение, мм		Диаметр, мм	Предельное отклонение, мм	
	обычная точность	повыше н. точность		обычная точность	повыше н. точность
от 5 до 9	+0,3 -0,5	+0,1 -0,3	50, 52, 54, 55, 56, 58	+0,4 -1,0	+0,2 -0,9
от 10 до 19	+0,3 -0,5	+0,2 -0,3	60, 62, 65, 68, 70, 72, 75, 78	+0,5 -1,1	+0,3 -1,0
от 20 до 25	+0,4 -0,5	+0,2 -0,4	80, 85, 90, 95	+0,5 -1,3	+0,4 -1,2
от 26 до 29	+0,4 -0,7	+0,2 -0,6	100, 110, 115	+0,6 -1,7	+0,5 -1,5
от 30 до 42, 44, 48	+0,4 -0,7	+0,2 -0,6	120, 125, 130, 140, 150	+0,8 -2,0	+0,6 -1,8

Таблица 4.8 - Точность отливок и штамповок

Наибольшие габариты, мм	Контролируемый размер, мм		
	до 50	50-120	120-260
	Предельные отклонения, мм		
до 260	± 0,5	± 0,8	± 1,0
260 - 500	± 0,8	± 1,0	± 1,2
500 - 1250	± 1,0	± 1,2	± 1,5

Таблица 4.9 - Точность горячекатаных бесшовных стальных труб

Наружный диаметр, мм	Толщина стенки *, мм	Предельные отклонения, %	
		по наружному диаметру	по толщине стенки
25, 28, 32, 38	2,5 ... 8,0		
42, 45, 50	2,5 ... 10,0		
54	3,0 ... 11,0		
57	3,0 ... 13,0		
60, 63, 65	3,0 ... 14,0		
68, 70	3,0 ... 16,0		
73, 76	3,0 ... 19,0	+1,25	+12,5
83	3,5 ... 19,0	-1,00	-15,0
89, 95, 102	3,5 ... 24,0		
108, 114, 121	4,0 ... 28,0		
127	4,0 ... 30,0		
133	4,0 ... 32,0		
140, 146, 152, 159	4,5 ... 36,0		

* толщина стенки - 2,5; 2,8; 3; 3; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 30; 32; 36.

Таблица 4.10 - Припуски на подрезание торцов и уступов

Диаметр заготовки, мм	Припуск на диаметр при длине заготовки, мм				
	до 18	18 - 50	50 - 120	120 - 160	260 - 500
до 30	0,4	0,5	0,7	0,8	1,0
30 - 50	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0
50 - 120	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2
120 - 300	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4

Таблица 4.11 - Промежуточные номинальные припуски на обработку наружных цилиндрических поверхностей

Диаметр заготовки, мм	Метод обработки	Припуск на диаметр при длине заготовки, мм			
		до 120	120 - 260	260 - 500	500 - 800
30 - 50	Точение				
	предварительное	1,3/ 1,1 *	1,6/ 1,4	2,2/ -	
	чистовое	0,25/ 0,20	0,25/ 0,25	0,3/ -	
	Шлифование				
50 - 80	Точение				
	предварительное	1,5/ 1,1	1,7/ 1,5	2,3/ 2,1	3,1/ -
	чистовое	0,25/ 0,2	0,30/ 0,25	0,3/ 0,3	0,35/ -
	Шлифование				
80 - 120	Точение				
	предварительное	1,8/ 1,2	1,9/ 1,3	2,1/ 1,7	2,6/ 2,3
	чистовое	0,25/ 0,25	0,25/ 0,25	0,30/ 0,25	0,30/ 0,30
	Шлифование				
30 - 50	предварительное	0,25	0,5	0,85	
	чистовое	0,06	0,06	0,06	
	предварительное	0,25	0,4	0,75	1,2
	чистовое	0,06	0,06	0,06	0,06
50 - 80	предварительное	0,2	0,35	0,65	1,0
	чистовое	0,06	0,06	0,06	0,06

* в числителе указаны припуски при установке детали в центрах, в знаменателе - при установке в патроне

Таблица 4.12 - Припуски на диаметр при обработке отверстий

Способ обработки	Припуск при диаметре, мм				
	10 - 18	18 - 30	30 - 50	50 - 80	80 - 120
Чистовое растачивание, зенкерование (после сверления)	0,8	1,2	1,5	-	-
Окончательное растачивание (после черного растачивания или зенкерования)	-	-	0,9	1,1	1,3
Развертывание (после сверления)	0,25	0,3	0,4	-	-
Развертывание (после зенкерования или растачивания)	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35
Чистовое развертывание (после черного развертывания)	0,05	0,06	0,07	0,08	0,1
Протягивание	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
Хонингование	0,02/0,05*	0,02/0,05	0,02/0,05	0,02/0,05	0,03/0,06
Шлифование после термообработки	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
Притирка	0,01	0,01	0,01	0,015	0,02

* в числителе указаны припуски при обработке чугунов, в знаменателе - при обработке сталей

5. ВЫБОР РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Разумеется, при точении режущим инструментом является резец, при сверлении – сверло, при фрезеровании – фреза. Но резцы, сверла и фрезы могут быть разных типов в зависимости от условий обработки. В основном, особенно это касается резцов и фрез, тип инструмента определяет его форма. В свою очередь, форму инструмента определяет форма конструктивного элемента (обработанной поверхности) детали. Поэтому, для выбора типа инструмента предлагается использовать таблицы [5.1](#) и [5.2](#).

Режущий инструмент может быть изготовлен либо полностью из инструментальной стали, либо оснащен твердосплавными пластинами. Поэтому, кроме типа инструмента необходимо выбрать материал его рабочей части (таблица [5.3](#)), который в свою очередь определяется материалом заготовки и некоторыми элементами режима резания.

Таблица 5.1 - Основные типы резцов

Способ обработки конструктивного элемента детали	Тип резца
Наружное точение без уступа или с уступом, угол которого равен главному углу в плане	Проходной прямой
Наружное точение без уступа или с уступом, угол которого равен главному углу в плане; возможность подрезания торцов, ограниченная возможность обработки внутренних поверхностей	Проходной отогнутый
Наружное точение с уступом, у которого прямой угол	Проходной упорный
Прорезание канавок, отрезание заготовок с относительно малым диаметром	Отрезной
Нарезание резьбы	Резьбовой

Таблица 5.2 - Основные типы фрез

Способ обработки конструктивного элемента детали	Тип фрезы
Фрезерование поверхности относительно большой площади периферийной поверхностью фрезы	Цилиндрическая
Фрезерование поверхности относительно большой площади торцевой поверхностью фрезы	Торцевая
Фрезерование канавок периферийной поверхностью фрезы	Дисковая
Фрезерование канавок торцевой поверхностью фрезы	Концевая
Фрезерование канавок зубчатых колес	Модульная
Фрезерование поверхностей оригинального поперечного сечения	Фасонная

Таблица 5.3 - Рекомендуемые материалы режущей части инструмента

Область применения	Материал режущей части
Чистовая обработка деталей из чугуна, стекла, мрамора	ВК2, ВК3, ВК4
Черновая обработка деталей из чугуна и цветных сплавов при спокойной нагрузке	ВК6
Черновая обработка деталей из чугуна и цветных сплавов при переменной и ударной нагрузках	ВК8, P6M5
Черновая обработка деталей из сталей при переменной и ударной нагрузках	T5K10, P6M5
Черновая обработка деталей из сталей при спокойной нагрузке	T15K6, T14K8
Чистовая обработка деталей из стали	T30K4, T60K6
Абразивная обработка сталей	23А, 24А
Абразивная обработка чугунов	53С

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ

Следует напомнить, что при механической обработке резанием форма поверхности образуется за счет главного движения и движения подачи.

Главное движение – обеспечивает отделение стружки от заготовки с определенной скоростью резания. Например, при точении главным движением является вращение заготовки, при фрезеровании – вращение фрезы, при строгании на поперечно-строгальных станках – поступательное движение резца, при шлифовании – вращение шлифовального круга.

Движение подачи – позволяет подвести под кромку режущего инструмента новые участки заготовки и тем самым обеспечить снятие стружки с помощью главного движения. Например, при точении движение подачи – это перемещение суппорта и соответственно резца, при фрезеровании – перемещение стола фрезерного станка, при строгании на поперечно-строгальных станках – прерывистое перемещение стола, при шлифовании – перемещение стола или шлифовальной бабки.

Помимо формообразующих движений существуют установочные движения, которые обеспечивают изменение размеров заготовки за счет формообразующих движений.

Элементами режима резания являются: глубина резания, подача и скорость резания. Причем, они перечислены в порядке их определения и назначения в рамках каждого технологического перехода.

Глубина резания – расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями, измеренное по нормали к последней. При сплошном сверлении глубина резания – радиус сверла.

Подача при точении – перемещение резца за один оборот детали, потому что в токарном станке движение подачи связано с главным движением.

Подача при фрезеровании – перемещение стола фрезерного станка за единицу времени (м/мин), потому что механизмы главного движения и движения подачи у фрезерных станков имеют отдельные приводы. В технической литературе можно встретить такие понятия, как «перемещение стола за один оборот фрезы», «подача на зуб фрезы». Эти величины используются с одной лишь целью – возможностью определения других величин, например, скорости резания и силы резания.

Скорость резания – линейная скорость главного движения [1] (м/мин).

Механическая обработка с завышенными значениями элементов режима резания может привести к интенсивному износу и поломке режущего инструмента и других элементов системы СПИД (станок – приспособление – инструмент – деталь). Слишком щадящий режим резания приведет к снижению производительности механической обработки.

Глубина резания при механической обработке определяется следующим образом:

при точении и растачивании
$$t = \frac{Z_o}{2}, \quad (6.1)$$

Примечание: а) если по технологическим причинам слой металла нельзя снять за один проход, то при черновом точении $t = 0,5 \dots 2,0$ мм, при чистовом - $0,1 \dots 0,4$ мм,

б) глубина резания при снятии фаски равна размеру фаски по нормали к обрабатываемой поверхности.

при отрезании и прорезании
$$t = b, \quad (6.2)$$

при сверлении
$$t = \frac{D}{2}, \quad (6.3)$$

при рассверливании, зенкерования и развертывании
$$t = \frac{D - D_n}{2}, \quad (6.4)$$

при фрезеровании и подрезании торцов
$$t = Z_o, \quad (6.5)$$

при нарезании зубчатых колес модульными фрезами
$$t = 2,17m, \quad (6.6)$$

при шлифовании
$$\text{таблица } \underline{6.11},$$

где t - глубина резания, мм,

Z_o - номинальный операционный припуск на диаметр, мм,

D - диаметр инструмента, мм,

D_n - диаметр отверстия до обработки, мм,

b - ширина среза (длина режущей кромки отрезного резца), мм

m - модуль фрезы, мм.

Стандартизирован следующий ряд модулей m : 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 12,0; 14,0; 15,0; 16,0; 18,0; 20,0.

Если общая толщина снимаемого слоя металла больше глубины резания, то необходимо определить число проходов:

$$i = \frac{t_{\text{сл}}}{t}, \quad (6.7)$$

где $t_{\text{сл}}$ - толщина снимаемого слоя металла, мм.

Значения подач при механической обработке находятся в следующих таблицах:

при точении	таблицы 6.1 и 6.2
при отрезании и прорезании	таблица 6.3
при растачивании	таблица 6.4
при сверлении, зенкерования и развертывании	таблица 6.5
при фрезеровании	таблицы 6.6 – 6.9
при зубофрезеровании	таблица 6.10
при шлифовании	таблица 6.11

При фрезеровании значения подачи на один оборот фрезы s (мм / об) и подачу на зуб s_z (мм / зуб) связаны следующим образом:

$$s_z = \frac{s}{z}, \quad (6.8)$$

где z - количество зубьев фрезы (в учебных целях можно принять по таблице [6.12](#)).

При нарезании резьбы резцом помимо продольной подачи s , равной шагу резьбы, необходимо определить величину врезания резца на один рабочий ход s_p (мм/проход).

$$s_p = \frac{5s}{8i}, \quad (6.9)$$

где i - число проходов резьбового резца.

Значения шагов резьбы и числа проходов резьбового резца в зависимости от диаметра резьбы находятся в таблице 6.13. Диаметр отверстия, просверливаемого до нарезания резьбы, определяется следующим образом:

$$D = D_p - 1,25s, \quad (6.10)$$

где D_p - диаметр резьбы, мм.

Что касается подачи при шлифовании, то в случае продольного шлифования:

$$s = s_b b, \quad (6.11)$$

где s - продольная подача, мм/об.заготовки,

s_b - продольная подача на оборот заготовки в долях ширины круга,

b - ширина шлифовального круга, мм.

Ширину круга b можно принять из технологических соображений в интервале 10 ... 100 мм.

Скорость резания при механической обработке определяется следующим образом [4], [6], [7]:

при точении и растачивании
$$v = \frac{C_v}{T^m t^{x_v} s^{y_v}} K_v, \quad (6.12)$$

при нарезании резьбы резцом
$$v = \frac{C_v}{T^m s^{x_v} s_p^{y_v}} K_v, \quad (6.13)$$

при отрезании и прорезании
$$v = \frac{C_v}{T^m s^{y_v}} K_v, \quad (6.14)$$

при сверлении, нарезании резьбы метчиком или плашкой
$$v = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m s^{y_v}} K_v, \quad (6.15)$$

при рассверливании, зенкерования и развертывании
$$v = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m t^{x_v} s^{y_v}} K_v, \quad (6.16)$$

при фрезеровании
$$v = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m t^{x_v} s_z^{y_v} B^{u_v} z^{p_v}} K_v, \quad (6.17)$$

при протягивании
$$v = \frac{C_v}{T^m a_z^{y_v}}, \quad (6.18)$$

где v - скорость резания, м/мин,

t - глубина резания, мм,

s - подача, мм/об,

s_z - подача, мм/зуб,

s_p - величина врезания резца на один рабочий ход, мм/проход,

a_z - толщина слоя, срезаемая одним зубом протяжки (таблица 6.14), мм,

C_v - коэффициент, характеризующий общие условия обработки

(обрабатываемый материал и материал режущего инструмента),

T - стойкость инструмента, мин,

m - показатель относительной стойкости,

D - диаметр инструмента, мм,

B - ширина фрезерования, мм,

x_v, y_v, q_v, u_v, p_v - показатели степени,

K_v - коэффициент, учитывающий конкретные условия обработки.

Значения коэффициента C_v , показателя относительной стойкости m и показателей степени x_v, y_v, q_v, u_v, p_v в формуле скорости резания для различных методов обработки находятся в следующих таблицах:

при точении, растачивании, отрезании	таблица 6.15
при нарезании резьбы	таблица 6.16
при сверлении	таблица 6.17
при рассверливании, зенкерования и развертывании	таблица 6.18
при фрезеровании	таблица 6.19
при протягивании	таблица 6.20

Стойкость режущих инструментов T :

токарных резцов	30 - 60 мин.
сверл, зенкеров, разверток	таблица 6.21
фрез	таблица 6.22
протяжек	130 - 200 мин.

Стойкость метчиков и плашек в учебных целях можно принять равной стойкости сверл.

Коэффициент K_v определяется следующим образом:

$$\text{при токарной обработке} \quad K_v = K_{\varphi v} K_{Iv} K_{Mv} K_{Iv}, \quad (6.19)$$

$$\text{при сверлении, зенкерования и} \\ \text{развертывании} \quad K_v = K_{Iv} K_{Mv} K_{Iv}, \quad (6.20)$$

$$\text{при фрезеровании} \quad K_v = K_{Iv} K_{Mv} K_{Iv}, \quad (6.21)$$

где K_{Mv} - коэффициент, учитывающий твердость заготовки (таблица [6.23](#)),

K_{Iv} - коэффициент, учитывающий материал режущего инструмента (таблица [6.24](#)),

$K_{\varphi v}$ - коэффициент, учитывающий влияние угла φ (таблица [6.25](#)),

K_{Iv} - коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности (таблица [6.26](#)),

K_{Iv} - коэффициент, учитывающий глубину обрабатываемого отверстия (таблица [6.27](#)).

Значения σ_b и НВ в формулах коэффициента K_{Mv} находятся в таблице [6.28](#).

Следует учесть, что расчетная скорость резания - это максимально допустимая скорость резания при данных условиях обработки. В случае, если расчетная скорость резания превышает табличное значение более, чем на 30%, следует пересчитать скорость резания по формуле:

$$v = v_T K_v,$$

где v_t - табличное значение скорости резания, м/мин.

Табличные значения скоростей резания для различных видов обработки находятся в следующих таблицах:

при токарной обработке	таблицы 6.29 – 6.30
при сверлении и рассверливании	таблицы 6.31 – 6.32
при зенкеровании и развертывании	таблицы 6.33 – 6.34
при фрезеровании	таблица 6.35
при зубофрезеровании	таблица 6.36
при шлифовании	таблица 6.11

Для обеспечения рассчитанной скорости резания при известном диаметре заготовки или режущего инструмента в процессе резания необходимо выбрать нужную частоту вращения рабочего органа механизма главного движения. При токарной обработке таким рабочим органом является шпиндель (или сама заготовка); при сверлении, зенкеровании и развертывании - соответственно сверло, зенкер или развертка; при фрезеровании - фреза. Исходя из этого, расчетная частота вращения рабочего органа определяется следующим образом:

$$n_p = \frac{1000v}{\pi D}, \quad (6.22)$$

где n_p - расчетная частота вращения рабочего органа механизма главного движения, об/мин,

v - скорость резания, м/мин,

D - диаметр заготовки (при токарной обработке) или режущего инструмента (при сверлении и фрезеровании), мм.

Как известно, большинство металлорежущих станков имеют ступенчатый привод, и коробка скоростей может обеспечить ограниченный ряд частот вращения рабочего органа (таблица [6.37](#)). Из этого ряда необходимо выбрать фактическую частоту вращения n_ϕ . Она может быть больше расчетной, но не более, чем на 5%. В противном случае фактическая частота вращения принимается по значению ближе к расчетной и меньше ее.

После этого необходимо уточнить фактическое значение скорости резания:

$$v_\phi = \frac{\pi D n_\phi}{1000}, \quad (6.23)$$

где v_ϕ - фактическая скорость резания, м/мин,

n_ϕ - фактическая частота вращения рабочего органа, об/мин.

При шлифовании скорость резания в учебных целях можно не уточнять, так как шлифовальный круг необходимо периодически править, и его диаметр непостоянен.

