

Оглавление

Реферат	5
Техническое задание	6
1. Составление маршрута изготовления корпуса и определение типа производства.	7
1.1 Анализ технологичности изготовления изделия	7
1.2 Структура нового технологического процесса	12
2. Построение расчётной схемы и графа технологических цепей	16
3. Расчёт минимальных припусков $z_{\min}$ на обработку заготовки в диаметральной направленности	20
3.1 Определение допусков на диаметральные технологические размеры	21
4. Расчёт диаметра проката заготовки	24
4.1 Расчёт припусков на первой операции.	27
4.2 Расчёт припусков на второй операции.	32
5. Расчёт технологических размеров и минимальных припусков в осевом направлении	40
5.1 Определение допусков на осевые технологические размеры	40
5.2 Проверка конструкторских размеров	44
6. Выбор технологического оборудования	50
7. Расчёты режимов резания	53
7.1 Расчёт режимов резания при точении	54
7.2 Расчёт режимов резания при фрезеровании шпоночных пазов	74
7.3 Расчёт режимов резания при шлифовании	77

7.4 Расчёт режима разрезания при отрезании ленточной пилой	81
7.5 Расчёт режимов резания при сверлении центровых отверстий	81
8. Расчёт технической нормы времени.	84
8.1 Расчёт основного времени на токарных операциях	87
8.2 Расчёт основного времени на фрезерной операции	91
8.3 Расчёт основного времени на круглошлифовальной операции	93
8.4 Расчёт основного времени на сверлении центровых отверстий	95
8.5 Расчёт основного времени на отрезной операции	96
9. Конструкторская часть	97
10. Экономический раздел	
10.1 Калькуляция данных, общих для всех технологических процессов	99
10.2 Предлагаемый заводу технологический процесс	102
10.3 Сравнение вариантов затрат при изменении технологического процесса	106
10.4 Расчет экономического эффекта	108
11. Производственная и экологическая безопасность	110
11.1 Общие положения	110
11.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов	111
11.3 Требования безопасности и мероприятия по их осуществлению	114
11.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	124
11.5 Пожарная и взрывная безопасность	128
11.6 Охрана окружающей среды	129
Заключение	131
Список используемой литературы	132

Реферат

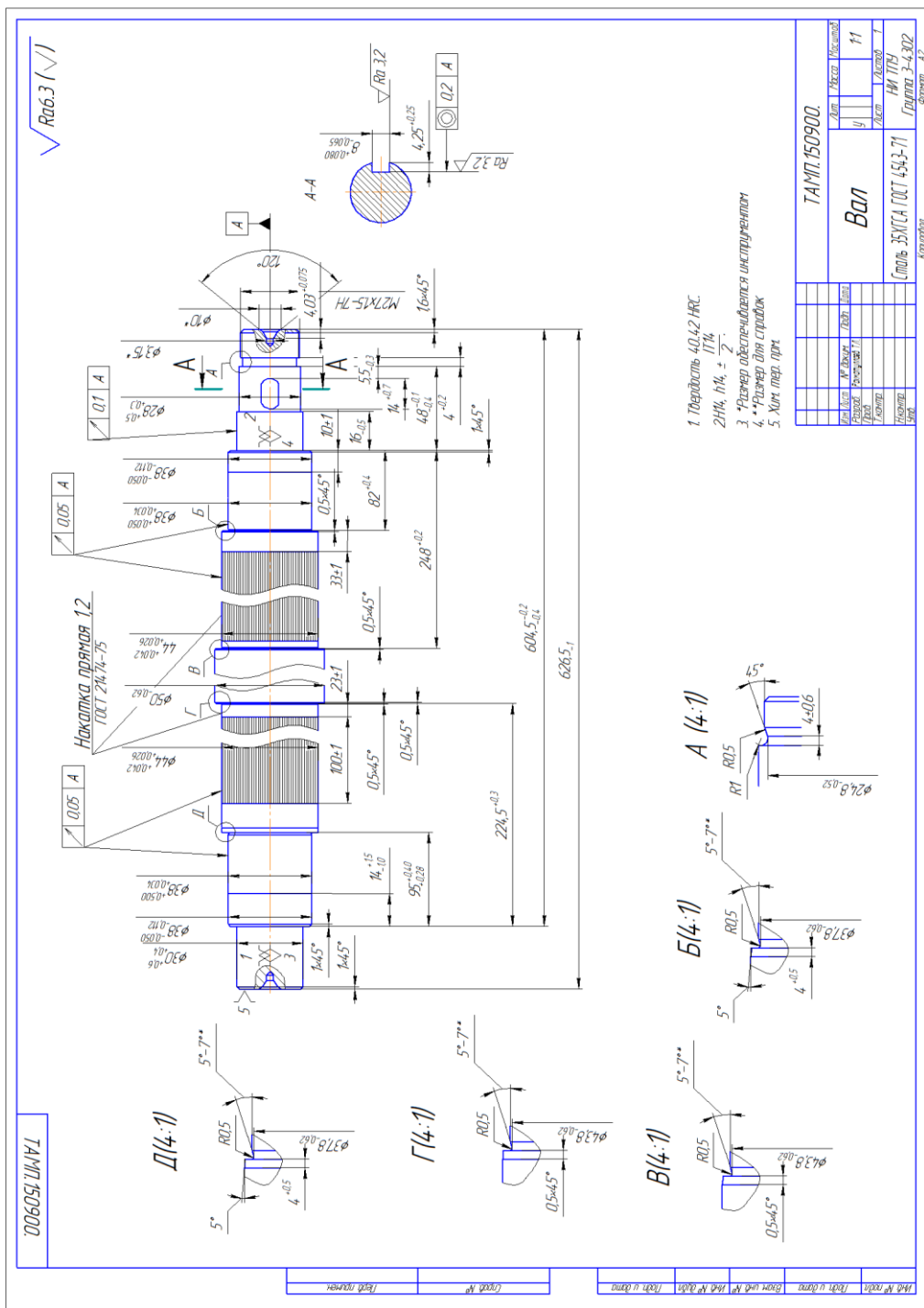
Разрабатываемый дипломный проект по дисциплине «Технология машиностроения» является неотъемлемой частью учебного процесса в Институте Кибернетики, кафедра ТАМП. Целью данной работы является разработка технологического процесса изготовления изделия – вала, по требованиям, предъявленным конструктором в виде чертежа детали. Вся работа представлена в пояснительной записке и разделена на части. В первой части производится анализ технологичности изделия, что затем определяет маршрут обработки, по которому строится размерная схема и граф-дерево. В расчётной части проверяется соблюдение всех конструкторских размеров, качества поверхности, по предложенной последовательности изготовления. После чего следует подбор металлорежущего оборудования и расчёт режимов резания. Принятые в проекте решения экономически обоснованы, что подтверждают расчеты экономической эффективности и представленные технико-экономические показатели проекта.

В последней части ВКР были рассмотрены вопросы экономии, произведен расчет защитного заземления, разработаны мероприятия по обеспечению безопасности жизнедеятельности.

Техническое задание

Разработать технологический процесс изготовления изделия, представленного на эскизе рис. 1.

Годовая программа выпуска изделия - 1500 шт.



1. Составление маршрута изготовления вала и определение типа производства

1.1 Анализ технологичности изготовления изделия

Вал имеет восемь ступеней, которые предстоит обработать с необходимой точностью. Изделие - вал довольно легко закрепить и тем самым обеспечить совмещение конструкторских и технологических баз в процессе обработки. По отношению длины вала к его наименьшему диаметру устанавливаем, что деталь относительно нежесткая. Свободный доступ режущего инструмента к обрабатываемым поверхностям возможен из-за простоты геометрической формы данного изделия. Таким образом, улучшение технологичности конструкции позволяет снизить себестоимость ее изготовления без ущерба для служебного назначения.

Чертёж детали соответствует всем необходимым требованиям, представлены все необходимые разрезы и сечения.

Принимая во внимание экономическую сторону вопроса о технологичности вала, стоит отметить, что материал Сталь 35ХГСА ГОСТ 4543-71, из которого изготавливается вал, относится к группе низко средних металлов, а так же легко поддаётся обработке. На основании всего вышеизложенного можно сделать вывод, что деталь вал технологична для изготовления.

Опираясь на те факты, что требуемый выпуск продукции в год составит 1500 штук, и, что вал не является уникальной в изготовлении деталью и его размеры относительно не большие, делается вывод, что производство серийное. Однако, в пункте об определении типа производства, будет точно установлено к какому из трёх производств – мелко-, средне- или крупносерийному, относится изготовление вала переднего.

Первоочередной этап маршрута – это выбор исходной заготовки. Для изготовления вала – деталь типа тело вращения, выгоднее и рациональнее

использовать горячекатаный стальной прут по ГОСТ 4543-71. Материал заготовки конструкционная углеродистая Сталь 35ХГСА.

В распоряжении станочный парк, который оснащён станками с ЧПУ, необходимый режущий инструмент. В учебном проекте станки подбираются из каталога, в реальном же производстве привязываются к оборудованию, которым оснащено производство, или на основе технологии изготовления детали подбирается станочный парк и прочее оборудование.

Принимая во внимание вышеописанные условия составления маршрута, проектируем маршрут в системе КОМПАС V15.2, что добавляет проекту долю автоматизации и уменьшает время на подготовку документации и создание чертежей или эскизов. В совокупности маршрут представлен на рис.2 – 4.

Тип производства определяем по коэффициенту закрепления операций, который находим по формуле:

$$K_{з.о} = \frac{t_{\text{в}}}{T_{\text{ср}}},$$

где $t_{\text{в}}$ – такт выпуска детали, мин.;

$T_{\text{ср}}$ – среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса, мин.

Такт выпуска детали определяем по формуле:

$$t_{\text{в}} = \frac{F_{\text{г}}}{N_{\text{г}}},$$

где $F_{\text{г}}$ – годовой фонд времени работы оборудования, мин.;

$N_{\text{г}}$ – годовая программа выпуска деталей.

Годовой фонд времени работы оборудования при двухсменном режиме работы по [2, стр. 22 табл. 2.1]: $F_{\text{г}} = 4029$ ч.

Тогда

$$t_{\text{с}} = \frac{F_{\text{с}}}{N_{\text{с}}} = \frac{4029 \cdot 60}{1500} = 161,16 \text{ мин};$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса:

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{\text{ш.к } i}}{n},$$

где $T_{\text{ш.к } i}$ – штучно – калькуляционное время i - ой основной операции, мин.;

n – количество основных операций.

В качестве основных операций выберем 4 операции ($n=4$).