Таблица 6.1 - Подачи при черновом наружном точении

Диаметр заготовки, мм	до 18	18 - 30	30 - 50	50 - 80	80 - 120
Подача, $\text{мм}/\text{об}$	0,2 - 0,4	0,3 - 0,5	0,3 - 0,9	0,4 - 1,2	0,5 - 1,3

Таблица 6.2 - Подачи при чистовом наружном точении, $\text{мм}/\text{об}$

Шероховатость, мкм		Радиус при вершине резца, мм					
R_a	R_z	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
0,63	-	0,07	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17
1,25	-	0,10	0,13	0,17	0,19	0,21	0,23
2,50	-	0,15	0,20	0,25	0,29	0,32	0,35
-	20	0,25	0,33	0,42	0,49	0,55	0,60
-	40	0,35	0,51	0,63	0,72	0,80	0,87
-	80	0,47	0,66	0,81	0,94	1,04	1,14

Таблица 6.3 - Подачи при отрезании и прорезании канавок на токарном станке

Ширина режущей кромки резца, мм	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 7
Подача, $\text{мм}/\text{об}$	0,07 - 0,11	0,11 - 0,13	0,13 - 0,16	0,16 - 0,18

Таблица 6.4 - Подачи при растачивании

Вылет резца, мм	50	80	100	125
Подача, $\text{мм}/\text{об}$	0,05 - 0,12	0,08 - 0,3	0,10 - 0,50	0,15 - 0,8

Таблица 6.5 - Подачи при сверлении, зенкерования и развертывании, $\text{мм}/\text{об}$

Диаметр инструмента, мм	Сверление	Зенкерование	Развертывание
2 - 6	$\frac{0,08 - 0,18}{0,18 - 0,33}$ *	-	-
6 - 10	$\frac{0,18 - 0,28}{0,36 - 0,57}$	-	$\frac{0,8}{2,2}$
10 - 15	$\frac{0,25 - 0,35}{0,52 - 0,70}$	$\frac{0,5 - 0,6}{0,7 - 0,9}$	$\frac{0,9}{2,4}$
15 - 20	$\frac{0,34 - 0,43}{0,65 - 0,86}$	$\frac{0,6 - 0,7}{0,9 - 1,1}$	$\frac{1,0}{2,6}$
20 - 25	$\frac{0,39 - 0,47}{0,78 - 0,96}$	$\frac{0,7 - 0,9}{1,0 - 1,2}$	$\frac{1,1}{2,7}$
25 - 30	$\frac{0,45 - 0,55}{0,90 - 1,05}$	$\frac{0,8 - 1,0}{1,1 - 1,3}$	$\frac{1,2}{3,1}$
30 - 40	$\frac{0,55 - 0,60}{1,00 - 1,10}$	$\frac{0,9 - 1,2}{1,2 - 1,7}$	$\frac{1,4}{3,3}$
40 - 50	$\frac{0,60 - 0,65}{1,10 - 1,15}$	$\frac{1,0 - 1,3}{1,6 - 2,0}$	$\frac{1,5}{3,8}$

* в числителе приведены значения подачи при обработке стали, в знаменателе - при обработке чугуна

Таблица 6.6 - Подачи при черновом фрезеровании торцевыми, цилиндрическими и дисковыми фрезами

Обрабатываемый материал	Мощность станка, кВт	Подача, $\text{мм}/\text{зуб}$ при обработке фрезами	
		торцевыми и дисковыми	цилиндрическими
Конструкционная углеродистая сталь	до 5	0,04 - 0,07	0,05 - 0,10
	5 - 10	0,07 - 0,15	0,10 - 0,20
	св. 10	0,15 - 0,25	0,20 - 0,35
Чугун, медные и алюминиевые сплавы	до 5	0,10 - 0,20	0,12 - 0,25
	5 - 10	0,15 - 0,35	0,20 - 0,40
	св. 10	0,30 - 0,50	0,35 - 0,60

Таблица 6.7 - Поддачи при чистовом фрезеровании торцевыми, цилиндрическими и дисковыми фрезами

Обрабатываемый материал	Параметр шероховатости, R_a	Поддача, $\text{мм}/\text{об.фрезы}$ при диаметре фрезы, мм		
		40 - 75	90 - 130	150 - 200
Конструкционная углеродистая сталь	3,2	1,0 - 2,7	1,7 - 3,8	2,3 - 5,0
	1,6	0,6 - 1,5	1,0 - 2,1	1,3 - 2,8
Чугун, медные и алюминиевые сплавы	3,2	1,0 - 2,3	1,4 - 3,0	1,9 - 3,7
	1,6	0,6 - 1,3	0,8 - 1,7	1,1 - 2,1

Таблица 6.8 - Поддачи при черновом фрезеровании концевыми фрезами

Диаметр фрезы, мм	Поддача, $\text{мм}/\text{зуб}$ при глубине фрезерования, мм				
	3	5	8	12	20
10	0,01 - 0,03	-	-	-	-
15	0,02 - 0,06	0,02 - 0,04	-	-	-
20	0,06 - 0,10	0,04 - 0,08	0,03 - 0,05	-	-
25	0,08 - 0,12	0,06 - 0,10	0,05 - 0,10	0,05 - 0,08	-
30	0,10 - 0,15	0,08 - 0,12	0,06 - 0,10	0,05 - 0,09	-
40	0,10 - 0,18	0,08 - 0,13	0,06 - 0,11	0,05 - 0,10	0,04 - 0,07
50	0,10 - 0,20	0,10 - 0,15	0,08 - 0,12	0,06 - 0,10	0,05 - 0,09
60	0,12 - 0,20	0,10 - 0,16	0,10 - 0,12	0,08 - 0,12	0,06 - 0,10

Таблица 6.9 - Поддачи при чистовом фрезеровании концевыми фрезами

Диаметр фрезы, мм	10 - 16	20 - 22	25 - 35	40 - 60
Поддача, $\text{мм}/\text{об.фрезы}$	0,02 - 0,06	0,06 - 0,12	0,12 - 0,24	0,30 - 0,60

Таблица 6.10 - Поддачи при нарезании зубчатых колес червячными фрезами, $\text{мм}/\text{об.заготовки}$

Модуль, мм	Черновая обработка	Чистовая обработка	
		$R_a = 3,2$ мкм	$R_a = 1,6$ мкм
до 1,5	1,2 - 1,6	<i>по сплошному материалу</i>	
		1,0 - 1,2	0,5 - 0,8
1,5 - 2,5	1,6 - 2,8	1,2 - 1,8	0,8 - 1,0
		<i>после черновой обработки</i>	
2,5 - 4,0	2,2 - 2,8	2,0 - 2,5	0,7 - 0,9
		4 - 8	1,4 - 2,6

Таблица 6.11 - Элементы режима резания при шлифовании

Вид шлифования	Окружная скорость круга, м/с	Окружная скорость заготовки, м/мин	Глубина шлифования, мм	Продольная подача в долях ширины круга	Поперечная подача, мм/об.заг-и
Продольное					
черновое	30 - 35	12 - 25	0,01 - 0,025	0,3 - 0,7	-
чистовое	30 - 35	15 - 55	0,005 - 0,015	0,2 - 0,4	-
Врезное					
черновое	30 - 35	30 - 50	-	-	0,0025-0,075
чистовое	30 - 35	20 - 40	-	-	0,001-0,005

Таблица 6.12 - Количество зубьев фрез

Типы фрез	Количество зубьев
Дисковые, цилиндрические, торцевые	14; 16; 18; 20
Прорезные, отрезные	44; 48; 50
Модульные	12; 14

Таблица 6.13 - Шаг резьбы и число проходов резца при нарезании резьбы

Диаметр резьбы, мм	6, 7	8, 9	10, 11	12	14, 16	18, 20, 22	24, 27	30, 33	36, 39	42, 45	48, 52	56, 60	64, 68
Шаг, мм	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
Число проходов	3	4	4	5	6	6	6	7	7	7	8	8	9

Таблица 6.14 - Толщина слоя, срезаемая одним зубом протяжки, мм

Обрабатываемый материал	Тип протяжки	
	Шпоночная	Шлицевая
Конструкционная углеродистая сталь	0,04 - 0,07	0,03 - 0,06
Серый чугун	0,08 - 0,12	0,06 - 0,10

Таблица 6.15 - Значение коэффициента C_v и показателей степени в формулах скорости резания при точении

Вид обработки	Подача, $\text{мм}/\text{об}$	C_v	x_v	y_v	m
<i>Обработка конструкционной углеродистой стали</i>					
Наружное точение и растачивание	до 0,3	420	0,15	0,20	0,20
	0,3 - 0,7	350	0,15	0,35	0,20
	св. 0,7	340	0,15	0,45	0,20
Отрезание и прорезание	-	47	-	0,80	0,20
<i>Обработка серого чугуна</i>					
Наружное точение и растачивание	до 0,4	324	0,40	0,20	0,28
	св. 0,4	324	0,20	0,40	0,28
Отрезание и прорезание	-	68,5	-	0,40	0,20
<i>Обработка ковкого чугуна</i>					
Наружное точение и растачивание	до 0,4	317	0,15	0,20	0,20
	св. 0,4	215	0,15	0,45	0,20
Отрезание и прорезание	-	86	-	0,40	0,20
<i>Обработка медных сплавов</i>					
Наружное точение и растачивание	до 0,2	270	0,12	0,25	0,23
	св. 0,2	182	0,12	0,30	0,23
<i>Обработка алюминиевых сплавов</i>					
Наружное точение и растачивание	до 0,2	485	0,12	0,25	0,28
	св. 0,2	328	0,12	0,50	0,28

Таблица 6.16 - Значение коэффициента C_v и показателей степени в формулах скорости резания при нарезании резьбы

Тип резьбонарезного инструмента	C_v	x_v	y_v	q_v	m
Резьбовые резцы	14,8	0,1	0,3	-	0,11
Метчики	53	-	0,5	1,2	0,9
Плашки	2,7	-	1,2	1,2	0,5

Таблица 6.17 - Значение коэффициента C_v и показателей степени в формуле скорости резания при сверлении

Обрабатываемый материал	Материал режущей части сверла	Подача, мм/об	C_v	q_v	y_v	m
Конструкционная углеродистая сталь	P6M5	до 0,2	7,0	0,40	0,70	0,20
		св.0,2	9,8	0,40	0,50	0,20
Серый чугун	P6M5	до 0,3	14,7	0,25	0,55	0,125
		св. 0,3	17,1	0,25	0,40	0,125
	BK8	-	34,2	0,45	0,30	0,20
Ковкий чугун	P6M5	до 0,3	21,8	0,25	0,55	0,125
		св. 0,3	25,3	0,25	0,40	0,125
	BK8	-	40,4	0,45	0,30	0,20
Медные сплавы	P6M5	до 0,3	28,1	0,25	0,55	0,125
		св. 0,3	32,6	0,25	0,40	0,125
Алюминиевые сплавы	P6M5	до 0,3	36,3	0,25	0,55	0,125
		св. 0,3	40,7	0,25	0,40	0,125

Таблица 6.18 - Значение коэффициента C_v и показателей степени в формуле скорости резания при рассверливании, зенкерования и развертывании

Вид обработки	C_v	q_v	x_v	y_v	m
<i>Обработка конструкционной углеродистой стали</i>					
Рассверливание	16,2/10,8*	0,4/0,6	0,2	0,5/0,3	0,2/0,25
Зенкерование	16,3/18,0	0,3/0,6	0,2	0,5/0,3	0,3/0,25
Развертывание	10,5/100,6	0,3	0,2/0	0,65	0,4
<i>Обработка конструкционной закаленной стали</i>					
Зенкерование	- /10,0	- /0,6	- /0,3	- /0,6	- /0,45
Развертывание	- /14,0	- /0,4	- /0,75	- /1,05	- /0,85
<i>Обработка серого чугуна</i>					
Рассверливание	23,4/56,9	0,25/0,5	0,1/0,15	0,4/0,45	0,125/0,4
Зенкерование	18,8/105,0	0,2/0,4	0,1/0,15	0,4/0,45	0,125/0,4
Развертывание	15,6/109,0	0,2	0,1/0	0,5	0,3/0,45
<i>Обработка ковкого чугуна</i>					
Рассверливание	34,7/77,4	0,25/0,5	0,1/0,15	0,4/0,45	0,125/0,4
Зенкерование	27,9/143,0	0,2/0,4	0,1/0,15	0,4/0,45	0,125/0,4
Развертывание	23,2/148,0	0,2	0,1/0	0,5	0,3/0,45

* в числителе приведены значения коэффициентов при обработке режущей частью из твердого сплава, в знаменателе - из быстрорежущей стали

Таблица 6.19 - Значение коэффициента C_v и показателей степени в формуле скорости резания при фрезеровании

Тип фрезы	C_v	q_v	x_v	y_v	u_v	p_v	t
<i>Обработка конструкционной углеродистой стали</i>							
Торцевая	53	0,25	0,1	0,3	0,15	0	0,2
Цилиндрическая	45	0,45	0,3	0,3	0,1	0,1	0,33
Дисковая	63	0,25	0,3	0,3	0,1	0,1	0,2
Концевая	47	0,45	0,5	0,5	0,1	0,1	0,33
<i>Обработка серого чугуна</i>							
Торцевая	42	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,15
Цилиндрическая	43	0,7	0,5	0,4	0,3	0,3	0,25
Дисковая	78	0,2	0,5	0,4	0,1	0,1	0,15
Концевая	72	0,7	0,5	0,2	0,3	0,3	0,25
<i>Обработка ковкого чугуна</i>							
Торцевая	73	0,25	0,1	0,3	0,15	0,1	0,2
Цилиндрическая	68	0,45	0,3	0,3	0,1	0,1	0,33
Дисковая	96	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
Концевая	68	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
<i>Обработка медных сплавов</i>							
Торцевая	102	0,25	0,1	0,3	0,15	0,1	0,2
Цилиндрическая	94	0,45	0,3	0,3	0,1	0,1	0,33
Дисковая	144	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
Концевая	103	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
<i>Обработка алюминиевых сплавов</i>							
Торцевая	190	0,25	0,1	0,3	0,15	0,1	0,2
Цилиндрическая	168	0,45	0,3	0,3	0,1	0,1	0,33
Дисковая	259	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
Концевая	186	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33

Таблица 6.20 - Значение коэффициента C_v и показателей степени в формуле скорости резания при протягивании

Обрабатываемый материал	Тип протяжки					
	Шпоночная			Шлицевая		
	C_v	t	y_v	C_v	t	y_v
Конструкционная углеродистая сталь	8,8	0,87	1,4	14	0,6	0,75
Серый чугун	5,1	0,6	0,95	14,7	0,5	0,6

Таблица 6.21 - Стойкость сверл, зенкеров и разверток

Инструмент	Период стойкости, мин. при диаметре инструмента, мм						
	до 5	6-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60
Сверло	20/15 *	30/20	55/40	65/50	90/60	115/70	140/ -
Зенкер	-	-	30	40	50	60	80
Развертка	-	25/20	50/40	100/65	125/90	150/110	175/140

* в числителе приведены значения стойкости при обработке режущей частью из твердого сплава, в знаменателе - из быстрорежущей стали

Таблица 6.22 - Стойкость фрез

Тип фрезы	Период стойкости, мин. при диаметре фрезы, мм									
	20	25	40	60	75	90	110	150	200	250
Торцевая	-		120	180				240		
Цилиндрическая	-		120		180			-		
Дисковая	-					120		150	180	240
Концевая	80	90	120	180	-					

Таблица 6.23 - Значение коэффициента K_{Mv}

Обрабатываемый материал	Расчетная формула
Сталь	$K_{Mv} = 750 / \sigma_b$
Чугун	$K_{Mv} = (190 / HB)^{1,25}$

Таблица 6.24 - Значение коэффициента K_{Hv}

Обработка сталей					
Материал режущей части	P6M5	T5K10	T14K8	T15K6	T30K4
Коэффициент K_{Hv}	0,3	0,65	0,8	1,0	1,4
Обработка чугунов					
Материал режущей части	BK2	BK3	BK4	BK6	BK8
Коэффициент K_{Hv}	1,25	1,15	1,1	1,0	0,83

Таблица 6.25 - Значение коэффициента $K_{\varphi v}$

Угол φ	20	30	45	60	75	90
Коэффициент $K_{\varphi v}$	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7

Таблица 6.26 - Значение коэффициента K_{IV}

Состояние обрабатываемой поверхности	После мех. обработки	Прокат	Поковка, штамповка	Отливка
Коэффициент K_{IV}	1,0	0,9	0,8	0,6 - 0,7

Таблица 6.27 - Значение коэффициента K_{IV} при сверлении

Глубина отверстия	до $3D$	$4D$	$5D$	$6D$	$8D$
Коэффициент K_{IV}	1,0	0,85	0,75	0,7	0,6

Таблица 6.28 - Механические свойства некоторых черных и цветных металлов и сплавов

Марка металла или сплава	Предел прочности при растяжении, σ_b , МПа	Твердость, HB , кг/мм ²	Марка металла или сплава	Предел прочности при растяжении, σ_b , МПа	Твердость, HB , кг/мм ²
<i>Сталь</i>			<i>Чугун</i>		
10	340	187	СЧ12-28	120	143...229
20	410	156	СЧ18-36	180	170...229
30	480	179	СЧ24-44	240	170...241
40	570	217	СЧ32-52	320	187...255
50	630	241	СЧ38-60	380	207...269
60	650	255	КЧ37-12	370	149
20Г	430	197	КЧ35-10	350	149
30Г	550	217	КЧ33-8	330	149
40Г	600	229	КЧ30-6	300	163
50Г	650	255	<i>Медь и сплавы на ее основе</i>		
65Г	750	269	М1, М2	210	35
15Х	700	179	М3	300	40
20Х	800	179	ЛС59-1	350	40
30Х	900	187	БрА7	600	50
40Х	1000	217	БрБ2	600	100
50Х	1100	229	<i>Алюминиевые сплавы</i>		
20ХГС	800	207	Д1	380	90
30ХГС	1100	229	Д6	400	100
12ХНЗА	950	217	АЛ4	220	65

20ХН3А	950	241	АЛ6	240	80
--------	-----	-----	-----	-----	----

Таблица 6.29 - Скорость резания при точении конструкционной углеродистой стали, $\frac{M}{\text{мин}}$ (материал режущей части резца - Т5К10, $\varphi = 45^\circ$)

Глубина резания, мм	Подача, $\frac{\text{мм}}{\text{об}}$					
	0,14	0,25	0,38	0,54	0,75	0,97
1	0,14	0,25	0,38	0,54	0,75	0,97
2	-	0,14	0,25	0,38	0,54	0,75
4	-	-	0,14	0,25	0,38	0,54
Наружное точение	167	148	132	117	104	93
Растачивание	148	132	117	104	93	82

Таблица 6.30 - Скорость резания при точении серого чугуна, $\frac{M}{\text{мин}}$ (материал режущей части резца - ВК6, $\varphi = 45^\circ$)

Глубина резания, мм	Подача, $\frac{\text{мм}}{\text{об}}$					
	0,14	0,23	0,42	0,56	0,75	1,00
0,8	0,14	0,23	0,42	0,56	0,75	1,00
1,8	-	0,14	0,23	0,42	0,56	0,75
4	-	-	0,14	0,23	0,42	0,56
Наружное точение	154	137	122	108	96	86
Растачивание	140	124	110	98	87	77

Таблица 6.31 - Скорость резания при сверлении стали

Диаметр сверла, мм	Скорость резания, $\frac{M}{\text{мин}}$ при подаче, $\frac{\text{мм}}{\text{об}}$						
	0,11	0,16	0,20	0,27	0,36	0,49	0,66
5	32	24	20,5	17,7	15,0	13,0	11,0
10	-	27,5	24	20,5	17,7	15,0	13,0
20	-	32	27,5	24	20,5	17,7	15,0
30	-	-	32	27,5	24	20,5	17,7
60	-	-	-	32	27,5	24	20,5