Штучно – калькуляционное время i - ой основной операции определяем по рекомендациям приложения 1 [1, с.147]:

$$T_{\text{ш.к } i} = \varphi_{\text{к.}i} \cdot T_{\text{oi}}$$

где $\varphi_{\text{к.}i}$ – коэффициент i - ой основной операции, зависящий от вида станка и типа предполагаемого производства;

T_{oi} – основное технологическое время i - ой операции, мин.

для первой и второй операции (токарной с ЧПУ) $\varphi_{\text{к.}1} = \varphi_{\text{к.}2} = 2,14$;

для фрезерной операции $\varphi_{\text{к.}3} = 1,84$.

для шлифовальной: $\varphi_{\text{к.}4} = 2,10$.

Основное технологическое время определяем по рекомендациям приложения 1

[1, с.146], где время зависит от длины и диаметра обрабатываемой поверхности, а также от вида обработки.

Основное технологическое время первой токарной операции определяем только для наиболее продолжительных по времени переходов (подрезка торца, точение поверхности начерно и начисто по контуру (см. маршрутно-операционную карту)):

$$T_{0,1} = (0,037(D^2 - d^2) + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3}$$

где d – диаметр обрабатываемой поверхности, мм;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм.

Значения вышеперечисленных переменных определяем приближенно:

$$\begin{aligned} T_{0,1} &= (0,037(D^2 - d^2) + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3} = \\ &= (0,037(53^2 - 0^2) + 0,17 \cdot 27 \cdot 13 + 0,17 \cdot 28 \cdot 32 + 0,17 \cdot 38,5 \cdot 82 + 0,17 \cdot 44,5 \cdot 166) \cdot 10^{-3} = \\ &= (4 + 60 + 152 + 530 + 1213) \cdot 10^{-3} = 1,96 \text{ мин} \end{aligned}$$

Штучно – калькуляционное время данной токарной операции определяем по формуле:

$$T_{ш.к1} = \varphi_{к.1} \cdot T_{0,1} = 2,14 \cdot 1,98 = 4,16 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время второй токарной операции определяем для следующих переходов: наиболее продолжительных по времени переходов (подрезка торца, точение поверхности начерно и начисто по контуру (см. маршрутно-операционную карту)):

$$\begin{aligned} T_{0,2} &= (0,037(D^2 - d^2) + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3} \text{ тогда} \\ T_{0,2} &= (0,037(D^2 - d^2) + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3} \\ &= (0,037(53^2 - 0^2) + 0,17 \cdot 30 \cdot 22 + 0,17 \cdot 38,5 \cdot 95 + 0,17 \cdot 44,5 \cdot 166) \cdot 10^{-3} = 112,2 + 613,7 = 1,98 \text{ мин} \end{aligned}$$

Штучно – калькуляционное время данной токарной операции:

$$T_{ш.к2} = \varphi_{к.2} \cdot T_{0,2} = 2,14 \cdot 1,97 = 4,26 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время для третьей операции фрезерование паза (см. операционную карту):

$$T_{0,3} = 0,15 \cdot d \cdot l \cdot i \cdot 10^{-3},$$

тогда

$$T_{0,3} = 0,15 \cdot 8 \cdot 14 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 0,25 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время данной фрезерной операции, формула:

$$T_{ш.к.3} = \varphi_{к.3} \cdot T_{0,3} = 2,10 \cdot 0,25 = 0,53 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время для четвёртой операции шлифование (см. операционную карту):

$$T_{0,4} = 0,15 \cdot (d \cdot l + d \cdot l + d \cdot l) i \cdot 10^{-3}$$

тогда

$$T_{0,4} = 0,15 \cdot (38 \cdot 14 + 38 \cdot 90 + 44 \cdot 100) 2 \cdot 10^{-3} = 2,55 \text{ мин}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции:

$$T_{ш.к.4} = \varphi_{к.4} \cdot T_{0,4} = 2,10 \cdot 2,55 = 5,3 \text{ мин.}$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса определяем по формуле:

$$\begin{aligned} T_{cp} &= \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к.i}}{n} = \frac{T_{ш.к.1} + T_{ш.к.2} + T_{ш.к.3} + T_{ш.к.4}}{4} = \\ &= \frac{4,13 + 4,26 + 0,53 + 5,3}{4} = 3,55 \text{ мин.} \end{aligned}$$

Тип производства определяем по формуле:

$$K_{з.о} = \frac{t_e}{T_{cp}} = \frac{161,16}{3,55} = 45$$

Так как $K_{з.о} = 45$, то в соответствии с ГОСТ 3.1108-74 тип производства мелкосерийный.

1.2. Структура изготовления нового технологического процесса

По рассчитанному типу производства составляем технологию изготовления детали вала. Технология представлена на рис. 2-4.

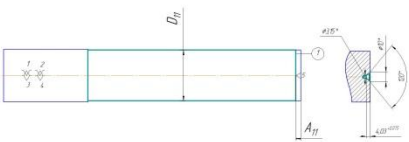
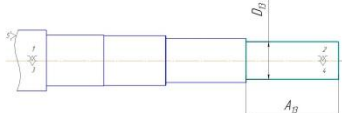
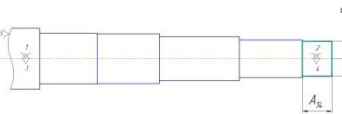
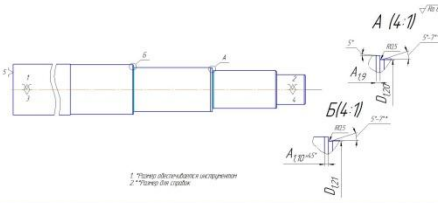
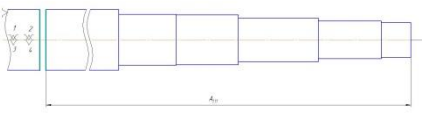
Операция	Наименование операции и содержание переходов	Операционный эскиз	Оборудование, оснастка
005	Термическая операция 1. Нормализовать пруток	 * Размер для справок	
010	Токарно-прутковый автомат с ЧПУ 1. Установить заготовку и закрепить 2. Подрезать торец выдерживая размер A_{11} 3. Точить поверхность как чисто 4. Сверлить центробочное отверстие торцевой формы А		Станок токарно-прутковый автомат с ЧПУ Патрон трехкулачковый
	Токарно-прутковый автомат с ЧПУ (продолжение) 6. Точить поверхность выдерживая размеры D_{12} , A_{12}		
	Токарно-прутковый автомат с ЧПУ (продолжение) 7. Точить поверхность выдерживая размеры D_{13} , A_{13}		
	Токарно-прутковый автомат с ЧПУ (продолжение) 8. Точить поверхность выдерживая размеры D_{14} , A_{14}		
	Токарно-прутковый автомат с ЧПУ (продолжение) 9. Точить все диаметры начисто выдерживая размеры согласно чертежу D_{15} , D_{16} , D_{17} , D_{18} 10. Точить фаски согласно чертежу выдерживая размеры $A_{15} \times 45^\circ$, $A_{16} \times 45^\circ$, $A_{17} \times 45^\circ$, $A_{18} \times 45^\circ$		
015	Токарно-прутковый автомат с ЧПУ (продолжение) 11. Точить канавки согласно выносным элементам в чертеже А и Б выдерживая все размеры. D_{19} , D_{20} , A_{19} , $A_{20} \times 45^\circ$		
	Токарно-прутковый автомат с ЧПУ (продолжение) 12. Отрезать заготовку выдерживая размер A_{111}		

Рисунок 1 Технология изготовления вала

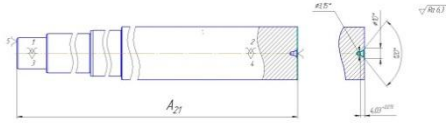
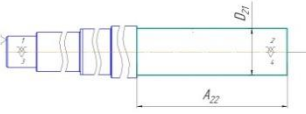
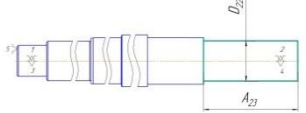
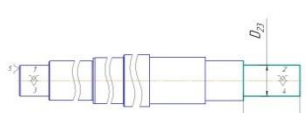
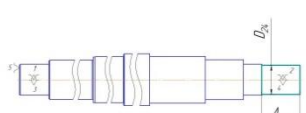
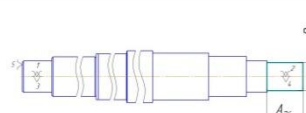
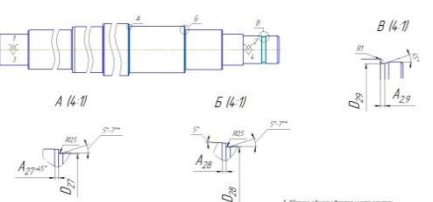
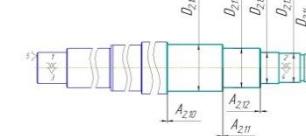
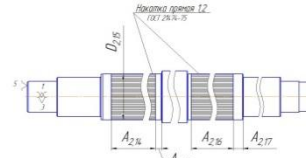
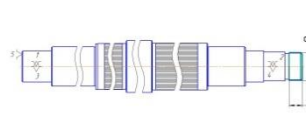
020	Токарная с ЧПУ Установ В 1. Установить заготовку и закрепить. 2. Подрезать торцы выдерживая размер A_{21} 3. Сверлить центробочное отверстие торцы 2		Станок токарно-винторезный с ЧПУ Патрон трехкулачковый Центр задний вращающийся
	Токарная с ЧПУ 5. Поджать задний центром 6. Точить поверхность выдерживая размеры D_{21} и A_{22}		
	Токарная с ЧПУ (продолжение) 4. Точить поверхность выдерживая размеры D_{22} и A_{23}		
	Токарная с ЧПУ (продолжение) 5. Точить поверхность выдерживая размеры D_{23} и A_{24}		
	Токарная с ЧПУ (продолжение) 6. Точить поверхность выдерживая размеры D_{24} и A_{25}		
	Токарная с ЧПУ (продолжение) 7. Точить поверхность выдерживая размеры D_{25} и A_{26}		
	Токарная с ЧПУ (продолжение) 8. Точить канавки выдерживая размеры D_{27}, $A_{27} \times 45^\circ$ 9. D_{28}, A_{28} 10. D_{29}, A_{29}		
	Токарная с ЧПУ (продолжение) 11. Точить все диаметры написто выдерживая размеры согласно чертежу. D_{210}, D_{211}, D_{212}, D_{213}, D_{214} 12. Точить фаски согласно чертежу выдерживая размеры $A_{210} \times 45^\circ$, $A_{211} \times 5^\circ$, $A_{212} \times 45^\circ$, $A_{213} \times 45^\circ$		
	Токарная с ЧПУ (продолжение) 12. Точить рифление выдерживая размеры D_{215}, A_{215}, A_{216}, A_{217}		
	Токарная с ЧПУ (продолжение) 13. Нарезать резьбу выдерживая размеры D_{218}, A_{218}		