Таблица 6.32 - Скорость резания при сверлении чугуна

Диаметр сверла, мм	Скорость резания, $\frac{M}{\text{мин}}$ при подаче, $\frac{\text{мм}}{\text{об}}$								
	0,16	0,20	0,24	0,30	0,40	0,53	0,70	0,95	1,3
3	31	28	25	22	20	17,5	15,5	14	12,5
8	-	31	28	25	22	20	17,5	15,5	14
20	-	-	31	28	25	22	20	17,5	15,5
50	-	-	-	33	29,5	26	23	21	18

Таблица 6.33 - Скорость резания при зенкеровании

Диаметр зенкера, мм	Скорость резания, $\frac{м}{мин}$ при подаче, $\frac{мм}{об}$					
	0,3	0,43	0,56	0,75	1,0	1,3
15 - 35	26/33 *	22,5/29	19,3/26	16,7/23	14,4/25	12,4/18
36 - 80	23,5/32	20,5/28	17,5/25	15,1/22	13,0/20	11,2/18

* в числителе приведены значения скорости резания при обработке сталей, в знаменателе - при обработке чугунов

Таблица 6.34 - Скорость резания при развертывании

Диаметр развертки, мм	Скорость резания, $\frac{м}{мин}$ при подаче, $\frac{мм}{об}$									
	0,6	0,8	1,0	1,3	1,6	2,0	2,6	3,3	4,1	5,2
10 - 20	11,7	10,4	9,3	8,2	7,3	6,5	5,8	5,1	4,6	4,1
21 - 80	10,4	9,3	8,2	7,3	6,5	5,8	5,1	4,6	4,1	3,6

Таблица 6.35 - Скорость резания при фрезеровании, $\frac{м}{мин}$

Тип фрезы	Подача, $\frac{мм}{зуб}$	Обрабатываемый материал	
		Сталь	Чугун
Торцевая $D = 110 \text{ мм}, z = 12$	0,1	180/44*	202/60
	0,2	140/31	151/38
Цилиндрическая $D = 80 \text{ мм}, z = 8$	0,1	220/52	235/60
	0,2	184/41	197/53
Дисковая $D = 75 \text{ мм}, z = 10$	0,1	336/40	396/52
	0,2	251/34	314/41
Концевая $D = 20 \text{ мм}, z = 3$	0,1	140/25	156/34
	0,2	134/18	139/21

* в числителе приведены значения скорости резания при обработке режущей частью из твердого сплава, в знаменателе - из быстрорежущей стали

Таблица 6.36 - Скорость резания при нарезании зубчатых колес червячными фрезами, $\frac{м}{мин}$

Модуль, мм	$R_a = 3,2 \text{ мкм}$	$R_a = 1,6 \text{ мкм}$
до 4	22 - 26	18 - 22
4 - 8	18 - 22	14 - 18

Таблица 6.37 - Частота вращения рабочих органов некоторых металлорежущих станков

Тип станка	Марка	Ряд частот вращения, об/мин.
Токарно-винторезный	16К20	12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600
	1А62	12; 15; 19; 24; 30; 38; 46; 58; 76; 96; 120; 150; 185; 230; 305; 370; 380; 460; 480; 600; 610; 765; 955; 1200
Горизонтально-фрезерный	6Р81	50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600
Вертикально-фрезерный	6Н11	65; 80; 100; 125; 160; 210; 255; 300; 380; 490; 590; 725; 945; 1225; 1500; 1800
Вертикально-сверлильный	2Н125	90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

При механической обработке детали в месте контакта с режущим инструментом действует определенная сила, значение которой зависит от режима резания, материала заготовки и инструмента, геометрии рабочей части инструмента и других факторов. В случае, когда главным движением является вращательное движение заготовки или инструмента, силу резания можно разложить на три составляющих: тангенциальную, радиальную и осевую.

Определение силы резания необходимо в связи с тем, что она вызывает деформацию элементов системы СПИД, и может привести к их отказам. Например, тангенциальная составляющая силы резания при точении вызывает деформации кручения заготовки и изгиба резца; радиальная составляющая – изгиб заготовки.

Тангенциальная составляющая, в отличие от других, действует со скоростью резания, то есть, со скоростью главного движения. Значение скорости резания несопоставимо выше значения скорости поступательного движения резца (движения подачи). Именно поэтому, только значения тангенциальной составляющей силы резания и скорости резания фигурируют в формуле мощности резания, потому что мощность, как известно из курса физики, можно выразить произведением силы и скорости, с которой эта сила действует. Тангенциальную составляющую также называют главной составляющей силы резания.

Мощность резания также можно выразить через крутящий момент и частоту вращения инструмента и заготовки. Определение мощности резания, наряду с усилием и крутящим моментом, необходимо с целью рационального выбора технологического оборудования (металлорежущих станков). Разумеется, паспортная мощность привода станка должна быть выше необходимой потребляемой мощности в процессе резания.

Мощность, необходимая в процессе резания, определяется следующим образом:

при точении, растачивании,
нарезании резьбы резцом,
фрезеровании, протягивании

$$N = \frac{P_z v_\phi}{1020 \times 60}, \quad (7.1)$$

при сверлении, зенкеровании,
развертывании, нарезании резьбы
метчиком или плашкой

$$N = \frac{M_{кр} n_\phi}{9750}, \quad (7.2)$$

при продольном шлифовании [5]

$$N = C_o D^r s v_\phi^{0.7}, \quad (7.3)$$

при врезном шлифовании

$$N = C_o D^r s^{0.7} v_\phi^{0.7}, \quad (7.4)$$

где N - мощность резания, кВт,
 P_z - тангенциальная (главная) составляющая силы резания, Н,
 $M_{кр}$ - крутящий момент, Н·м,
 C_o - коэффициент, учитывающий вид шлифования (таблица 7.6).
 r - показатель степени (для наружного шлифования $r = 0,2$; для внутреннего - $0,3$).

Главная составляющая силы резания и крутящий момент для различных методов механической обработки определяется следующим образом [4], [6], [7]:

при точении, растачивании,
нарезании резьбы резцом

$$P_z = 10C_p t^{x_p} s^{y_p} v^{n_p} K_p, \quad (7.5)$$

при фрезеровании

$$P_z = \frac{10C_p t^{x_p} s^{y_p} B^{u_p} z}{D^{q_p} n^{w_p}} K_{M_p}, \quad (7.6)$$

при протягивании

$$P_z = 10C_p a_z^{y_p} b z_{п} n_{п}, \quad (7.7)$$

при нарезании зубчатых колес
червячными фрезами

$$P_z = 10C_p s^{x_p} m^{y_p} K_{M_p}, \quad (7.8)$$

при сверлении, нарезании резьбы
метчиком или плашкой

$$M_{кр} = \frac{C_m D^{q_m} s^{y_m} K_{M_p}}{100}, \quad (7.9)$$

при рассверливании и зенкерования

$$M_{кр} = \frac{C_m D^{q_m} t^{x_m} s^{y_m} K_{M_p}}{100}, \quad (7.10)$$

при развертывании

$$M_{кр} = \frac{C_p t^{x_p} s_z^{y_p} D z}{200}, \quad (7.11)$$

где C_p и C_m - коэффициенты, характеризующие общие условия обработки (обрабатываемый материал и материал режущего инструмента),

t - глубина резания, мм (при отрезании и прорезании t - длина режущей кромки),

b - ширина среза (ширина шпонки или шлица), мм,

z - число зубьев фрезы, развертки,

$z_{п}$ - число одновременно работающих зубьев протяжки,

$n_{п}$ - число шлицов (или шпоночных пазов),

m - модуль, мм,

$x_p, y_p, n_p, u_p, q_p, w_p, q_m, x_m, y_m$ - показатели степени,

K_p - коэффициент, учитывающий конкретные условия обработки,

K_{M_p} - коэффициент, учитывающий материал заготовки (таблица 7.7).

Значения коэффициентов C_p и C_m , показателей степени $x_p, y_p, n_p, u_p, q_p, w_p, q_m, x_m, y_m$ находятся в следующих таблицах:

при точении, отрезании, нарезании резьбы резцом	таблица 7.1
при сверлении, рассверливании, зенкерования, нарезании резьбы метчиком или плашкой	таблица 7.2
при фрезеровании	таблица 7.3
при нарезании зубчатых колес червячными фрезами	таблица 7.4
при протягивании	таблица 7.5

Коэффициент K_p определяется следующим образом:

$$K_p = K_{Mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{rp}, \quad (7.12)$$

где $K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{rp}$ - коэффициенты, учитывающие соответственно влияние углов φ, γ и радиуса при вершине резца r (таблица [7.8](#)).

Число одновременно работающих зубьев протяжки:

$$z_{\Pi} = \frac{l}{s_{\Pi}}, \quad (7.13)$$

где l - длина протягиваемой поверхности, мм,
 s_{Π} - шаг режущих зубьев протяжки, мм.

$$s_{\Pi} = (1,25 \dots 1,5) \sqrt{l}. \quad (7.14)$$

Значение z_{Π} необходимо округлить вверх до целого числа.

Таблица 7.1 - Значение коэффициента C_p и показателей степени в формуле главной составляющей силы резания при точении

Обрабатываемый материал	Вид обработки	C_p	x_p	y_p	n_p
Конструкционная углеродистая сталь	Точение	300	1,0	0,75	-0,15
	Отрезание	408	0,72	0,8	0
	Нарезание резьбы	148	-	1,7	0,71
Серый чугун	Точение	92	1,0	0,75	0
	Отрезание	158	1,0	1,0	0
	Нарезание резьбы	103	-	1,8	0,82
Ковкий чугун	Точение	81	1,0	0,75	0
	Отрезание	139	1,0	1,0	0
Медные сплавы	Точение	55	1,0	0,66	0
	Отрезание	75	1,0	1,0	0
Алюминиевые сплавы	Точение	40	1,0	0,75	0
	Отрезание	50	1,0	1,0	0

Таблица 7.2 - Значение коэффициента C_m и показателей степени в формуле крутящего момента

Вид обработки	C_m	q_m	x_m	y_m
Сверление	39	2,0	-	0,8
Расверливание и зенкерование	93	1,0	0,9	0,8
Нарезание резьбы метчиком	27	1,4	-	1,5
Нарезание резьбы плашкой	45	1,1	-	1,5

Таблица 7.3 - Значение коэффициента C_p и показателей степени в формуле окружной силы при фрезеровании

Тип фрезы	C_p	x_p	y_p	u_p	q_p	w_p
<i>Обработка стали</i>						
Торцевая	825/83*	1,0/0,95	0,75/0,8	1,1	1,3/1,1	0,2/0
Цилиндрическая	101/68	0,88/0,86	0,75/0,72	1,0	0,87/0,86	0
Дисковая	261/69	0,9 /0,86	0,8/0,72	1,1/1,0	1,1/0,86	0,1/0
Концевая	125/69	0,86/0,85	0,75/0,72	1,0	0,73/0,86	-0,13/0
<i>Обработка чугуна</i>						
Торцевая	55/50	0,9	0,74/0,72	1,0/1,14	1,0/1,14	0
Цилиндрическая, дисковая, концевая	58/30	0,9/0,83	0,8/0,65	1,0	0,9/0,83	0
<i>Обработка медных и алюминиевых сплавов</i>						
Все типы	- /23	- /0,86	- /0,72	- /1,0	- /0,86	0

* в числителе приведены значения коэффициентов при обработке режущей частью из твердого сплава, в знаменателе - из быстрорежущей стали

Таблица 7.4 - Значение коэффициента C_p и показателей степени в формуле окружной силы при нарезании зубчатых колес червячными фрезами

Обрабатываемый материал	C_p	x_p	y_p
Сталь	30	0,75	1,0
Чугун, медные и алюминиевые сплавы	11,3	0,8	1,25

Таблица 7.5 - Значение коэффициента C_p и y_p в формуле силы резания при протягивании

Обрабатываемый материал	Тип протяжки			
	Шпоночная		Шлицевая	
	C_p	y_p	C_p	y_p
Конструкционная углеродистая сталь	202	0,85	230	0,85
Серый чугун	137	0,73	215	0,73

Таблица 7.6 - Значение коэффициента C_o

Характер шлифования	Наружное продольное	Наружное врезное	Внутреннее продольное
Коэффициент C_o	0,029	0,0184	0,0322

Таблица 7.7 - Расчетные формулы и значения коэффициента K_{Mp}

Обрабатываемый материал	Расчетная формула или значение	Показатель степени n
Сталь	$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_b}{750} \right)^n$	0,75 / 0,35 *
Серый чугун	$K_{Mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n$	0,4 / 0,55
Ковкий чугун	$K_{Mp} = \left(\frac{HB}{150} \right)^n$	0,4 / 0,55
Медные сплавы	0,75 - 1,0	-
Алюминиевые сплавы	1,0 - 1,5	-

* в числителе приведены значения показателя степени n при обработке режущей частью из твердого сплава, в знаменателе - из быстрорежущей стали

Таблица 7.8 - Поправочные коэффициенты при определении главной составляющей силы резания при точении

Геометрические параметры		Поправочные коэффициенты	
Наименование	Величина	Обозначение	Величина
Главный угол в плане φ°	30	$K_{\varphi p}$	1,08
	45		1,0
	60		0,94
	90		0,89
Передний угол γ°	-15	$K_{\gamma p}$	1,25
	0		1,1
	10		1,0
Радиус при вершине r , мм	0,5	K_{rp}	0,87
	1,0		0,93
	2,0		1,0
	3,0		1,04

8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМ ВРЕМЕНИ

После определения припусков, размеров заготовки и элементов режима резания становится возможным определение времени, необходимого на изготовление детали. От нормы времени на механическую обработку зависят затраты труда, которые наряду с материальными, энергетическими и другими затратами определяют себестоимость готовой детали, ее цену. Норма времени также влияет на такт выпуска продукции, срок выполнения заказа. Выполнение последнего в определенных случаях является очень важной с экономической точки зрения задачей.

Существуют понятия штучного и штучно-калькуляционного времени. Первое является составной частью второго. Штучно-калькуляционное время определяется при единичном и мелкосерийном производстве, потому что при его определении имеет смысл учитывать подготовительно-заключительное время в связи с малой партией выпускаемых изделий.

Одной из составляющих штучного времени является основное (или машинное время). Основное время – это время, затрачиваемое непосредственно на изменение формы, размеров и механических свойств детали. Основное время механической обработки, в отличие от вспомогательного, дополнительного и подготовительно-заключительного времени, имеет математическую зависимость от размеров заготовки и готовой детали, элементов режима резания. Для определения других составляющих штучного времени не обойтись без справочных таблиц, которые составлены на основе данных серии экспериментов. В основе этих экспериментов лежит хронометраж (измерение времени).

$$\text{Штучное время} \quad T_{\text{шт}} = T_o + T_{\text{вс}} + T_{\text{доп}}, \quad (8.1)$$

$$\text{штучно-калькуляционное время} \quad T_{\text{ш.к.}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{N}, \quad (8.2)$$

где T_o - основное технологическое время, мин.,

$T_{\text{вс}}$ - вспомогательное время, мин.,

$T_{\text{доп}}$ - дополнительное время, мин.,

$T_{\text{п.з.}}$ - подготовительно-заключительное время, мин.,

N - количество деталей в партии.

Основное технологическое время определяется сначала для каждого технологического перехода, а затем суммированием - на механическую обработку всей детали. При обработке деталей на станках, у которых главным движением является вращательное движение инструмента или заготовки, основное технологическое время определяется следующим образом:

$$T_o = \frac{Li}{ns}, \quad (8.3)$$

где L - длина рабочего хода инструмента или заготовки, мм,
 i - количество рабочих ходов (проходов), мм,
 n - частота вращения заготовки или инструмента, об/мин.,
 s - подача, мм/об.

Длина рабочего хода инструмента или заготовки:

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3, \quad (8.4)$$

где l - длина обрабатываемого участка, мм,
 l_1 - длина врезания инструмента, мм,
 l_2 - длина перебега инструмента (в случае обработки до уступа, при сверлении глухих отверстий и при снятии фаски $l_2 = 0$), мм,
 l_3 - длина участка при снятии пробных стружек (5 ... 8 мм).

Длина врезания и перебега инструмента:

при токарной и сверлильной операциях	$l_1 = \frac{t}{\operatorname{tg} \varphi},$	(8.5)
	$l_2 = 1 \dots 3 \text{ мм},$	

при нарезании резьбы, если была снята фаска	$l_1 = 0$
---	-----------

при фрезеровании	таблицы 8.1 и 8.2
------------------	---

при продольном шлифовании	$l_1 \approx l_2 = 0,3 \dots 0,5 b.$	(8.6)
---------------------------	--------------------------------------	-------

где φ - главный угол в плане, град.,
 b - ширина шлифовального круга, мм.

Вспомогательное время включает следующие составляющие:

$$T_{\text{вс}} = T_{\text{вс1}} + T_{\text{вс2}} + T_{\text{вс3}}, \quad (8.7)$$

где $T_{\text{вс1}}$ - вспомогательное время, связанное с установкой и снятием заготовки (сначала определяется для каждого установа, а затем суммированием - на механическую обработку всей детали), мин.,
 $T_{\text{вс2}}$ - вспомогательное время, связанное с технологическим переходом (управление станком, подвод и отвод инструмента) - определяется сначала для каждого технологического перехода, а затем суммированием - на механическую обработку всей детали, мин.,

$T_{вс3}$ - вспомогательное время, связанное с делением (например, при нарезании зубчатых колес или фрезеровании шлицевых канавок с использованием делительной головки), мин.

$$T_{вс3} = T_{в.з.}z, \quad (8.8)$$

где $T_{в.з.}$ - время, связанное с делением на зуб, мин.,

z - количество частей, на которое необходимо разделить окружность (например, количество зубьев зубчатого колеса или шлицов шлицевого вала).

Значения вспомогательного времени и его составляющих для различных методов обработки резанием приведены в таблицах [8.3 – 8.13](#).

Дополнительное время:

$$T_{доп} = K_{оп}T_{оп}, \quad (8.9)$$

где $K_{оп}$ - коэффициент оперативности (таблица [8.14](#)),

$T_{оп}$ - оперативное время, мин.

Оперативное время:

$$T_{оп} = T_o + T_{вс}. \quad (8.10)$$

Подготовительно-заключительное время сначала определяется для каждого установа, а затем суммированием - на механическую обработку всей детали. Значения подготовительно-заключительного времени $T_{п.з.}$ для различных методов обработки резанием находятся в таблицах [8.15 – 8.20](#).

Таблица 8.1 - Величины врезания и перебега при фрезеровании торцевыми, дисковыми и цилиндрическими фрезами

Глубина фрезерования, мм	Диаметр фрезы, мм							
	40	50	60	75	90	110	130	150
	Перебег, мм							
	2	2	2,5	2,5	3	3	3,5	3,5
Врезание, мм								
1	6,6	7,0	7,7	8,6	9,4	10,5	11,4	12,2
2	8,7	9,8	10,8	12,1	13,3	14,7	16,0	17,2
3	10,5	11,9	13,1	14,7	16,2	17,9	19,5	21,0
4	12,0	13,6	15,0	16,9	18,6	20,6	22,5	24,2
5	13,2	15,0	16,6	18,7	20,6	22,9	25,0	26,9

Таблица 8.2 - Величины врезания и перебега при фрезеровании концевыми фрезами

Диаметр фрезы, мм	10	20	40
Перебег и врезание, мм	3	4 - 5	7 - 10

Таблица 8.3 - Вспомогательное время на установку и снятие заготовки на токарном станке, мин.

Способ установки	Масса заготовки, кг			
	3	5	10	св.10
В центрах	0,25	0,30	0,36	0,46
В центрах с люнетом	0,42	0,46	0,55	0,70
В 3-х кулачковом патроне	0,19	0,22	0,32	0,39
В 3-х кулачковом патроне с поджатым задним центром	0,35	0,40	0,48	0,60
В цанговом патроне	0,40	0,47	0,50	-
На гладкой оправке	0,30	0,35	0,44	0,50
На разжимной оправке	0,48	0,50	0,65	0,70

Таблица 8.4 - Вспомогательное время, связанное с технологическим переходом на токарном станке, мин.

Вид обработки	Высота центров, мм		
	150	200	300
Черновое точение	0,30	0,40	0,60
Чистовое точение	0,50	0,60	0,80
Подрезание, отрезание	0,10	0,15	0,18
Снятие фаски	0,05	0,06	0,06
Сверление, центровка	0,46	0,62	0,80
Нарезание резьбы резцом	0,20	0,30	0,50

Таблица 8.5 - Вспомогательное время на установку и снятие заготовки на сверлильном станке, мин.

Способ установки	Масса заготовки, кг			
	3	5	8	12
В тисках с винтовым зажимом	0,5	0,6	0,7	0,8
На столе креплением планками и болтами	0,95	1,0	1,2	1,4
В кондукторе	0,8	0,9	1,0	1,1

Таблица 8.6 - Вспомогательное время, связанное с технологическим переходом на сверлильном станке, мин.

Вид обработки	Диаметр обработки, мм		
	12	25	50
Сверление по разметке	0,12	0,14	0,16
Сверление по кондуктору	0,10	0,12	0,13
Расверливание, зенкерование	0,08	0,10	0,12
Развертывание	0,10	0,12	0,15

Таблица 8.7 - Вспомогательное время на установку и снятие заготовки на фрезерном станке, мин.

Способ установки	Масса заготовки, кг			
	3	5	8	12
В тисках с винтовым зажимом	0,2	0,3	0,3	0,3
На столе креплением планками и болтами	1,9	2,0	2,2	2,5
В 3-х кулачковом патроне с делительной головкой	0,44	0,55	0,64	0,72

Таблица 8.8 - Вспомогательное время, связанное с технологическим переходом на фрезерном станке

Вид обработки	Вспомогательное время, мин.
Фрезерование плоскостей с пробной стружкой	0,7
Фрезерование плоскостей	0,1
Фрезерование пазов с пробной стружкой	0,8
Фрезерование пазов	0,2

Таблица 8.9 - Вспомогательное время при нарезании зубчатых колес дисковыми модульными фрезами без учета времени на деление, мин.

Количество обрабатываемых х	Масса заготовки, кг			
	1	4	8	12
1	2,9 / 4,8 *	3,1 / 5,0	3,2 / 5,1	3,3 / 5,2
2	1,3 / 2,3	1,7 / 2,7	1,9 / 2,9	2,0 / 3,1
3	0,7 / 1,5	1,2 / 1,9	1,5 / 2,2	1,7 / 2,4
5	0,4 / 0,9	0,9 / 1,4	1,2 / 1,7	1,4 / 1,9

* в числителе приведены значения вспомогательного времени при обработке за один проход, в знаменателе - за два прохода

Таблица 8.10 - Вспомогательное время, связанное с делением на зуб при нарезании зубчатых колес дисковыми модульными фрезами, мин.

Способ обработки	Количество обрабатываемых заготовок				
	1	2	3	4	5
За один проход	0,2	0,1	0,07	0,05	0,04
За два прохода	0,4	0,2	0,14	0,10	0,08

Таблица 8.11 - Вспомогательное время при работе на зубофрезерном станке, мин.

Количество обрабатываемых х	Масса заготовки, кг			
	1	2	3	4
1	0,9 / 1,8 *	1,1 / 2,0	1,2 / 2,1	1,3 / 2,2
3	0,4 / 0,7	0,4 / 0,7	0,4 / 0,8	0,5 / 0,8
5	0,2 / 0,4	0,2 / 0,4	0,3 / 0,4	0,3 / 0,5

* в числителе приведены значения вспомогательного времени при обработке за один проход, в знаменателе - за два прохода

Таблица 8.12 - Вспомогательное время на установку и снятие заготовки на круглошлифовальном станке, мин.

Способ установки	Масса заготовки, кг				
	1	3	5	8	12
В центрах	0,25	0,28	0,32	0,36	0,44
В центрах с люнетом	-	-	-	0,60	0,70

Таблица 8.13 - Вспомогательное время, связанное с технологическим переходом (на один проход) на круглошлифовальном станке, мин.

Вид обработки	Высота центров, мм	
	150	300
Шлифование первой поверхности	0,9	1,1
Шлифование последующих поверхностей	0,45	0,6

Таблица 8.14 - Значение коэффициента оперативности $K_{оп}$

Метод обработки	Коэффициент $K_{оп}$
Точение и растачивание	0,08
Сверление, зенкерование и развертывание	0,06
Фрезерование	0,07
Шлифование	0,09

Таблица 8.15 - Подготовительно-заключительное время при работе на токарных станках, мин.

Способ установки	Высота центров, мм		
	150	200	300
В центрах	8	9	12
В центрах с люнетом	10	11	14
В 3-х кулачковом патроне	11	12	13
В 3-х кулачковом патроне с поджатым задним центром	12	13	14
В цанговом патроне	11	12	13
На гладкой или шлицевой оправке	10	11	12
На разжимной оправке	12	13	14

Таблица 8.16 - Подготовительно-заключительное время при работе на сверлильных станках, мин.

Способ установки	Диаметр обработки, мм		
	12	25	50
В тисках с винтовым зажимом	4	5	6
На столе креплением планками и болтами	5	6	7
В кондукторе	8	9	10

Таблица 8.17 - Подготовительно-заключительное время при работе на фрезерных станках

Способ установки	Время, мин.
В тисках с винтовым зажимом	22
На столе креплением планками и болтами	24
В 3-х кулачковом патроне с делительной головкой	39

Таблица 8.18 - Подготовительно-заключительное время при работе на зубофрезерных станках, мин.

Способ установки	Модуль, мм	
	до 6	6 - 12
На оправке	15	19
В центрах	21	26

Таблица 8.19 - Подготовительно-заключительное время при работе на круглошлифовальных станках, мин.

Способ установки	Высота центров, мм	
	150	300
В центрах	7	8
В центрах с люнетом	9	10

Таблица 8.20 - Подготовительно-заключительное время при работе на бесцентровошлифовальных станках

Вид шлифования	Время, мин.
Продольное	17
Врезное	20

9. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

Экономия энергии является актуальной задачей, так как любой энергоноситель имеет цену. Подавляющее большинство металлорежущих станков имеют электропривод. Наиболее объективной энергетической оценкой механической обработки резанием является отношение затраченной электроэнергии к массе стружки [1]:

$$\mathcal{E}_{\text{уд}} = \frac{\mathcal{E}}{60m_{\text{ст}}} = \frac{NT_0}{60m_{\text{ст}}}, \quad (9.1)$$

где $\mathcal{E}_{\text{уд}}$ - удельная электроэнергия, кВт · ч / кг,

\mathcal{E} - расход электроэнергии, кВт · ч,

$m_{\text{ст}}$ - масса стружки, кг,

N - мощность, кВт,

T_0 - основное время, мин.

Масса стружки:

$$m_{\text{ст}} = m_3 - m_{\text{д}}, \quad (9.2)$$

где m_3 – масса заготовки, кг,

$m_{\text{д}}$ – масса детали, кг.

10. ОФОРМЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ

Завершающей стадией проектирования технологического процесса изготовления изделия является разработка технологической документации.

Технологический документ – это графический или текстовый документ, который отдельно или в совокупности с другими документами определяет технологический процесс или операцию изготовления изделия.

Профессиональный токарь-фрезеровщик, работающий, например, в ремонтной мастерской сельскохозяйственного предприятия, способен изготовить сложную деталь непосредственно по чертежу. В этом случае в составлении технологических карт нет необходимости, так как в условиях единичного производства нецелесообразно тратить время на их разработку. Что касается серийного и массового производств, то разработка технологической документации необходима для обеспечения технологической дисциплины и уменьшения штучного времени.

Комплектность и форма технологических документов могут быть различными в зависимости от типа производства и применяемого технологического оборудования. Для технологического процесса изготовления детали с применением универсальных металлорежущих станков в качестве основного технологического документа рекомендуется разрабатывать карту технологического процесса (КТП), которая должна сопровождаться картами эскизов (КЭ).

10.1 Оформление карты технологического процесса

Также как и конструкторская документация (чертежи деталей, сборочных единиц) карта технологического процесса оформляется по строго определенной форме [12]. КТП – это таблица, ячейки которой имеют размеры, установленные стандартом, и содержат определенную информацию. КТП имеет основную надпись, форма которой отличается от основной надписи конструкторского документа.

Первым, что необходимо понять при изучении структуры КТП, является то, что строки карты отличаются по типу содержащейся в них информации. Поэтому, помимо номера, каждой строке присваивается служебный символ.

Структура и содержание первого и последующих листов КТП представлена на рисунках [10.1](#) – [10.3](#). [13] и в таблице [10.1](#)

													Гост 3.1404-86			Форма 1					
				51			52			53			49		50						
Дубл	56	49	50																		
Взам	55			51			52			53			49		50						
Твдп	54																				
57				58			59			60		61									
Разраб				40			41			42			43								
47	48	49	50																		
				46			45						44								
Н контр																					
1	2											13									
M01	Код		ЕВ	МД	ЕН	Н расх.	КИМ	Код заготовки		Профиль и размеры		КД	МВ								
M02	3	4	5	6	7	8	9	10		11	12										
A	Цех	УЧ	РМ	Опер	Код наименование операции			Обозначение документа													
B	Код наименование оборудования						ОМ	Проф	P	УТ	КР	КОД	ЕН	ОТ	Кит	Тп.з.	Тит				
P							П	Д или В	L	t	i	s	n	v							
A 03	14	15	16	17	18	19															
B 04	20						21	22	23	24	25	26	6	27	28	29	30				
P 05	31						32	33	34	35	36	37	38	39							
06																					
07																					
08																					
09																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
			51	52	53	49	50	51	52	53	49	50	51	52	53	49	50				
62	63																				

Рисунок 10.1 - Форма первого листа карты технологического процесса (КТП)

														Гост 3.1404-86			Форма 1а		
					51	52	53				49	50							
Доп.	56	49			50														
Вам	55						51	52	53	49	50								
Под.	54																		
57							58			59			61						
					51	52	53	49	50	51	52	53	49	50	41	43			
А	Цех	УЧ	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования								ОМ	Проф	Р	УТ	КР	КОД	ЕН	ОП	Кит	Тп.з.	Тит
Р									П	Д или В		L	t	i	s		n	v	
А 16	14	15	16	17	18				19										
Б 17	20								21	22	23	24	25	26	6	27	28	29	30
Р 18	31							32	33	34		35	36	37	38		39		
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			
31																			
32																			
62	63																		

Рисунок 10.2 - Форма последующих листов карты технологического процесса (КТП)

Таблица 10.1 - Содержание граф карты технологического процесса

Номер графы	Наименование (условное обозначение) графы	Содержание графы
1	2	3
1	-	Обозначение служебного символа и порядковый номер строки. Допускается при указании номера строки в пределах 01-09 применять вместо 0 знак Ø, например АØ8, ОØ9 (таблица 10.2)
2	-	Наименование, сортамент, размер и марка материала, ГОСТ (таблица 10.3), ТУ.
3	Код	Код материала по классификатору.
4	ЕВ	Код единицы величины (массы, длины, площади и т. п.) детали, заготовки, материала по классификатору СОЕИ. Допускается указывать единицы измерения величины.
5	МД	Масса детали по конструкторскому документу.
6	ЕН	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала или времени (1, 10, 100 и т. д.)
7	Н. расх.	Норма расхода материала (МЗ – МД).
8	КИМ	Коэффициент использования материала (МД / МЗ).
9	Код заготовки	Код заготовки по классификатору (таблица 10.4). Допускается указывать вид заготовки (отливка, прокат, поковка и т. п.)
10	Профиль и размеры	Профиль и размеры исходной заготовки. Информацию по размерам следует указывать исходя из условий имеющихся размеров заготовки (длины, ширины, высоты), например 1000 × 2500 × 100.
11	КД	Количество деталей, изготавливаемых из одной заготовки.

Продолжение таблицы 10.1

1	2	3
12	МЗ	Масса заготовки.
13	-	Графа для особых указаний. Порядок и обязательность заполнения графы устанавливаются отраслевыми нормативно-техническими документами (НТД).
14	Цех	Номер (код) цеха, в котором выполняют операцию.
15	УЧ	Номер (код) участка, конвейера, поточной линии.
16	РМ	Номер (код) рабочего места.
17	Опер.	Номер операции (процесса) в технологической последовательности изготовления детали (включая контроль и перемещение).
18	Код, наименование операции	Код операции по технологическому классификатору, наименование операции.
19	Обозначение документа	Обозначение документов, инструкций по охране труда, применяемых при выполнении данной операции.
20	Код, наименование оборудования	Код оборудования по классификатору, краткое наименование оборудования и инвентарный номер. Допускается взамен краткого наименования оборудования указывать его модель; инвентарный номер не указывать.
21	СМ	Степень механизации. Обязательность заполнения графы устанавливается отраслевыми НТД.
22	Проф.	Код профессии по классификатору ОКПДТР (таблица 10.5).
23	Р	Разряд работы, необходимый для выполнения операции по ОКПДТР (таблица 10.5).
24	УТ	Код условий труда по классификатору ОКПДТР и код вида нормы.
25	КР	Количество исполнителей, занятых при выполнении операции.

Продолжение таблицы 10.1

1	2	3
26	КОИД	Количество одновременно обрабатываемых деталей.
27	ОП	Объем производственной партии в штуках. На стадиях разработки предварительного проекта допускается графу не заполнять.
28	Кшт.	Коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании.
29	Тпз.	Норма подготовительно-заключительного времени на операцию.
30	Тшт.	Норма штучного времени на операцию.
31	-	Особые указания. Допускается записывать содержание перехода.
32	ПИ	Номер позиции инструментальной наладки. Графу следует заполнять для станков с ЧПУ.
33	<i>D</i> или <i>B</i>	Расчетный размер обрабатываемого диаметра (ширины) детали.
34	<i>L</i>	Расчетный размер длины рабочего хода.
35	<i>t</i>	Глубина резания.
36	<i>i</i>	Число проходов.
37	<i>s</i>	Подача, мм/об.
38	<i>n</i>	Число оборотов шпинделя в минуту.
39	<i>v</i>	Скорость резания, м/мин.
<i>Элементы основной надписи [8]</i>		
40	-	Краткое наименование предприятия - разработчика документа.
41	-	Обозначение изделия по основному конструкторскому документу.
42	-	Для типовых и групповых технологических процессов - код классификационных группировок технологических признаков.

Продолжение таблицы 10.1

1	2	3
43	-	Обозначение документа (пункт 10.1.3) [15]
44	-	Литера, присвоенная документу (комплекту документов) (таблица 10.6) [16]
45	-	Наименование изделия по основному конструкторскому документу.
46	-	Общая единица нормирования, принятая для всего технологического процесса.
47	-	Характер работы, выполняемой лицами, подписывающими документ («Нормировал», «Согласовал», «Утвердил»).
48	-	Фамилии лиц, участвующих в разработке и оформлении документа.
49	-	Подписи лиц, участвующих в разработке и оформлении документа.
50	-	Дата подписи.
51	-	Порядковый номер изменения документа.
52	-	Отметка о замене или введении листа документа.
53	-	Порядковый регистрационный номер извещения.
54	-	Инвентарный номер подлинника.
55	-	Инвентарный номер подлинника, взамен которого выпущен данный подлинник.
56	-	Инвентарный номер дубликата.
57	-	Указание дополнительной информации (по применимости в изделии, вариантам исполнения и т.п.).
58	-	Обозначение номера изделия (сборочной единицы), с которого вводится данный документ.
59	-	Обозначение основного документа, куда входит данный документ.
60	-	Общее количество листов документа.

Окончание таблицы 10.1

1	2	3
61	-	Порядковый номер листа документа.
62	-	Условное обозначение вида документа (таблица 10.7) [16]
63	-	Наименование документа или краткое наименование технологического метода формообразования, обработки, сборки процесса или операции, который описывается в данном документе.

Таблица 10.2 - Обозначение служебного символа

Символ	Содержание информации, вносимой в графы, расположенные на строке
А	Номер цеха, участка, рабочего места, где выполняется операция, номер операции, код и наименование операции, обозначение документов, применяемых при выполнении операции
Б	Код, наименование оборудования и информация по трудозатратам
О	Содержание операции или перехода (пункт 10.1.1)
Р	Размеры и режимы резания
Т	Информация о применяемой технологической оснастке (пункт 10.1.2)

Таблица 10.3 - Номера Государственных Стандартов (ГОСТов) на некоторые группы конструкционных материалов

Наименование ГОСТа	Номер ГОСТа
Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки.	380 - 94
Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Марки.	1412 - 85
Чугун с шаровидным графитом для отливок. Марки.	7293 - 85
Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки.	4784 - 97
Сплавы медно-цинковые (латуни), обрабатываемые давлением. Марки.	15527 - 70
Сплавы медно-цинковые (латуни) литейные. Марки.	17711 - 93
Бронзы оловянные, обрабатываемые давлением. Марки.	5017 - 74
Бронзы оловянные литейные. Марки.	613 - 79

Таблица 10.4 - Коды на некоторые виды продукции из конструкционных материалов по общероссийскому классификатору продукции (ОКП)

Вид продукции	Код
Прокат стальной сортовой конструкционный углеродистый	09 5030
Прокат стальной сортовой конструкционный легированный	09 5040
Трубы стальные бесшовные	13 0100
Трубы стальные сварные	13 0200
Прокат дюралюминиевый. Трубы.	18 1250
Прокат дюралюминиевый. Прутки.	18 1260
Прокат латунный. Трубы.	18 4550
Прокат латунный. Прутки.	18 4570
Прокат бронзовый. Трубы.	18 4650
Прокат бронзовый. Прутки.	18 4670

Таблица 10.5 - Коды некоторых профессий по общероссийскому классификатору профессий рабочих, должностей служащих и тарифных разрядов (ОКПДТР)

Профессия	Код	Диапазон тарифных разрядов
Токарь	19149	2 - 6
Фрезеровщик	19479	2 - 6
Шлифовщик	19630	2 - 6
Шевинговальщик	19606	2 - 5
Строгальщик	18891	2 - 6
Сверловщик	18355	2 - 5
Долбежник	11883	2 - 4

Таблица 10.6 - Присвоение литеры

Стадия разработки технологической документации	Литера
Предварительный проект	П
На изготовление опытного образца	О, О ₁ , О ₂
Для изделий серийного производства	А, Б
Для разового изготовления в единичном производстве	И
Директивная документация (для изделий вспомогательного производства)	Д

Таблица 10.7 - Условное обозначение вида документа

Вид документа	Условное обозначение документа
Карта эскизов	КЭ
Маршрутная карта	МК
Карта технологического процесса	КТП
Операционная карта	ОК

10.1.1 Правила записи операций и переходов

Наименование *операций* обработки резанием должно отражать применяемый вид оборудования и записываться именем прилагательным в именительном падеже. При этом слово «операция» не пишется. Примеры наименований операций и присвоенные им номера приведены в таблице [10.8](#)

Таблица 10.8 - Операции обработки резанием

Номер	Наименование	Номер	Наименование
03	Долбежная	50	Вертикально-сверлильная
04	Зубодолбежная	51	Горизонтально-сверлильная
13	Зубофрезерная	52	Координатно-сверлильная
26	Полировальная	55	Поперечно-строгальная
27	Притирочная	63	Токарно-винторезная
28	Суперфинишная	67	Токарно-револьверная
29	Хонинговальная	70	Вертикально-фрезерная
42	Горизонтально-протяжная	71	Горизонтально-фрезерная
44	Вертикально-расточная	87	Круглошлифовальная
45	Горизонтально-расточная	90	Плоскошлифовальная

Порядок записи *перехода* отражен на рисунке [10.3](#).