Рисунок 2 Технология изготовления вала продолжение

025	Фрезерная с ЧПУ 1. Установить и закрепить 2. Фрезеровать шпоночный паз выдерживая размеры A_{11}, A_{12}, L, h		Станок вертикально-фрезерный с ЧПУ Тиски самоцентрирующие
030	Термическая 1. Коить до твердости 40.42 HRC		
035	Круглошлифовальная 1. Установить и закрепить в центрах Устанав А 2. Шлифовать поверхности выдерживая размеры D_{41}, A_{41}, D_{42}, A_{42}, D_{43}, A_{43}, A_{44} 3. Шлифовать фаску выдерживая размер A_{49} Устанав Б 1. Шлифовать поверхности выдерживая размеры D_{44}, A_{45}, D_{45}, D_{46}, A_{47}, A_{48} 2. Шлифовать фаску выдерживая размер A_{410}		Станок кругло-шлифовальный Патрон подожкой Центр неподвижный
040	Химико-термическая 1. Произвести химическую оксидацию с протравлением		

Рисунок 3 Технология изготовления вала продолжение

2. Построение расчётной схемы и графа технологических цепей

Расчётная схема изготовления изделия представляет собой совокупность технологических размерных цепей. Замыкающими звеньями в операционных технологических цепях являются припуски на обработку поверхностей и конструкторские размеры, непосредственно взятые с чертежа. Помимо замыкающих звеньев в технологической цепи есть составляющие звенья, которыми являются технологические размеры, получаемые на всех операциях (переходах) обработки изделия [1, стр. 21].

На основании маршрута изготовления вала, составляется расчётная схема, которая представлена на рис. 5, и содержит все осевые технологические размеры, припуски на обработку и конструкторские размеры, проверка которых будет осуществляться по ходу данной работы



Рисунок 5. Размерная схема вала для изготовления

С целью облегчения составления размерных цепей в дальнейшем, на базе расчётной схему строиться граф-дерево. Методика построения граф-дерева подробно излагается в источнике [1, стр. 29]. Граф-дерево для расчётной схемы изготовления вала переднего представлено на рис. 6.



Рисунок 6 Граф технологических цепей

3. Расчёт минимальных припусков $z_{\min}$ на обработку заготовки в диаметральном направлении

Как известно из [3] минимальный припуск на обработку должен быть таким, чтобы его удаления было достаточно для обеспечения требуемой точности детали и её заданного качества поверхностного слоя.

Таким образом, минимальный припуск на обрабатываемый диаметр определяется по формуле из [1, стр. 47]:

$$2z_{i\min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}), \quad (1)$$

где $z_{i\min}$ - минимальный припуск на обработку поверхности вращения, мкм;

Rz_{i-1} - шероховатость с предыдущего перехода, мкм;

h_{i-1} - толщина дефектного поверхностного слоя, сформированного с предыдущего перехода, мкм;

ρ_{i-1} - суммарная погрешность формы, полученная на предшествующем переходе, мкм;

ε_{yi} - погрешность установки заготовки на текущем переходе, мкм.

В свою очередь:

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{Pi-1}^2 + \rho_{\Phi i-1}^2}, \quad (2)$$

где ρ_{Pi-1}^2 - погрешность расположения обрабатываемой поверхности, возникшая на предыдущем переходе, мкм;

$\rho_{\Phi i-1}^2$ - погрешность формы обрабатываемой поверхности с предыдущего перехода.

Расчёт припуска на обработку плоскости, определяется по формуле из [1, стр. 47]:

$$z_{i\min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}, \quad (3)$$

где $\rho_{i-1} = \rho_{Pi-1} + \rho_{\Phi i-1}$.

3.1 Определение допусков на диаметральные технологические размеры

Допуски на диаметральные размеры принимаются равными статистической погрешности [1, стр. 38]:

$$TD_i = \omega_{ci},$$

где ω_{ci} - статическая погрешность, мм.

Тогда назначаем допуски, руководствуясь [1, стр. 73 П1]:

$TD_{11} = 1.1 \text{ мм}$	$TD_{31} = 0.20 \text{ мм}$
$TD_{12} = 0.20 \text{ мм}$	$TD_{21} = 0.20 \text{ мм}$
$TD_{13} = 0.20 \text{ мм}$	$TD_{22} = 0.20 \text{ мм}$
$TD_{14} = 0.20 \text{ мм}$	$TD_{23} = 0.20 \text{ мм}$
$TD_{15} = 0.12 \text{ мм}$	$TD_{24} = 0.2 \text{ мм}$
$TD_{16} = 0.12 \text{ мм}$	$TD_{25} = 0.2 \text{ мм}$
$TD_{17} = 0.12 \text{ мм}$	$TD_{26} = 0.2 \text{ мм}$
$TD_{18} = 0.12 \text{ мм}$	$TD_{27} = 0.20 \text{ мм}$
$TD_{19} = 0.20 \text{ мм}$	$TD_{28} = 0.20 \text{ мм}$
$TD_{1.10} = 0.20 \text{ мм}$	$TD_{29} = 0.20 \text{ мм}$
	$TD_{2.10} = 0.12 \text{ мм}$
	$TD_{2.11} = 0.12 \text{ мм}$
	$TD_{2.12} = 0.12 \text{ мм}$
	$TD_{2.13} = 0.12 \text{ мм}$
	$TD_{2.14} = 0.12 \text{ мм}$
	$TD_{2.15} = 0.2 \text{ мм}$
	$TD_{2.16} = 0.12 \text{ мм}$

Допуски на шлифование выбираем из [2, стр. 64]:

$$TD_{41} = 0.016 \text{ мм}$$

$$TD_{44} = 0.016 \text{ мм}$$

$$TD_{42} = 0.016 \text{ мм}$$

$$TD_{45} = 0.016 \text{ мм}$$

$$TD_{43} = 0.016 \text{ мм}$$

$$TD_{46} = 0.016 \text{ мм}$$

Расчётная схема вала с диаметральными размерами, припусками на обработку представлена на рисунках 7.1 и 7.2.

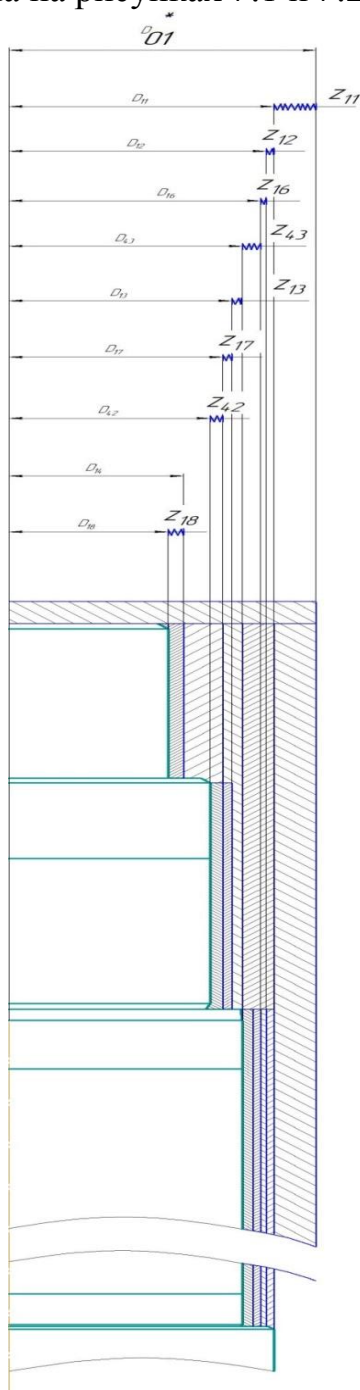


Рисунок 7.1 Размерная схема вала в диаметральном направлении левая сторона

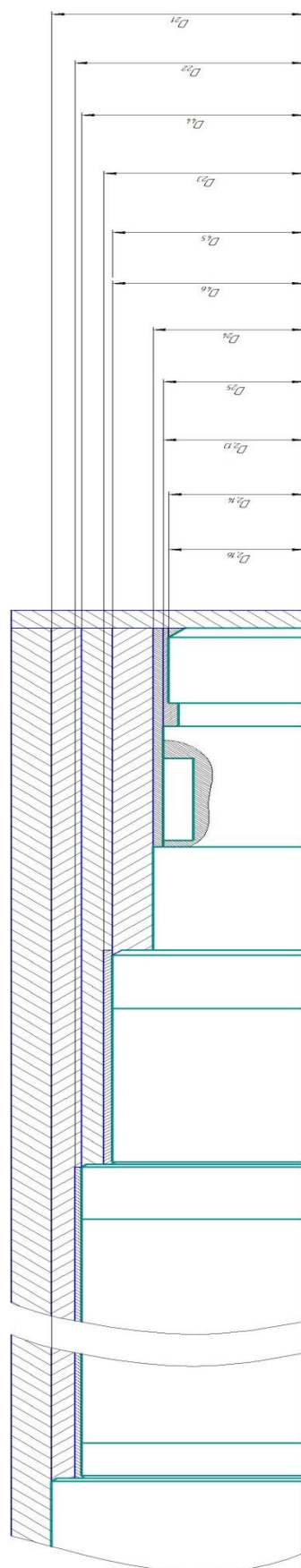


Рисунок 7.2 Размерная схема вала в диаметральном направлении правая сторона

4. Расчёт диаметра проката заготовки

Суммарное пространственное отклонение определяется только пространственным отклонением исходной заготовки (круглого проката), и может быть определено из выражения:

$$\rho_{\Phi i-1} = \Delta_k \cdot l, \quad (4)$$

где Δ_k - удельная кривизна заготовки, мкм/мм;

l - длина обрабатываемого участка, мм.

Величина Δ_k выбирается из [2, стр. 71]. $\Delta_k = 1 \text{ мкм} / \text{мм}$, $l = 350 \text{ мм}$.

Подставим выбранные значения в формулу (4):

$$\rho_{\Phi i-1} = \Delta_k \cdot l = 1 \cdot 350 = 350 \text{ мкм}.$$

Погрешность установки при черновом точении определяется только погрешностью закрепления трехкулачкового патрона [1, стр. 84]:

$$\varepsilon_y = 370 \text{ мкм}.$$

Определим остаточное пространственное отклонение после чернового точения [2, стр. 73]:

$$\rho = k_y \cdot \rho_{\zeta \hat{a} \hat{a}}, \quad (5)$$

где k_y - коэффициент уточнения, $k_y = 0,04$

$$\rho_{\text{заг}} = 93. \text{ Тогда } \rho = k_y \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,04 \cdot 350 = 14 \text{ мкм}.$$

Погрешность установки при чистовом точении $\varepsilon_y = 80 \text{ мкм}$.