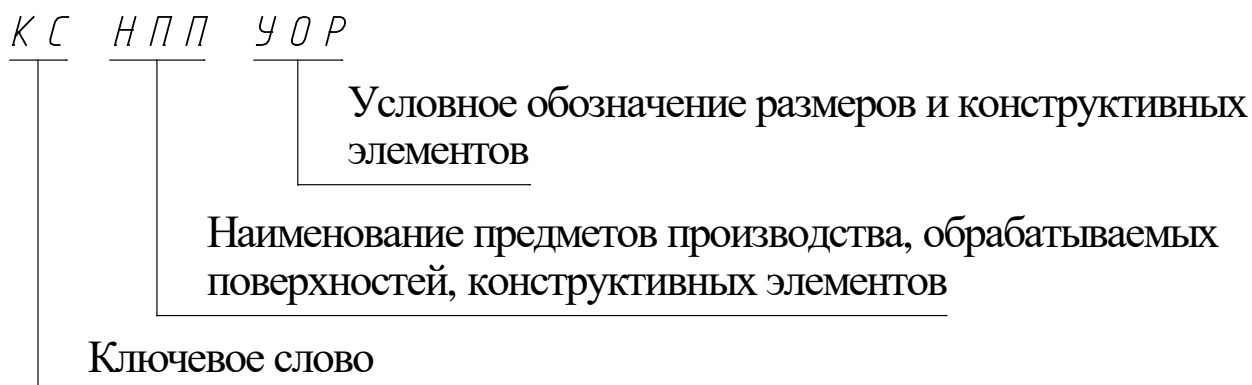


Рисунок 10.3 - Структура содержания перехода

Ключевое слово характеризует метод обработки и записывается глаголом в неопределенной форме (таблица [10.9](#))

Таблица 10.9 - Примеры ключевых слов технологических переходов и их условные коды

Условный код	Ключевое слово	Условный код	Ключевое слово
03	Галтовать	25	Расверлить
06	Долбить	26	Расточить
10	Зенкеровать	27	Сверлить
13	Нарезать	28	Строгать
16	Отрезать	29	Суперфинишировать
17	Подрезать	30	Точить
18	Полировать	31	Хонинговать
19	Притирать	33	Шлифовать
21	Протянуть	35	Центровать
22	Развернуть	36	Фрезеровать

Наименование обрабатываемых поверхностей, конструктивных элементов и предметов производства (НПП) следует записывать, как имя существительное в винительном падеже. Примеры НПП в именительном падеже и их условные коды приведены в таблице [10.10](#)

Таблица 10.10 - Наименование обрабатываемых поверхностей, конструктивных элементов и предметов производства

Условный код	Наименование	Условный код	Наименование
001	Буртик	018	Отверстие
003	Выточку	020	Паз
005	Галтель	022	Поверхность
010	Зуб	026	Резьбу
012	Канавку	030	Торец
016	Лыску	032	Фаску

Условное обозначение обрабатываемых поверхностей, конструктивных элементов и предметов производства (УОР) выполняется в виде арабской цифры.

При наличии черновой и чистовой обработки в конце содержания перехода пишется соответственно слово *предварительно* или *окончательно*.

10.1.2 Правила записи информации о применяемой технологической оснастке [14]

Информация о технологической оснастке включает наименование, тип, модель и обозначение стандарта оснастки. Наименование, тип и номера ГОСТов некоторых видов технологической оснастки приведены в таблице [10.11](#). При записи информации о режущем инструменте вместо модели указывается материал режущей части инструмента (таблица [5.3](#))

Таблица 10.11 - Номера Государственных Стандартов (ГОСТов)
на некоторые виды станочных приспособлений, режущих
и измерительных инструментов

Наименование приспособления и инструмента	Номер ГОСТа
Патрон трехкулачковый	2675 - 80
Патрон сверлильный трехкулачковый с ключом	8522 - 79
Тиски станочные с ручным и механизированным приводом	16518 - 96
Тиски ручные	28241 - 89
Стол поворотный круглый с ручным и механизированным приводом	16935 - 93
Головки делительные универсальные	8615 - 89
Центр упорный	13214 - 79
Центр вращающийся	8742 - 75
Зажимы контактные винтовые	25034 - 85
Резец подрезной	18880 - 73
Резец проходной отогнутый	18877 - 73
Резец проходной упорный	18879 - 73
Резец проходной прямой	18878 - 73
Сверло спиральное среднее	10902 - 77
Сверло центровочное комбинированное	14952 - 75
Метчики машинные и ручные	3266 - 81
Плашки круглые	9740 - 71
Вороток раздвижной	22401 - 83
Вороток одногнездовой	22398 - 77
Штангенциркуль	166 - 89
Штангенглубиномер	162 - 90
Микрометр	6507 - 90
Нутромер микрометрический	10 - 88
Нутромер индикаторный	868 - 82

При необходимости указания к переходу нескольких видов оснастки ее следует указывать в порядке очередности: приспособление - режущий инструмент – средства измерения.

В том случае, если одно и то же обозначение технологической оснастки применяют в нескольких переходах, то в целях сокращения соответствующей информации и исключения ее дублирования допускается после ее наименования (в том переходе, где ее применяют в первый раз) указывать в скобках номера соответствующих переходов. В этом случае в последующих переходах соответствующую информацию указывать не следует.

10.1.3 Структура кодового обозначения документа

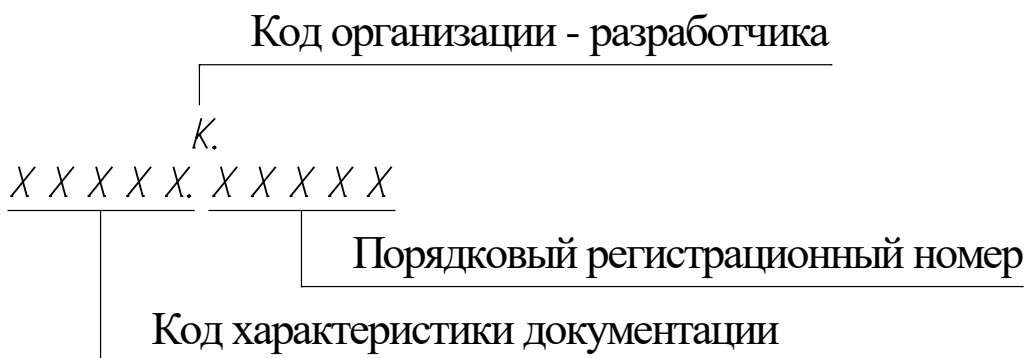


Рисунок 10.4 - Структура кодового обозначения документа

Код организации - разработчика документов следует присваивать в соответствии с требованиями отраслевых НТД.

Порядковый регистрационный номер должна присваивать служба предприятия, ответственная за ведение карточки учета обозначений.

Структура кода характеристики документации следующая:

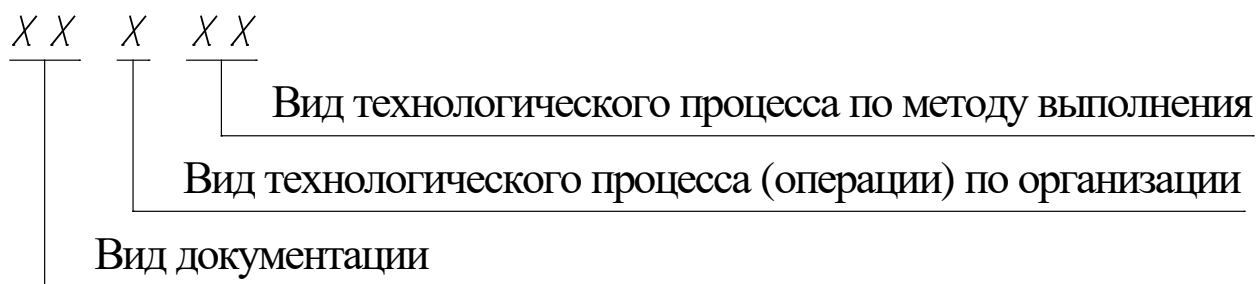


Рисунок 10.5 - Структура кода характеристики документации

Некоторые коды *вида документации* представлены в таблице [10.12](#), коды *вида технологического процесса (операции) по организации* - в таблице [10.13](#), коды *вида технологического процесса по методу выполнения* - в таблице [10.14](#).

Таблица 10.12 - Коды вида документации

Код	Вид документации
01	Комплект технологической документации
10	Маршрутная карта
20	Карта эскизов
50	Карта технологического процесса
60	Операционная карта

Таблица 10.13 - Коды вида технологического процесса (операции) по организации

Код	Вид технологического процесса	Код	Вид технологического процесса
0	Без указания	2	Типовой
1	Единичный	3	Групповой

Таблица 10.14 - Коды вида технологического процесса по методу выполнения

Код	Вид технологического процесса	Код	Вид технологического процесса
00	Без указания	50	Термообработка
10	Литье	80	Пайка
21	Обработка давлением	88	Сборка
41	Обработка резанием	90	Сварка

10.2 Оформление карты эскизов [10], [11], [13]

Форма карты эскизов (КЭ) отличается от формы карты технологического процесса (КТП) отсутствием строк 1 – 39 (рисунки [10.1](#) и [10.2](#)). На их месте выполняется операционный эскиз.

Операционный эскиз – это графическое изображение детали после данной технологической операции или перехода. Правила выполнения операционных эскизов следующие.

Изображения заготовок (деталей) должны быть представлены в их рабочем положении.

Допускается выполнять операционный эскиз для каждого технологического перехода. Но, при условии обеспечения полноты информации, достаточно одного эскиза на один установ.

Допускается выполнять эскиз без соблюдения масштаба, но с выдерживанием пропорций графических элементов.

На операционном эскизе, также как и на чертеже детали, проставляются размеры и допуски на них, допуски формы и расположения, шероховатости поверхностей. Но эти элементы обозначаются только для тех поверхностей, которые обрабатываются за данную операцию или переход.

Над эскизом проставляется номер технологической операции, для которой данный эскиз выполняется.

Поверхности, обрабатываемые за данную технологическую операцию или переход, обозначаются линией, толщина которой в два раза больше толщины основных линий.

Обрабатываемая поверхность обозначается арабской цифрой в окружности диаметром 6...8 мм соединением соответствующей выносной линией. Простановку номеров целесообразно выполнять по часовой стрелке, начиная с левой верхней части эскиза. Для наглядности обозначения обрабатываемых поверхностей следует выполнять на одной линии (или по периметру зоны, в которой помещен эскиз).

Главное отличие операционного эскиза от чертежа детали - обозначение элементов базирования и закрепления (опор, зажимов и установочных устройств) при механической обработке. Правила их обозначения представлены в таблицах [10.15 – 10.19](#). Соблюдение этих правил позволит обойтись без записи вспомогательных переходов в карте технологического процесса.

Таблица 10.15 - Условное обозначение опор

Наименование	Обозначение на видах		
	спереди, сзади	сверху	снизу
Опора неподвижная			
Опора подвижная			
Опора плавающая			
Опора регулируемая			

Таблица 10.16 - Условное обозначение зажимов

Наименование	Обозначение на видах		
	спереди, сзади	сверху	снизу
Одиночный			
Двойной (l - расстояние между точками приложения сил)			

Таблица 10.17 - Условное обозначение формы рабочих поверхностей

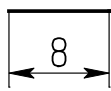
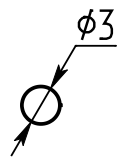
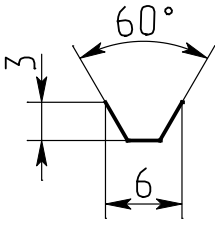
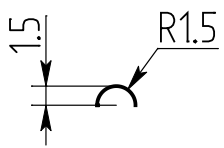
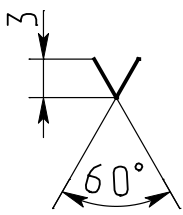
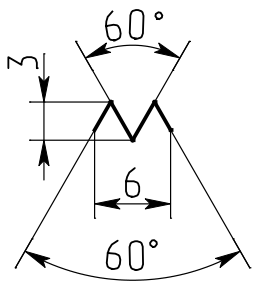
Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Плоская		Цилиндрическая	
Призматическая		Сферическая	
Коническая		Рифленая, резбовая, шлицевая	

Таблица 10.18 - Условное обозначение установочно-зажимных устройств

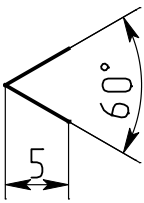
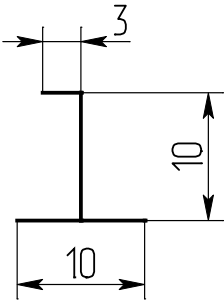
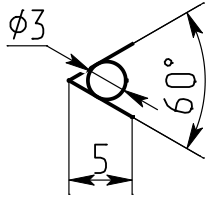
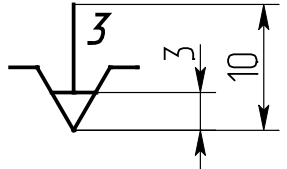
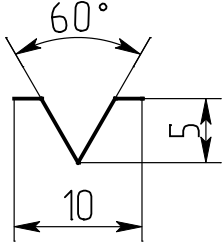
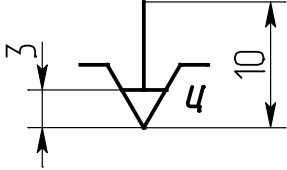
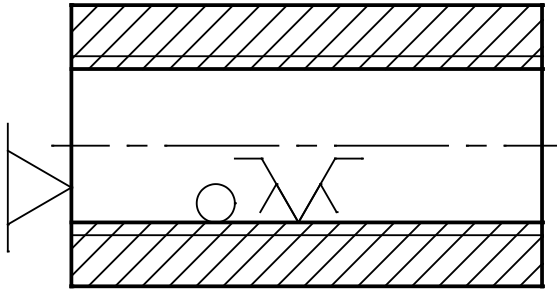
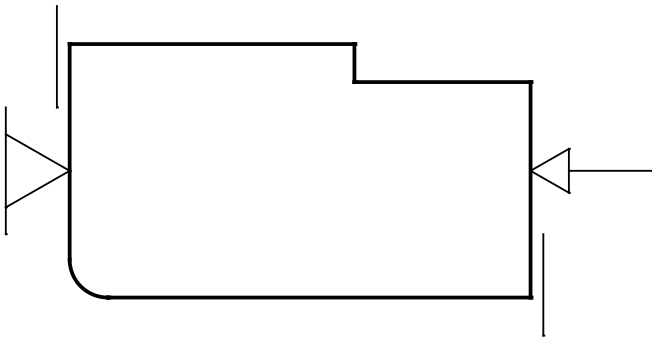
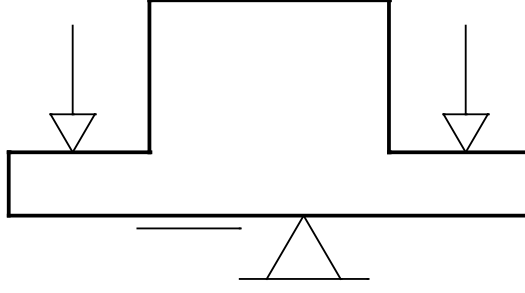
Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Центр неподвижный		Патрон поводковый	
Центр вращающийся		Патрон трехкулачковый самоцентрирующийся	
Оправка цилиндрическая		Оправка цанговая	

Таблица 10.19 - Примеры схем установов изделий

Описание	Схема
<p>В трехкулачковом патроне, с упором в торец, с поджимом вращающимся центром и с креплением в подвижном люнете</p>	
<p>На цилиндрической резьбовой оправке с упором в торец</p>	
<p>В тисках с плоскими губками</p>	
<p>С опорой на плоскую поверхность и креплением двумя одиночными зажимами</p>	

11. ПРОЕКТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСА ЦЕНТРОСМЕСТИТЕЛЯ

Порядок и правила проектирования технологического процесса механической обработки деталей резанием были приведены выше. Для более полного усвоения представленного материала и рационального оформления курсового проекта или блока расчетно-графических заданий предлагается, как пример, проект технологического процесса корпуса центросместителя, который является приспособлением при шлифовании шеек коленчатых валов двигателя УМЗ 406.

11.1 Исходные данные

1. Чертеж детали (рисунок [11.1](#)).
2. Количество деталей в партии – 1 (разовое изготовление в единичном производстве).
3. Конструкторский документ (чертеж детали) прошел технологический контроль. Установлено, что деталь вполне возможно изготовить с использованием универсальных металлорежущих станков.

11.2 Выбор вида заготовки

В качестве заготовки выбираем отрезок круглого проката.

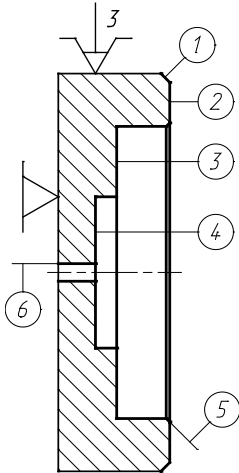
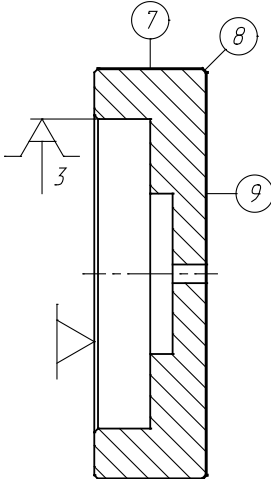
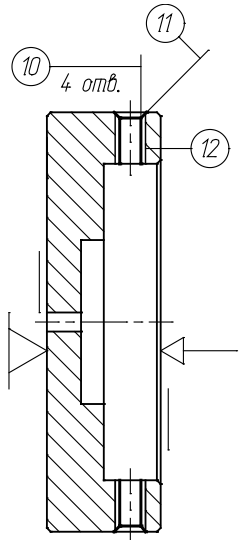
11.3 Составление технологического маршрута механической обработки

Технологический маршрут изготовления центросместителя представлен в таблице [11.1](#).