После закалки с учётом коробления изделия для шлифовальной операции:

$$\rho_{\text{кор}} = 0,25 \cdot 240 = 60 \text{ мкм}.$$

Остальные данные о погрешности установки выбираются из [1, стр. 85] и вносятся в таблицу 1.

Таблица 1

Переходы обработки поверхности $\varnothing 42h14_{-0.62}$ $\varnothing 35h6_{-0.016}$	Элементы минимального припуска, мкм				Минимальный припуск $2z_{Di\min}$, мкм
	Rz	h	ρ	ε	
Заготовительная	100	125	350	-	
Черновое точение	100	75	14	370	1220
Чистовое точение	20	20	0	80	510
Шлифование	10	20	60	-	200

Теперь можно рассчитать минимальные припуски на обработку:

- под черновое точение $2z_{D01\min} = 2(100 + 125 + \sqrt{350^2 + 370^2}) \approx 1467 \text{ мкм} = 1,46 \text{ мм}$;
- под чистовое точение $2z_{D26\min} = 2(100 + 75 + \sqrt{14^2 + 80^2}) \approx 510 \text{ мкм} = 0,51 \text{ мм}$;
- шлифование после термообработки
 $2z_{D53\min} = 2(20 + 20 + 60) = 200 \text{ мкм} = 0,2 \text{ мм}$.

Для определения диаметра исходной заготовки, а именно круглого горячекатаного проката, необходимо рассмотреть следующую диаметральную размерную цепь D_{01} , D_{15} , K_{D15} , $2z_{D01}$:

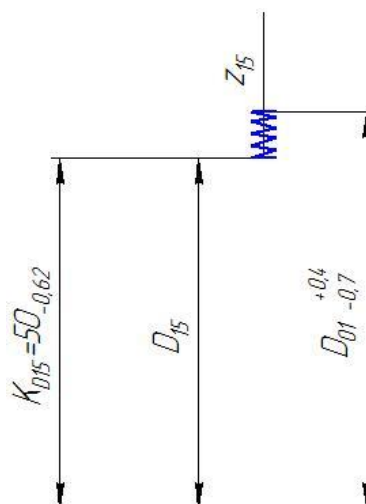


Рисунок 8 Размерная цепь для определения диаметра заготовки

Находим среднее значение припуска:

$$2z^c_{D01} = 2z_{D01\min} + \frac{TD_{15} + TD_{01}}{2} = 1,46 + \frac{0,2 + 1,1}{2} = 2,11 \text{ мм}$$

Рассчитаем среднее значение диаметра круглого проката при условии, что

$$D_{15} = K_{D15} = 50_{-0.62} :$$

$$D^c_{01} = D^c_{15} + 2z^c_{D01} = 49.69 + 2.11 = 51.8 \text{ мм}$$

Вычисляем номинальный размер проката:

$$D_{01} = D^c_{01} - \frac{BOD_{01} + HOD_{01}}{2} = 51.8 - \frac{0,4 - 0,7}{2} = 43,95 \text{ мм} .$$

Таким образом расчётное значение проката:

$$D_{01} = 51,95^{+0,4}_{-0,7} \text{ мм} . \text{ Из ГОСТ 2590-88 выбираем прокат с фактическим диаметром}$$

$$D^{\phi}_{01} = 52^{+0,4}_{-0,7} \text{ мм} . \text{ Тогда пересчитываем значение припуска:}$$

$$2z^{\phi}_{D01} = 52^{+0,4}_{-0,7} - 50_{-0.62} = 2^{+1,02}_{-0,7} \text{ мм} .$$

В итоге для изготовления вала переднего в качестве заготовки используется круглый горячекатаный прокат с номинальным диаметром

$$D^{\phi}_{01} = 52^{+0,4}_{-0,7} \text{ мм} .$$

4.1 Расчёт припусков на первой операции.

4.1.1 Расчёт диаметральных технологических размеров для обработки шейки $\varnothing 30^{+0.6}_{+0.4}$ мм

Расчёты производятся из цепи, что на рис. 5.1.

Рассмотрим размерную цепь на рис. 9:

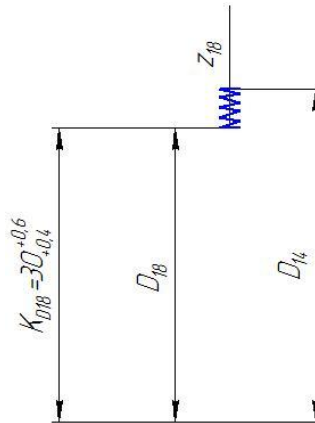


Рисунок 9 Размерная цепь для шейки $\varnothing 30^{+0.6}_{+0.4}$ мм

Из пункта 4.2 известно, что $2z_{D18\min} = 0.2$ мм

Рассмотрим на этой размерной цепи элементы D_{18} , D_{14} и z_{D18} .

На схеме $D_{53} = K_{D53} = 30^{+0.6}_{+0.4}$ мм.