11.4 Определение припусков на механическую обработку и размеров заготовки

Минимальные припуски на механическую обработку определяем для следующих технологических переходов (таблица [11.2](#)): [1а](#), [1д](#), [2а](#), [2б](#). Расчетные формулы для определения припусков выбираем в зависимости от формы обрабатываемой поверхности.

Таблица 11.1 - Технологический маршрут изготовления центросместителя

Наименование операций и переходов	Тип металлорежущего станка и приспособления	Эскиз
1	2	3
<p><u>1. Токарная</u></p> <p>а) Подрезать торец 2 б) Снять фаску 1 в) Сверлить отверстие 6 г) Точить поверхность 3 предварительно д) Точить поверхность 3 окончательно е) Точить поверхность 4 ж) Снять фаску 5</p>	<p>Станок токарно-винторезный, трехкулачковый патрон</p>	
<p><u>2. Токарная</u></p> <p>а) Подрезать торец 9 б) Точить поверхность 7 в) Снять фаску 8</p>	<p>Станок токарно-винторезный, трехкулачковый патрон</p>	
<p><u>3. Сверлильная</u></p> <p>а) Сверлить отверстие 10 б) Снять фаску 11 в) Нарезать резьбу 12 вручную</p> <p><i>Остальные отверстия обрабатывать с переустановом в той же последовательности</i></p>	<p>Станок вертикально-сверлильный, тиски</p>	

Окончание таблицы 11.1

1	2	3
<p><u>4. Сверлильная</u></p> <p>а) Сверлить центровочное отверстие 14 б) Сверлить центровочные отверстия 13 в) Сверлить отверстия 15 г) Снять фаски 16</p>	<p>Станок вертикально-сверлильный, одиночные зажимы</p>	<p>Technical drawing showing a side view of a table with two center holes (13) and four main holes (15). A section line B-B is indicated. Below is a detail view of a chamfered edge (16).</p>

Таблица 11.2 - Формулы для расчета припуска

Форма поверхности	Переход	Наименование перехода	Расчетная формула
Плоская поверхность	<u>1а</u>	Подрезать торец 2	$Z_{i_{\min}} = R_{z_{i-1}} + T_{D_{i-1}} + \Delta_{\text{изг}_{i-1}} + \Delta_{y_i}$ <p>(односторонний припуск)</p>
	<u>1д</u>	Точить поверхность 3 окончательно	
	<u>2а</u>	Подрезать торец 9	
Тело вращения	<u>2б</u>	Точить поверхность 7	$Z_{i_{\min}} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{D_{i-1}} + \sqrt{\Delta_{\text{изг}_{i-1}}^2 + \Delta_{y_i}^2})$ <p>(припуск на диаметр)</p>

Формулу для расчета пространственной погрешности, образованной при выполнении предыдущего перехода, выбираем в зависимости от состояния поверхности, полученной при предыдущем технологическом переходе (формулы [4.3 – 4.5](#)), и заносим в таблицу [11.3](#)

Таблица 11.3 - Формулы для расчета пространственной погрешности

Состояние поверхности, полученной при предыдущем технологическом переходе	Данный переход	Расчетная формула
Исходная заготовка	1а 2а 2б	$\Delta_{изг_{i-1}} = \sqrt{\rho^2 + \Delta_{ц}^2}$
Поверхность, подвергнутая механической обработке	1д	$\Delta_{изг_{i-1}} = K_y \sqrt{\rho^2 + \Delta_{ц}^2}$

Формула для определения кривизны заготовки: $\rho = \Delta K L_d$.

Формула для определения погрешности зацентровки: $\Delta_{ц} = 250 \sqrt{T_{D(d)}^2 + 1}$.

Результаты расчета минимальных припусков заносим в таблицу [11.4](#)

Таблица 11.4 - Значения составляющих в формулах для определения минимальных припусков

Переход	Обозначение параметров									
	$R_{z_{i-1}}$	$T_{D_{i-1}}$	ΔK	L_D	ρ	$T_{D(d)}$	$\Delta_{\text{ц}}$	$\Delta_{\text{изг}_{i-1}}$	Δ_{y_i}	$Z_{i_{\text{min}}}$
	Наименование параметров									
	Шероховатость, образованная при выполнении предыдущего перехода, мкм	Глубина дефектного слоя, образованного при выполнении предыдущего перехода, мкм,	Удельная кривизна исходной заготовки, $\frac{\text{мкм}}{\text{мм}}$	Длина обрабатываемой поверхности, мм	Кривизна исходной заготовки, мкм	Допуск на диаметр поверхности, служащей установочной базой центруемой заготовки, мм	Погрешность зацентровки заготовки, мкм	Пространственная погрешность, образованная при выполнении предыдущего перехода, мкм	Погрешность установки, образующаяся при выполнении данного перехода, мкм	Минимальный операционный припуск, мкм
1а	160	200	0	55	0	1	354	354	100	814
1д	60	90	0	41,5	0	-	0	0	0	150
2а	160	200	0	55	0	0,14	250	250	100	710
2б	160	200	0	30	0	0,14	250	250	100	1258

На размеры исходной заготовки, кроме габаритных размеров центросместителя, влияют, припуски, определенные для переходов [1а](#), [2а](#), [2б](#). Для переходов [1а](#) и [2а](#) номинальные припуски определяем, округлив значения минимальных припусков до 1 мм вверх. Номинальный припуск при переходе [2б](#) зависит от диаметра круглого проката, который выбираем из стандартизированного ряда.

На промежуточный размер при обработке центросместителя влияет припуск, определенный для перехода [1д](#). Для определения номинального припуска значение минимального припуска округляем вверх до 0,1 мм.

Результаты расчетов заносим в таблицу [11.5](#).

Таблица 11.5 - Определение номинальных припусков

Переход	1а	1д	2а	2б
Минимальный припуск, $Z_{i_{\min}}$, мм	0,814	0,150	0,710	1,258
Номинальный припуск, Z_o , мм	1	0,2	1	2

Таким образом: длина заготовки $L_3 = 30 + 1 + 1 = 32$ мм,
диаметр заготовки $D_3 = 115$ мм.

Эскиз заготовки представим на рисунке [11.2](#)

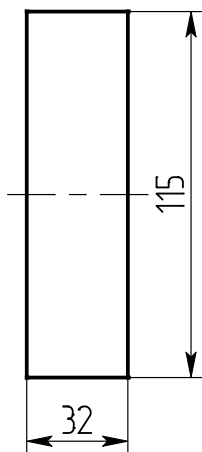


Рисунок 11.2 - Эскиз заготовки

Формула для определения массы заготовки: $m_3 = jV_3$.

Формула для определения объема заготовки: $V_3 = \frac{\pi D_3^2}{4} L_3$.

Результаты расчета массы заготовки заносим в таблицу [11.6](#)

Таблица 11.6 - Значения составляющих в формулах для определения массы заготовки

Обозначение параметра	D_3	L_3	V_3	j	m_3
Наименование параметра	Диаметр заготовки, м	Длина заготовки, м	Объем заготовки, м ³	Плотность материала заготовки, кг/м ³	Масса заготовки, кг
Значение параметра	0,115	0,032	$3,32 \cdot 10^{-4}$	7871	2,61

11.5 Определение элементов режима резания

Формулу для определения глубины резания при каждом технологическом переходе (кроме нарезания резьбы) выбираем в зависимости от метода механической обработки или формы конструктивного элемента и заносим в таблицу [11.7](#).

Таблица 11.7 - Формулы для определения глубины резания

Переход	Формула	Переход	Формула
1а, 1д, 2а	$t = Z_o$	4а	$t = \frac{D - D_H}{2}$
2б	$t = \frac{Z_o}{2}$	1г, 1е	0,5 ... 2 мм
1в, 3а, 4б, 4в	$t = \frac{D}{2}$	1б, 1ж, 2в, 3б, 4г	Глубина резания равна размеру фаски

Формула для определения числа проходов: $i = \frac{t_{сл}}{t}$.

Диаметр отверстия, обрабатываемого при переходе [3а](#), определяем следующим образом:

$$D = D_p - 1,25s ,$$

где D_p - диаметр резьбы, мм,

s - шаг резьбы, нарезаемой после сверления отверстия.

$$D = 8 - 1,25 \cdot 1,25 = 6,5 \text{ мм.}$$

Результаты расчета глубины резания и числа рабочих ходов (проходов) заносим в таблицу [11.8](#).

Таблица 11.8 - Значения составляющих в формулах глубины резания

Переход	Обозначение параметров					
	Z_o	D	D_H	t	$t_{сл}$	i
	Наименование параметров					
	Номинальный припуск, мм	Диаметр сверла, мм	Диаметр отверстия до рассверливания, мм	Глубина резания, мм	Общая толщина снимаемого слоя, мкм	Число проходов, мм
1а	1	-	-	1	1	1
1б	-	-	-	2	2	1
1в	-	5	-	2,5	2,5	1
1г	-	-	-	1,85	14,8	8
1д	0,2	-	-	0,2	0,2	1
1е	-	-	-	1,5	6	4
1ж	-	-	-	1	1	1
2а	1	-	-	1	1	1
2б	1	-	-	1	1	1
2в	-	-	-	1	1	1
3а	-	6,5	-	3,25	3,25	1
3б	-	-	-	1,5	1,5	1
4а	-	10	5	2,5	2,5	1
4б	-	10	-	5	5	1
4в	-	12	-	6	6	1
4г	-	-	-	1	1	1

Подачу для каждого технологического перехода выбираем из справочных таблиц. Значения подач заносим в таблицу [11.9](#).

Подача при выполнении перехода 3в равна шагу резьбы.

Таблица 11.9 - Значения подач

Переход	Подача $s, \text{ мм/об}$	Переход	Подача $s, \text{ мм/об}$	Переход	Подача $s, \text{ мм/об}$
1а	0,5	1ж	0,5	3в	1,25
1б	0,5	2а	0,5	4а	0,2
1в	0,1	2б	0,5	4б	0,2
1г	0,5	2в	0,5	4в	0,3
1д	0,35	3а	0,2	4г	0,3
1е	0,5	3б	0,2		

Формулы для определения скорости резания и коэффициента K_v выбираем в зависимости от метода механической обработки и заносим в таблицы [11.10](#) и [11.11](#). Для перехода 3в (нарезание резьбы) скорость резания и все другие параметры, рассчитываемые ниже, не определяем, так как данный переход выполняется вручную.

Таблица 11.10 - Формулы для определения скорости резания

Переход	1а, 1б, 1г, 1д, 1е, 1ж, 2а, 2б, 2в	1в, 3а, 4б, 4в	3б, 4а, 4г
Формула	$v = \frac{C_v}{T^m t^{x_v} s^{y_v}} K_v$	$v = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m s^{y_v}} K_v$	$v = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m t^{x_v} s^{y_v}} K_v$

Таблица 11.11 - Формулы для определения коэффициента K_v

Переход	1а, 1б, 1г, 1д, 1е, 1ж, 2а, 2б, 2в	1в, 3а, 4б, 4в, 3б, 4а, 4г
Формула	$K_v = K_{\varphi v} K_{Iv} K_{Mv} K_{Iv}$	$K_v = K_{Iv} K_{Mv} K_{Iv}$

Коэффициент $K_{\varphi v}$ зависит от главного угла в плане φ токарного реза. Для переходов 1г, 1д, 1е $\varphi = 90^\circ$ ($K_{\varphi v} = 0,7$). Для всех остальных технологических переходов токарной операции применяем резцы с углом $\varphi = 45^\circ$ ($K_{\varphi v} = 1$).

Коэффициент K_{Iv} зависит от материала режущего инструмента. При токарной обработке применяем резцы, оснащенные пластинами из твердого сплава Т15К6 ($K_{Iv} = 1$), при сверлении и нарезании резьбы - сверла и метчики из быстрорежущей стали Р6М5 ($K_{Iv} = 0,3$).

Коэффициент K_{Mv} при обработке стали зависит от предела прочности при растяжении σ_b обрабатываемого материала. Для Стали 40 $\sigma_b = 570$ МПа. Таким образом: $K_{Mv} = 750 / \sigma_b = 1,3$.

Коэффициент K_{Iv} зависит от состояния обрабатываемой поверхности. При выполнении технологических переходов 1а, 2а, 2б состояние обрабатываемой поверхности - штамповка ($K_{Iv} = 0,8$). При остальных технологических переходах обрабатываемая поверхность уже была подвергнута механической обработке ($K_{Iv} = 1$).

Коэффициент K_{Iv} зависит от отношения диаметра сверла к глубине отверстия. Для всех технологических переходов сверлильной операции $K_{Iv} = 1$.

Результаты расчета коэффициента K_v для каждого технологического перехода заносим в таблицу [11.12](#).

Таблица 11.12 - Значения составляющих в формулах коэффициента K_v

Переход	Обозначение параметра					
	K_{qv}	K_{Iv}	K_{Mv}	K_{Iv}	K_{Iv}	K_v
	Наименование параметра					
1а	1	1	1,3	0,8	-	1,04
1б	1	1	1,3	1	-	1,3
1в	-	0,3	1,3	-	1	0,39
1г	0,7	1	1,3	1	-	0,91
1д	0,7	1	1,3	1	-	0,91
1е	0,7	1	1,3	1	-	0,91
1ж	1	1	1,3	1	-	1,3
2а	1	1	1,3	0,8	-	1,04
2б	1	1	1,3	0,8	-	1,04
2в	1	1	1,3	1	-	1,3
3а	-	0,3	1,3	-	1	0,39
3б	-	0,3	1,3	-	1	0,39
4а	-	0,3	1,3	-	1	0,39
4б	-	0,3	1,3	-	1	0,39
4в	-	0,3	1,3	-	1	0,39
4г	-	0,3	1,3	-	1	0,39

Результаты расчета скорости резания для каждого технологического перехода заносим в таблицу [11.13](#).

Таблица 11.13 - Значения составляющих в формулах скорости резания

Переход	Обозначение параметра										
	t	s	T	m	D	C_v	x_v	y_v	q_v	K_v	v
	Наименование параметра										
	Глубина резания, мм	Подача, мм/об	Стойкость инструмента, мин	Показатель относительной стойкости	Диаметр инструмента, мм	Коэффициент, характеризующий общие	Показатель степени	Показатель степени	Показатель степени	Коэффициент, учитывающий конкретные условия обработки	Скорость резания, м/мин
1а	1	0,5	50	0,20	-	350	0,15	0,35	-	1,04	212,2
1б	2	0,5	50	0,20	-	350	0,15	0,35	-	1,3	231,1
1в	2,5	0,1	15	0,20	5	7	-	0,7	0,4	0,39	15,2
1г	1,85	0,5	50	0,20	-	350	0,15	0,35	-	0,91	169,3
1д	0,2	0,35	50	0,20	-	350	0,15	0,35	-	0,91	267,8
1е	1,5	0,5	50	0,20	-	350	0,15	0,35	-	0,91	174,7
1ж	1	0,5	50	0,20	-	350	0,15	0,35	-	1,3	265,2
2а	1	0,5	50	0,20	-	350	0,15	0,35	-	1,04	212,2
2б	1	0,5	50	0,20	-	350	0,15	0,35	-	1,04	212,2
2в	1	0,5	50	0,20	-	350	0,15	0,35	-	1,3	265,2
3а	3,25	0,2	20	0,20	6,5	7	-	0,7	0,4	0,39	9,8
3б	1,5	0,2	20	0,25	9,5	10,8	0,2	0,3	0,6	0,39	11,5
4а	2,5	0,2	20	0,25	10	10,8	0,2	0,3	0,6	0,39	10,7
4б	5	0,2	20	0,2	10	7	-	0,7	0,4	0,39	11,6
4в	6	0,3	40	0,2	12	9,8	-	0,5	0,4	0,39	9,0
4г	1	0,3	40	0,25	14	10,8	0,2	0,3	0,6	0,39	11,7

Для переходов 1а, 1б, 1г - 2в расчетная скорость резания превышает табличное значение более, чем на 30%. Для этих переходов пересчитываем скорость резания по формуле:

$$v = v_T K_v.$$

Результаты расчетов заносим в таблицу [11.14](#).

Таблица 11.14 - Значения скорости резания

Переход	1а	1б	1г	1д	1е	1ж	2а	2б	2в
Табл. значение v_T , м/мин	117	104	104	132	104	117	117	117	117
Коэффициент K_v	1,04	1,3	0,91	0,91	0,91	1,3	1,04	1,04	1,3
Скорость резания v , м/мин	122	135	95	120	95	152	122	122	152

Для остальных технологических переходов скорость резания не пересчитываем.

Частоту вращения рабочего органа механизма главного движения определяем по формуле:

$$n_p = \frac{1000v}{\pi D},$$

где D - диаметр обрабатываемой поверхности (при точении) или сверла (при сверлении), мм.

Результаты расчетов заносим в таблицу [11.15](#).

Таблица 11.15 - Значения составляющих в формуле частоты вращения

Переход	1а	1б	1в	1г	1д	1е	1ж	2а
Скорость резания v , м/мин	122	135	15	95	120	95	152	122
Диаметр D , мм	115	115	5	83	83	43	83	115
Частота вращения n_p , об/мин	338	374	955	365	460	704	583	338
Переход	2б	2в	3а	3б	4а	4б	4в	4г
Скорость резания v , м/мин	122	152	10	12	11	12	9	12
Диаметр D , мм	115	113	6,5	9,5	10	10	12	14
Частота вращения n_p , об/мин	338	428	490	402	350	382	239	273

Фактическую частоту вращения рабочего органа n_ϕ выбираем из стандартизированного ряда частот вращения станка. Также необходимо уточнить фактическое значение скорости резания по формуле:

$$v_\phi = \frac{\pi D n_\phi}{1000}.$$

Результаты определения фактической частоты вращения и скорости резания заносим в таблицу [11.16](#).

Таблица 11.16 - Фактическая частота вращения рабочего органа станка и скорость резания

Переход	1а	1б	1в	1г	1д	1е	1ж	2а
Частота вращения n_{ϕ} , об/мин	315	315	800	315	400	630	500	315
Скорость резания v_{ϕ} , м/мин	111	111	13	82	104	85	130	109
Переход	2б	2в	3а	3б	4а	4б	4в	4г
Частота вращения n_{ϕ} , об/мин	315	400	500	355	355	355	250	250
Скорость резания v_{ϕ} , м/мин	109	138	10	11	11	11	9	11

11.6 Определение силовых характеристик процесса резания

Формулу для определения мощности, потребляемой в процессе резания, выбираем в зависимости от метода механической обработки и заносим в таблицу [11.17](#).

Таблица 11.17 - Формулы мощности резания

Переход	Формула
1а , 1б, 1г - 2в	$N = \frac{P_z v_{\phi}}{1020 \times 60}$
1в, 3а - 4г	$N = \frac{M_{кр} n_{\phi}}{9750}$

Формулы для определения главной составляющей силы резания P_z и крутящего момента $M_{кр}$ заносим в таблицу [11.18](#).

Таблица 11.18 - Формулы для определения силы и крутящего момента

Переход	Формула
1а , 1б, 1г - 2в	$P_z = 10 C_p t^{x_p} s^{y_p} v^{n_p} K_p$
1в, 3а, 4б, 4в	$M_{кр} = \frac{C_M D^{q_M} s^{y_M} K_{M_p}}{100}$
3б, 4а, 4г	$M_{кр} = \frac{C_M D^{q_M} t^{x_M} s^{y_M} K_{M_p}}{100}$

Коэффициент K_p определяем по формуле $K_p = K_{M_p} K_{\phi p} K_{\gamma p} K_{r p}$.

Коэффициент K_{M_p} , зависящий от материала заготовки и режущего инструмента, определяем по формуле $K_{M_p} = \left(\frac{\sigma_b}{750} \right)^n$. Для Стали 40

$\sigma_s = 570$ МПа. Таким образом, для переходов 1а, 1б, 1г - 2в коэффициент $K_{Mp} = 0,8$ ($n = 0,75$), для переходов 1в, 3а - 4г $K_{Mp} = 0,9$ ($n = 0,35$).

Коэффициент $K_{\varphi p}$, зависящий от угла в плане токарного резца, для переходов 1г, 1д, 1е равен 0,89 ($\varphi = 90^\circ$). Для всех остальных переходов токарной операции $K_{\varphi p} = 1$ ($\varphi = 45^\circ$).

Коэффициент $K_{\gamma p}$, учитывающий передний угол резца, для всех переходов токарной операции равен 1 ($\gamma = 10^\circ$).

Коэффициент K_{rp} , учитывающий радиус при вершине резца равен 0,93 ($r = 1$ мм).

Результаты расчета коэффициента K_p , а также других составляющих в формулах силы, крутящего момента и мощности резания заносим в таблицы [11.19 – 11.21](#).

Таблица 11.19 - Значения составляющих в формуле главной составляющей силы резания

Переход	Обозначение параметров								
	t	s	v_ϕ	C_p	x_p	y_p	n_p	K_p	P_z
	Наименование параметров								
	Глубина резания, мм	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Коэффициент, характеризующий общие условия обработки	Показатель степени	Показатель степени	Показатель степени	коэффициент, характеризующий конкретные условия	Главная составляющая силы резания, Н
1а	1	0,5	111	300	1,0	0,75	-0,15	0,74	651
1б	2	0,5	111	300	1,0	0,75	-0,15	0,74	1628
1г	1,85	0,5	82	300	1,0	0,75	-0,15	0,66	1125
1д	0,2	0,35	104	300	1,0	0,75	-0,15	0,66	90
1е	1,5	0,5	85	300	1,0	0,75	-0,15	0,66	907
1ж	1	0,5	130	300	1,0	0,75	-0,15	0,74	636
2а	1	0,5	109	300	1,0	0,75	-0,15	0,74	653
2б	1	0,5	109	300	1,0	0,75	-0,15	0,74	653
2в	1	0,5	138	300	1,0	0,75	-0,15	0,74	630

Таблица 11.20 - Значения составляющих в формулах крутящего момента

Переход	Обозначение параметров								
	t	s	D	C_m	x_m	y_m	q_m	K_{Mp}	$M_{кр}$
	Наименование параметров								
	Глубина резания, мм	Подача, мм/об	Диаметр инструмента, мм	Коэффициент, характеризующий общие условия обработки	Показатель степени	Показатель степени	Показатель степени	Коэффициент, учитывающий материал заготовки и инструмента	Крутящий момент, Н·м
<u>1в</u>	2,5	0,1	5	39	-	0,8	2,0	0,9	1,4
3а	3,25	0,2	6,5	39	-	0,8	2,0	0,9	4,1
3б	1,5	0,2	9,5	93	0,9	0,8	1,0	0,9	3,2
4а	2,5	0,2	10	93	0,9	0,8	1,0	0,9	5,3
4б	5	0,2	10	39	-	0,8	2,0	0,9	9,7
4в	6	0,3	12	39	-	0,8	2,0	0,9	19,3
4г	1	0,3	14	93	0,9	0,8	1,0	0,9	4,5

Таблица 11.21 - Значения составляющих в формулах мощности резания

Переход	Обозначение параметров					Переход	Обозначение параметров				
	P_z	$M_{кр}$	v_ϕ	n_ϕ	N		P_z	$M_{кр}$	v_ϕ	n_ϕ	N
	Наименование параметров						Наименование параметров				
	Главная составляющая силы резания, Н	Крутящий момент, Н·м	Скорость резания, м/мин	Частота вращения рабочего органа, об/мин	Мощность резания, кВт		Главная составляющая силы резания, Н	Крутящий момент, Н·м	Скорость резания, м/мин	Частота вращения рабочего органа, об/мин	Мощность резания, кВт
1а	651	-	111	-	1,18	2б	653	-	109	-	1,16
1б	1628	-	111	-	2,95	2в	630	-	138	-	1,42
1в	-	1,4	-	800	0,11	3а	-	4,1	-	500	0,21
1г	1125	-	82	-	1,51	3б	-	3,2	-	355	0,12
1д	90	-	104	-	0,15	4а	-	5,3	-	355	0,19
1е	907	-	85	-	1,26	4б	-	9,7	-	355	0,35
1ж	636	-	130	-	1,35	4в	-	19,3	-	250	0,49
2а	653	-	109	-	1,16	4г	-	4,5	-	250	0,12

11.7 Определение норм времени

Штучно-калькуляционное время определяем по формуле:

$$T_{ш.к.} = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{N} = T_o + T_{вс} + T_{доп} + \frac{T_{п.з.}}{N}.$$

Формула для определения:

- основного времени $T_o = \frac{Li}{ns}$,
- вспомогательного времени $T_{вс} = T_{вс1} + T_{вс2} + T_{вс3}$,
- дополнительного времени $T_{доп} = K_{оп} T_{оп} = K_{оп} (T_o + T_{вс})$,
- длины рабочего хода инструмента $L = l + l_1 + l_2 + l_3$,
- длины врезания инструмента $l_1 = \frac{t}{tg\phi}$.

Основное время определяем сначала для каждого технологического перехода, затем, для каждого установа и, в заключении, на изготовление центросместителя. Результаты расчета заносим в таблицы [11.22](#) и [11.23](#).

Таблица 11.22 - Значения составляющих в формуле основного времени

Переход	Обозначение параметров										
	t	s	n	i	φ	l	l_1	l_2	l_3	L	T_o
	Наименование параметров										
	Глубина резания, мм	Подача, мм/об	Частота вращения, об/мин	Количество рабочих ходов	Главный угол в плане, град.	Длина обрабатываемого участка, мм	Длина врезания инструмента, мм	Длина перебега инструмента, мм	Длина снятия пробных стружек, мм	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин
1а	1	0,5	315	1	45	56	1	2	7	66	0,419
1б	2	0,5	315	1	45	0	2	0	0	2	0,013
1в	2,5	0,1	800	1	60	31	1,5	0	0	32,5	0,406
1г	1,85	0,5	315	8	0,89	39	0	0	7	46	2,337
1д	0,2	0,35	400	1	0,89	39	0	0	0	46	0,329
1е	1,5	0,5	630	4	0,89	19	0	0	7	26	0,330
1ж	1	0,5	500	1	45	0	1	0	0	1	0,004
2а	1	0,5	315	1	45	56	1	2	7	66	0,419
2б	1	0,5	315	1	45	29	1	2	7	39	0,248
2в	1	0,5	400	1	45	0	1	0	0	1	0,005
3а	3,25	0,2	500	1	60	13,5	1,9	2	0	16,4	0,656
3б	1,5	0,2	355	1	60	0	1,5	0	0	1,5	0,085
4а	2,5	0,2	355	1	60	5	0	0	0	5	0,070
4б	5	0,2	355	1	60	10	1,5	0	0	11,5	0,324
4в	6	0,3	250	1	60	15	3,5	2	0	20,5	1,093
4г	1	0,3	250	1	60	0	1	0	0	1	0,053

Таблица 11.23 - Основное время для каждого станова при изготовлении центросместителя

Установ	Операция	T_o , мин.	Установ	Операция	T_o , мин.
1	Токарная	3,84	3	Сверлильная	0,84
2	Токарная	0,67	4	Сверлильная	1,54

Путем суммирования значений основного времени для каждого станова определяем основное время на изготовление всего центросместителя, которое составляет $T_o = 6,9$ мин.

Первую составляющую вспомогательного времени - время на установку и снятие заготовки $T_{вс1}$, выбираем для каждого станова в зависимости от способа установки, массы заготовки и заносим в таблицу [11.24](#).

Таблица 11.24 - Вспомогательное время, связанное с установкой и снятием заготовки

Установ	Операция	$T_{вс1}$, мин.	Установ	Операция	$T_{вс1}$, мин.
1	Токарная	0,19	3	Сверлильная	0,5
2	Токарная	0,19	4	Сверлильная	0,95

Вспомогательное время, связанное с установкой и снятием заготовки при изготовлении центросместителя составляет $T_{вс1} = 1,8$ мин.

Другую составляющую вспомогательного времени - время, связанное с технологическим переходом $T_{вс2}$, определяем из справочных таблиц сначала для каждого перехода, а затем, для каждого станова и заносим в таблицы [11.25](#) и [11.26](#).

Таблица 11.25 - Вспомогательное время, связанное с технологическим переходом

Переход	$T_{вс2}$, мин.	Переход	$T_{вс2}$, мин.	Переход	$T_{вс2}$, мин.
1a	0,15	1ж	0,06	4a	0,12
1б	0,06	2a	0,15	4б	0,12
1в	0,62	2б	0,4	4в	0,12
1г	0,4	2в	0,06	4г	0,08
1д	0,6	3a	0,12		

1e	0,4	36	0,08
----	-----	----	------

Таблица 11.26 - Вспомогательное время, связанное с технологическим переходом, для каждого установа при изготовлении центросместителя

Установ	Операция	$T_{вс2}$, мин.	Установ	Операция	$T_{вс2}$, мин.
<u>1</u>	Токарная	2,35	3	Сверлильная	0,2
2	Токарная	0,61	4	Сверлильная	0,44

Вспомогательное время, связанное с технологическими переходами при изготовлении центросместителя составляет $T_{вс2} = 3,6$ мин.

Третья составляющая вспомогательного времени - время, связанное с делением $T_{вс3} = 0$, так как технологический процесс изготовления центросместителя не предусматривает технологических переходов, связанных с делением.

Результаты определения вспомогательного времени на изготовление центросместителя заносим в таблицу [11.27](#).

Таблица 11.27 - Вспомогательное время при изготовлении центросместителя

Установ	Операция	$T_{вс}$, мин.	Установ	Операция	$T_{вс}$, мин.
<u>1</u>	Токарная	2,54	3	Сверлильная	0,7
2	Токарная	0,8	4	Сверлильная	1,39

Вспомогательное время на изготовление всего центросместителя составляет $T_{вс} = 5,4$ мин.

Дополнительное время определяется с учетом коэффициента оперативности $K_{оп}$, который для точения равен 0,08, для сверления - 0,06. Определяем дополнительное время для каждого установа и заносим в таблицу [11.28](#).

Таблица 11.28 - Дополнительное время для каждого установа при изготовлении центросместителя

Установ	Операция	$T_{доп}$, мин.	Установ	Операция	$T_{доп}$, мин.
<u>1</u>	Токарная	0,5	3	Сверлильная	0,07
2	Токарная	0,1	4	Сверлильная	0,12

Дополнительное время на изготовление всего центросместителя составляет $T_{\text{доп}} = 0,8$ мин.

Подготовительно-заключительное время $T_{\text{п.з.}}$ выбираем из справочных таблиц для каждого установа и заносим в таблицу [11.29](#).

Таблица 11.29 - Подготовительно-заключительное время

Установ	Операция	$T_{\text{п.з.}}$, мин.	Установ	Операция	$T_{\text{п.з.}}$, мин.
<u>1</u>	Токарная	12	3	Сверлильная	4
2	Токарная	12	4	Сверлильная	5

Подготовительно-заключительное время на изготовление центросместителя составит $T_{\text{п.з.}} = 33$ мин.

Штучное время определяем для каждого установа и заносим в таблицу [11.30](#).

Таблица 11.30 - Штучное время

Установ	Операция	$T_{\text{шт}}$, мин.	Установ	Операция	$T_{\text{шт}}$, мин.
<u>1</u>	Токарная	6,69	3	Сверлильная	1,1
2	Токарная	1,38	4	Сверлильная	2,1

Штучное время на изготовление центросместителя составит $T_{\text{шт.}} = 11,3$ мин.

Произведенные расчеты, связанные с техническим нормированием позволяют определить штучно-калькуляционное время:

$$T_{\text{ш.к.}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{N} = T_{\text{о}} + T_{\text{вс}} + T_{\text{доп}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{N} = 6,9 + 5,4 + 0,8 + 33/1 = 46,1 \text{ мин.}$$

11.8 Энергетическая оценка процесса резания

Расход электроэнергии определяем по формуле $\mathcal{E} = \frac{NT_0}{60}$. Результаты расчетов заносим в таблицу [11.31](#).

Таблица 11.31 - Расход электроэнергии

Переход	Обозначение параметров			Переход	Обозначение параметров		
	N	T_0	\mathcal{E}		N	T_0	\mathcal{E}
	Наименование параметров				Наименование параметров		
	Мощность, кВт	Основное время, мин.	Расход электроэнергии, кВт · ч		Мощность, кВт	Основное время, мин.	Расход электроэнергии, кВт · ч
1а	1,18	0,419	0,0082	2б	1,16	0,248	0,0048
1б	2,95	0,013	0,0006	2в	1,42	0,005	0,0001
1в	0,11	0,406	0,0007	3а	0,21	0,656	0,0023
1г	1,51	2,337	0,0588	3б	0,12	0,085	0,0002
1д	0,15	0,329	0,0008	4а	0,19	0,070	0,0002
1е	1,26	0,330	0,0069	4б	0,35	0,324	0,0019
1ж	1,35	0,004	0,0001	4в	0,49	1,093	0,0089
2а	1,16	0,419	0,0081	4г	0,12	0,053	0,0001

Расход электроэнергии на изготовление всего центросместителя составляет 0,103 кВт · ч.

Масса стружки $m_{ст} = m_з - m_д = 2,61 - 2 = 0,61$ кг.

Удельная электроэнергия $\mathcal{E}_{уд} = \frac{\mathcal{E}}{60m_{ст}} = \frac{0,103}{0,61} = 1,69$ кВт · ч / кг.

11.9 Оформление технологических документов

Карта технологического процесса (КТП) на изготовление центросместителя представлена на рисунках [11.3 – 11.6](#), карта эскизов (КЭ) – на рисунках [11.7 – 11.10](#).

												Гост 3.1404-86			Форма 1							
Дуб																						
Вам																						
Гол																						
															4	1						
Разраб	Токарев						ВТМКА								К		50 141 XXXXX					
Уте	Сверлов																		И			
Н контр	Фрезеров								Корпус центросместителя													
M01	Сталь 40 ГОСТ 380 - 94																					
	Код		ВВ	МД	ВН	Н расх	КИМ	Код заготовки		Профиль и размеры		КД	МВ									
M02			кз	2	1	0,61	0,77	09 5030		φ 15-32		1	2,61									
A	Цех	УЧ	РМ	Опер	Код наименование операции			Обозначение документа														
B	Код наименование оборудования							ОМ	Проф	P	УТ	КР	КОД	ВН	ОТ	Кит	Тпз	Тум				
P								ПМ	Дипл В		L	t	i	s		n	v					
A 03			005		Токарная																	
B 04	Станок токарно-винторезный 16К20							19149	5		1	1	мн	1		12	6,7					
O 05	1. Подрезать торец 2																					
T 06	патрон трехлапковый ГОСТ 2675-80 (пер 1- 7); резец подрезной Т15К6 16-25 ГОСТ 18880-73 (пер 4, 5, 6)																					
P 07								115		66		1	1	0,5		315	122					
O 08	2. Снять фаску 1																					
T 09	резец проходной ступенчатый Т15К6 16-25 ГОСТ 18877-73 (пер 2, 7)																					
P 10										2		2	1	0,5		315	135					
O 11	3. Сверлить отверстие 6																					
T 12	патрон сверлильный ГОСТ 8522-79; сверло спиральное Р6М5 φ 5 ГОСТ 10902-77																					
P 13								5		325		25	1	0,1		800	15					
O 14	4. Точить поверхность 3 предварительно																					
T 15	штангенциркуль 0-200 ГОСТ 166-89; штангенглубиномер 0-200 ГОСТ 162-90																					
КТП																						

Рисунок 11.3 – Первый лист карты технологического процесса

Гост 3.1404-86													Форма 1а					
Доп																		
Вам																		
Гол																		
																	2	
																	К 50 141 XXXXX	
А	Цех	УЧ	ФМ	Опер	Код наименование операции						Обозначение документа							
Б					ОМ	Проф	Р	УТ	КР	КОД	ЕН	ОТ	Кит	Тпз	Тум			
Р	Код наименование оборудования				ГИ	Дипл В		L	t	i	s	n	v					
Р 16						83		46		185	8	0,5		315	95			
О 17	5. Точиль поверхность 3 оконательно																	
Р 18						83		46		0,2	1	0,35		400	120			
О 19	6. Точиль поверхность 4																	
Р 20						43		26		15	15	0,5		630	95			
О 21	7. Оять фаску 5																	
Р 22								1		1	1	0,5		500	152			
А 23				010	Токарная													
Б 24	Станок токарно-винторезный 16К20					1919	5		1	1	мм	1		12	14			
О 25	1. Подрезать торец 9																	
Т 26	гайрон трехлучевой ГОСТ 2675-80 (пер 1- 3); резец подрезной Т15К6 16.25 ГОСТ 18880-73; шпатель-циркуль 0-200 ГОСТ 166-89(пер 1, 2)																	
Р 27						115		66		1	1	0,5		315	122			
О 28	2. Точиль поверхность 7																	
Т 29	резец проходной ступенчатый Т15К6 16.25 ГОСТ 18887-73 (пер 2, 3)																	
Р 30						29		39		1	1	0,5		315	122			
О 31	3. Оять фаску 8																	
Р 32								1		1	1	0,5		400	152			
КТП																		

Рисунок 11.4 – Второй лист карты технологического процесса

													Гост 3.1404-86		Форма 1а							
Доп																						
Взам																						
Год																						
																			3			
																			К 50 1 41 XXXXX			
А	Цех	УЧ	ФМ	Опер	Код наименование операции							Обозначение документа										
Б					Код наименование оборудования							ОМ	Проф	Р	УТ	КР	КСД	ЕН	ОТ	Кит	Тпз	Тум
Р					ГИ	Дипл В		L	L	t	i	s	n	v								
А 33				015	Сверильная																	
Б 34	Станок вертикально сверильный 2Н125					18355	4		1	1	мн	1		4	11							
О 35	1 Сверлить отверстие 10																					
Т 36	патрон сверильный ГОСТ 8522-79 (пер 1, 2); тиски станочные ГОСТ 16518-96 (пер 1, 2, 3); сверло спиральное Р6М5 φ 6,5 ГОСТ 10902-77																					
Р 37						6,5		16,4		325	1	0,2		500	10							
О 38	2 Снять фаску 11																					
Т 39	сверло спиральное Р6М5 φ 10 ГОСТ 10902-77																					
Р 40								15		15	1	0,2		355	12							
О 41	3 Нерезать резьбу 12 вручную																					
Т 42	метчик МВ ГОСТ 3266-81; вороток ГОСТ 22398-77																					
Р 43											1	125										
О 44	Обработать остальные отверстия с переустановом в той же последовательности согласно эскизу																					
А 45				020	Сверильная																	
Б 46	Станок вертикально сверильный 2Н125					18355	4		1	1	мн	1		5	21							
О 47	1 Сверлить центровочное отверстие 14																					
Т 48	патрон сверильный ГОСТ 8522-79 (пер 1-4); зажим винтовой ГОСТ 25034-85 (2; пер 1-4); сверло центровочное ГОСТ 14952-75 (пер 12)																					
Р 49								5		2,5	1	0,2		355	11							
КТП																						

Рисунок 11.5 – Третий лист карты технологического процесса

Гост 3.1404-86														Форма 1а			
<i>Дубл</i>																	
<i>Взам</i>																	
<i>Год</i>																	
													4				
													К 50 1 41 XXXXX				
A	Цех	УЧ	ФМ	Опер	Код наименование операции				Обозначение документа								
B	Код наименование оборудования				ОМ	Проф	P	УТ	КР	КСД	ЕН	ОТ	Кит	Тпз	Тум		
P					ГИ	ДиплВ		L	t	i	s	n	v				
0 50	2	Сверлить центровые отверстия 13															
P 51								11,5	5	1	0,2		355	12			
O 52	3	Сверлить отверстия 15															
T 53	сверло спиральное Р6М5 φ 12 ГОСТ 10902-77																
P 54						12		20,5	6	1	0,3		250	9			
O 55	4	Снять фаски 16															
T 56	сверло спиральное Р6М5 φ 15 ГОСТ 10902-77																
P 57								1	1	1	0,3		250	12			
КТП																	

Рисунок 11.6 – Четвертый лист карты технологического процесса

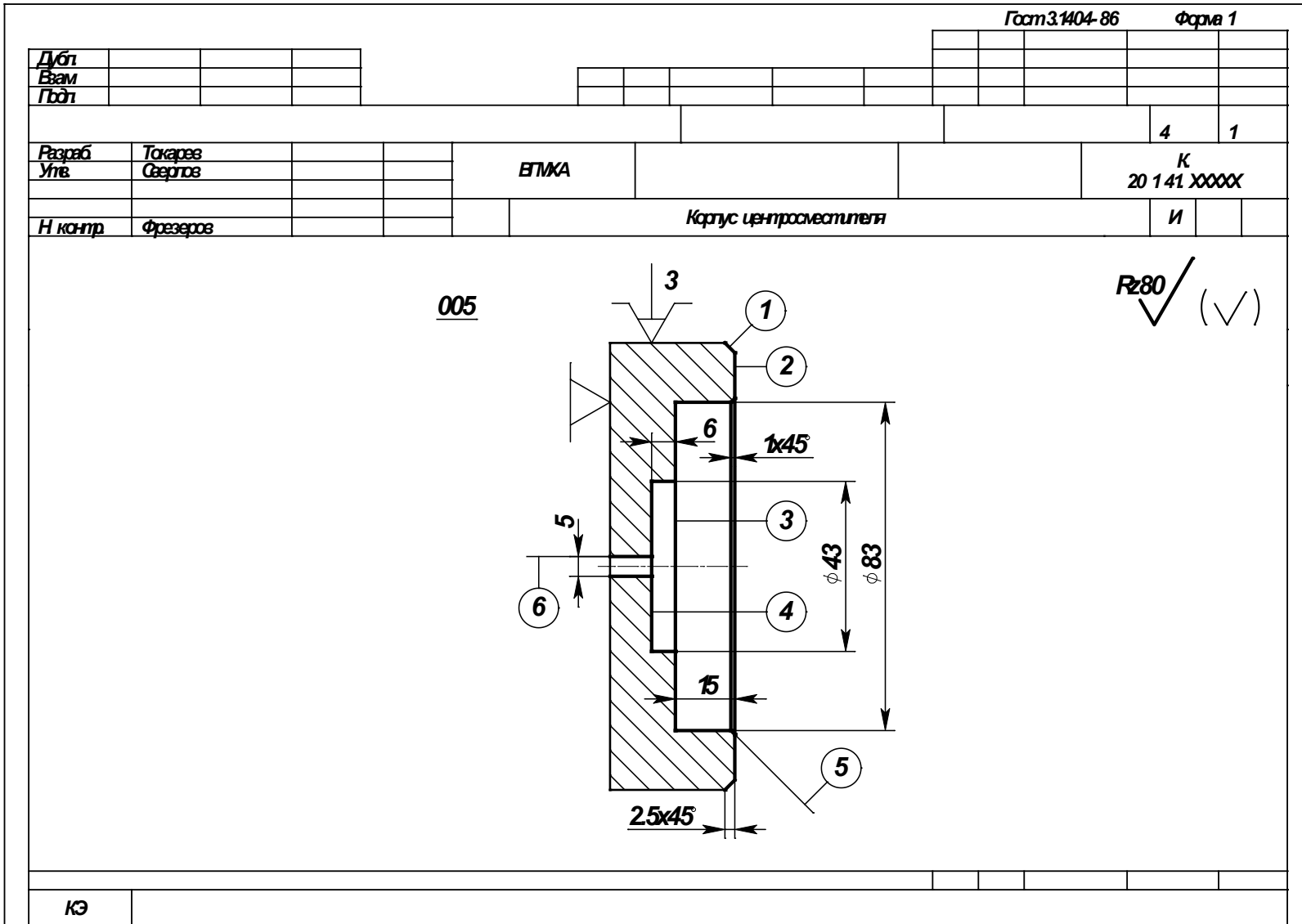


Рисунок 11.7 – Первый лист карты эскизов

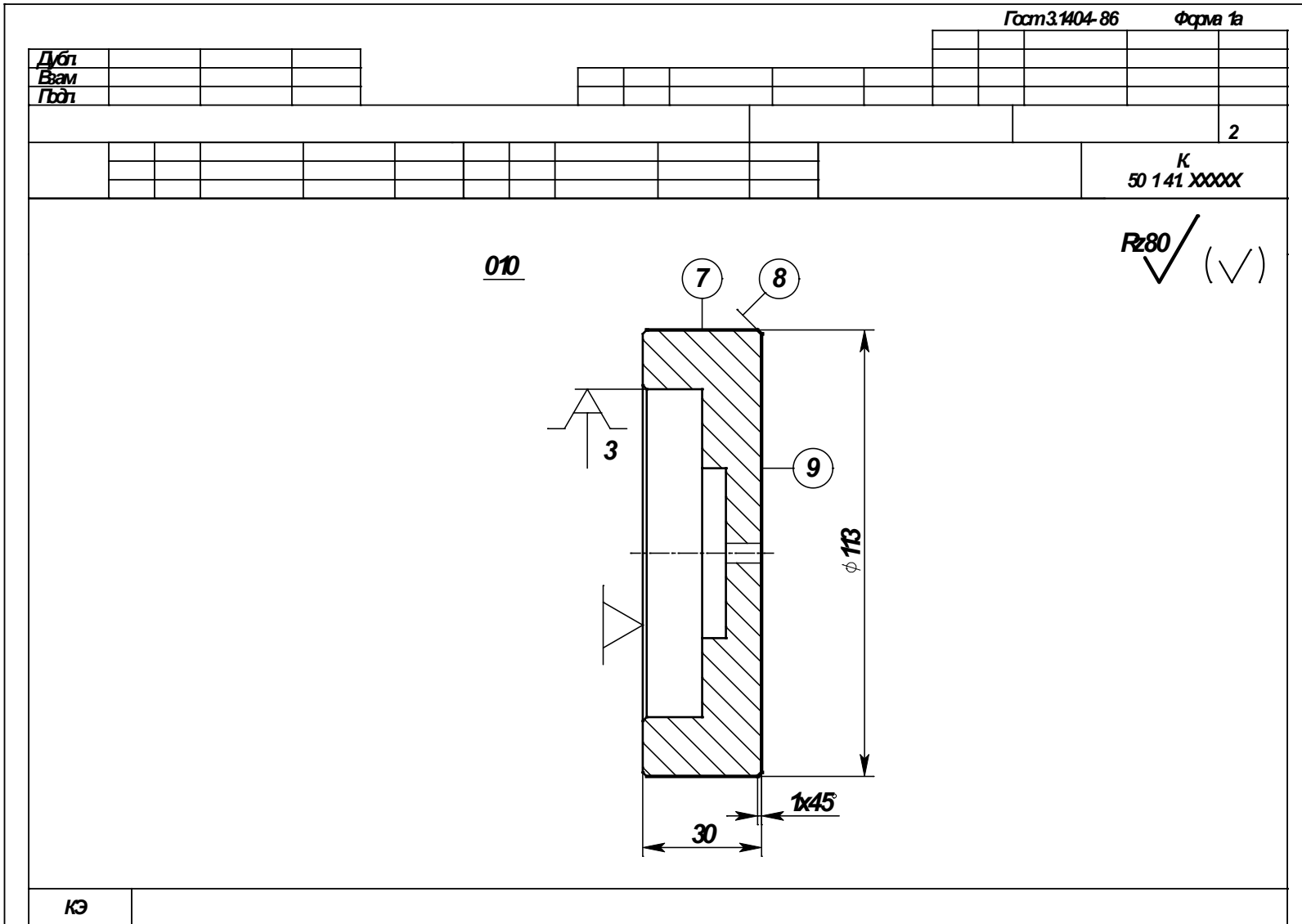


Рисунок 11.8 – Второй лист карты эскизов

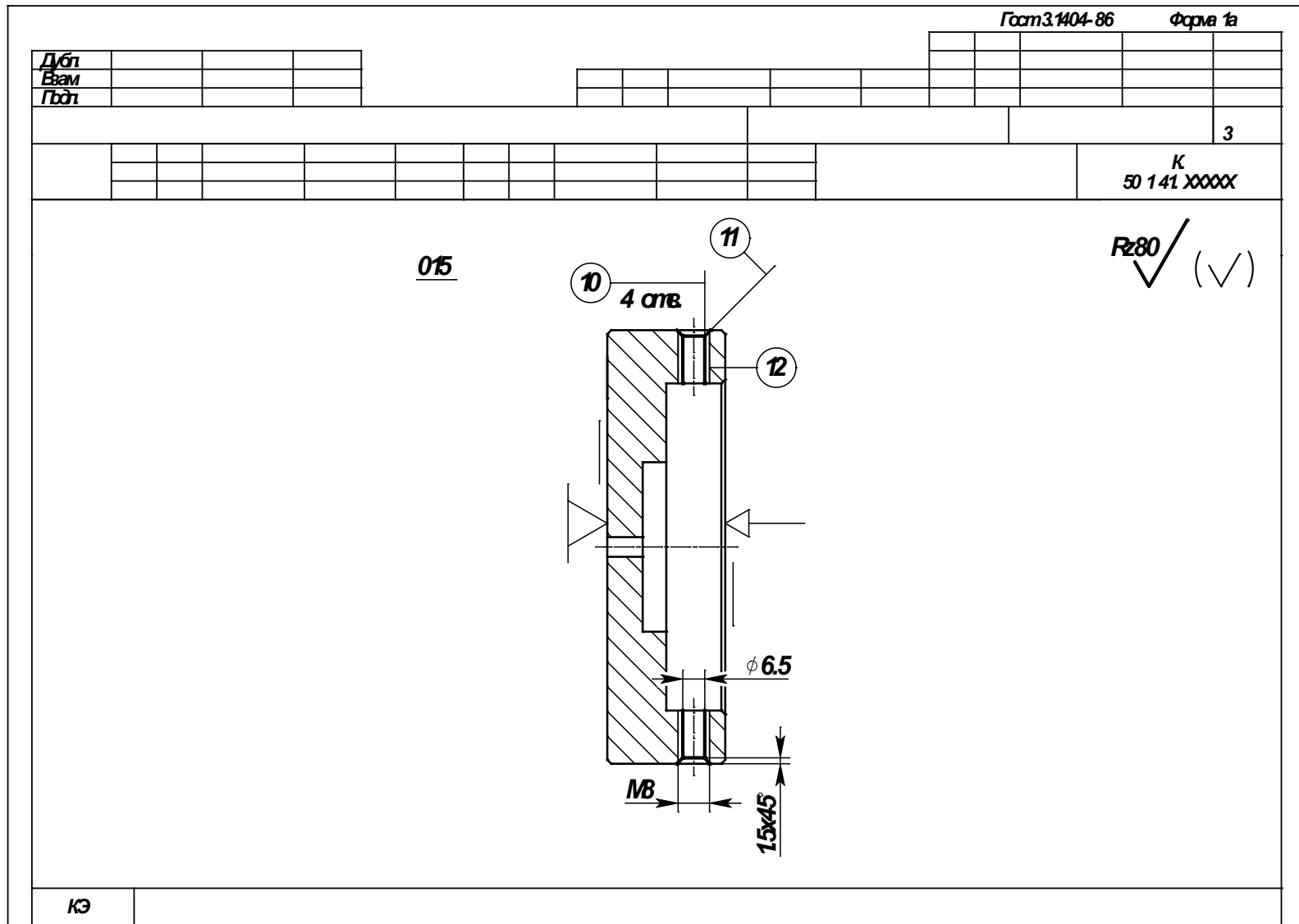


Рисунок 11.9 – Третий лист карты эскизов

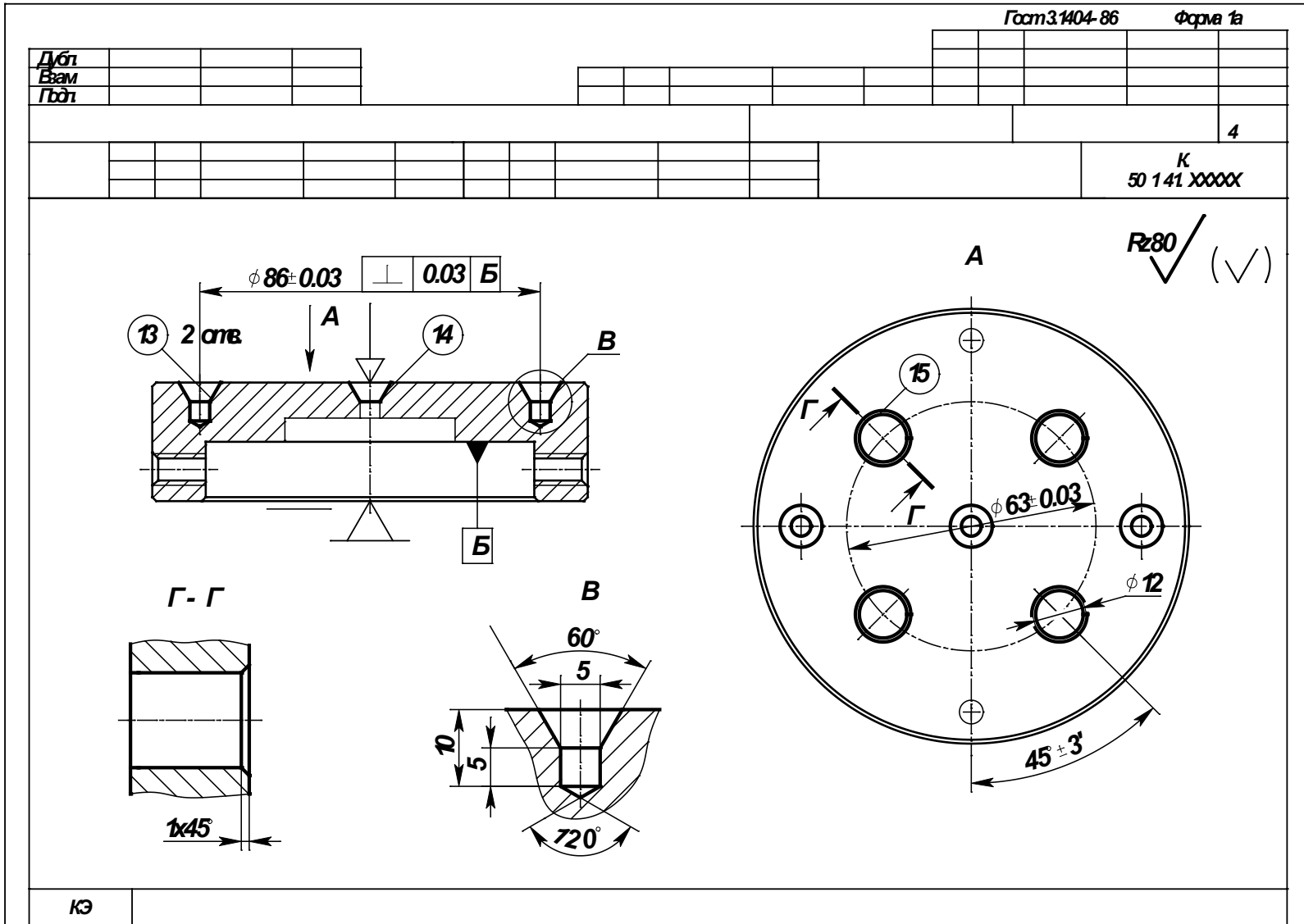


Рисунок 11.10 – Четвертый лист карты эскизов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Погонин А.А. Технология машиностроения [Электронный ресурс] : учебник / А. А. Погонин, А. А. Афанасьев, И. В. Шрубченко. - 3-е изд., доп. - Электрон.дан. - Москва : ИНФРА-М, 2020. - 530 с. - (Высшее образование - Бакалавриат). - Внешняя ссылка: <http://znanium.com/go.php?id=1045711>.
2. Клепиков В.В. Основы технологии машиностроения [Электронный ресурс] : учебник / В. В. Клепиков [и др.]. - Электрон.дан. - Москва : ИНФРА-М, 2019. - 295 с. - Внешняя ссылка: <http://znanium.com/go.php?id=1037766>.
3. Берденников Е.А. Проектирование технологического процесса механической обработки конструкционных материалов резанием [Электронный ресурс] : учеб. - методич. пособ. / [Е. А. Берденников] ; Миносел. хоз-ва РФ, Вологодская ГМХА. - 2015. - 104 с. - Внешняя ссылка: <https://molochное.ru/ebs/notes/943/download>.
4. Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Ф. Скворцов. - 2-е изд. - Электрон.дан. - М. : Инфра-М, 2019. - 330 с. - (Высшее образование - Бакалавриат). - Внешняя ссылка: <http://znanium.com/go.php?id=1021796>.
5. Основы технологии сборки в машиностроении [Электронный ресурс] : учебное пособие / И. В. Шрубченко [и др.]. - Электрон.дан. - М. : Инфра-М, 2019. - 235 с. - (Высшее образование - Бакалавриат). - Внешняя ссылка: <http://znanium.com/go.php?id=1003407>.