Находим D_{14} :

$$D_{18}^c = D_{18} + \frac{BOD_{53} + HOD_{53}}{2} = 30 + \frac{1 - 0.016}{2} = 31.992 \text{ мм}.$$

Теперь находим:

$$2z_{D18}^c = 2z_{D18\min} + \frac{TD_{18} + TD_{14}}{2} = 0.2 + \frac{0.016 + 0.12}{2} = 0.268 \text{ мм}.$$

Теперь вычисляем $D_{14}^c = D_{18}^c + 2z_{D18}^c = 31.992 + 0.268 = 32.26 \text{ мм}.$

То есть $D_{14} = 32.26 \pm 0.06 \text{ мм}.$

Из курса метрологии известно, что для размеров валов, получаемых механической обработкой, в качестве номинального размера необходимо использовать наибольший размер, тогда запишем:

$$D_{14} = 31,32_{-0.12} \text{ мм.}$$

Теперь найдём припуск на черновое точение, который одновременно является напуском, так как образует первый ступенчатый участок вала:

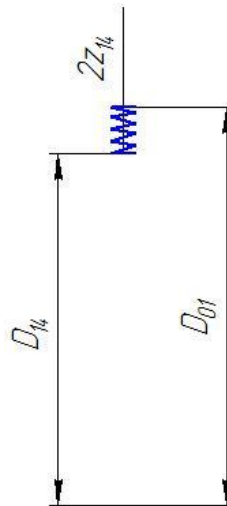


Рисунок 10. Размерная цепь для нахождения припуска на черновую обработку

Рассмотрим расчётную цепь на рис. 10, в частности элементы D_{01}^{ϕ} , $2z_{D14}$ и D_{21} .

Решая обратную задачу этой размерной цепи в результате имеем, что:

$$2z_{D14} = D_{01}^{\phi} - D_{14} = 52_{-0.7}^{+0.4} - 31,32_{-0.2} = 20.68_{-0.7}^{+0.6} \text{ мм}$$

Напуск при черновом точении можно удалить за 5 прохода, с целью достижения заданных параметров.

4.1.2 Расчёт диаметральных технологических размеров для обработки шейки $\varnothing 38_{-0.112}^{-0.05} \text{ мм}$ и $38_{+0.024}^{+0.5} \text{ мм}$

Величина Δ_k выбирается из [2, стр. 71]. $\Delta_k = 1 \text{ мкм} / \text{мм}$, $l = 117 \text{ мм}$.

Подставим выбранные значения в формулу:

$$\rho_{\Phi i-1} = \Delta_k \cdot l = 1 \cdot 117 = 117 \text{ мкм}.$$

Погрешность установки при черновом точении определяется только погрешностью закрепления трехкулачкового патрона [1, стр. 84]:

$$\varepsilon_y = 370 \text{ мкм}.$$

Определим остаточное пространственное отклонение после чернового точения [2, стр. 73]:

$$\rho = k_y \cdot \rho_{заг},$$

где k_y - коэффициент уточнение, $k_y = 0,04$

$$\rho_{заг} = 76. \text{ Тогда } \rho = k_y \cdot \rho_{заг} = 0.04 \cdot 117 = 4,68 \text{ мкм}.$$

Погрешность установки при чистовом точении $\varepsilon_y = 80 \text{ мкм}$.

После закалки с учётом коробления изделия для шлифовальной операции:

$$\rho_{кор} = 0,25 \cdot 240 = 60 \text{ мкм}.$$

Остальные данные о погрешности установки выбираются из [1, стр. 85] и вносятся в таблицу 2.

Таблица 2

Переходы обработки поверхности $\varnothing 38_{+0.024}^{+0.5} \text{ мм}$	Элементы минимального припуска, мкм				Минимальный припуск $2z_{Di \min}$, мкм
	Rz	h	ρ	ε	
Черновое точение $\varnothing 39_{-0.2}$	100	125	117	-	1220

Черновое точение	100	75	4.68	370	1220
Чистовое точение	20	20	0	80	510
Шлифование	10	20	60	-	200

Теперь можно рассчитать минимальные припуски на обработку:

- под черновое точение

$$2z_{D13\min} = 2(100 + 125 + \sqrt{117^2 + 370^2}) \approx 1220 \text{ мкм.} = 1,22 \text{ мм};$$

- под чистовое точение $2z_{D25\min} = 2(100 + 75 + \sqrt{3^2 + 80^2}) \approx 510 \text{ мкм.} = 0,51 \text{ мм};$

- шлифование после термообработки

$$2z_{D52\min} = 2(20 + 20 + 60) = 200 \text{ мкм.} = 0,2 \text{ мм.}$$

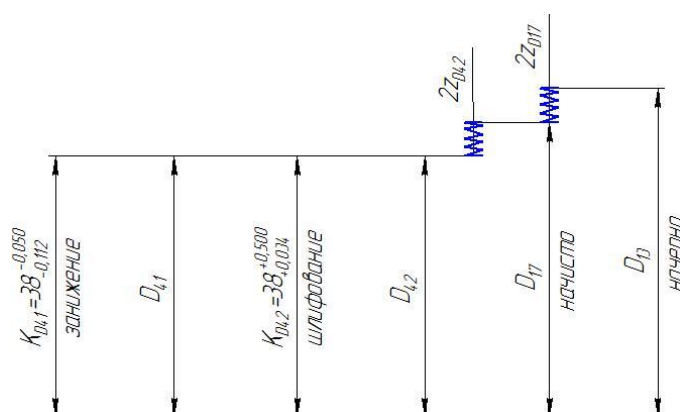


Рисунок 11 Размерная цепь для шейки Ø38f7

Известно, что $2z_{D42\min} = 0,2 \text{ мм}$, $2z_{D41\min} = 0,2 \text{ мм}$ и $2z_{D17\min} = 0,51 \text{ мм}$

Рассмотрим на этой размерной цепи элементы D_{41} , D_{42} , D_{17} и z_{D42} , z_{D17} ,

На схеме $D_{42} = K_{D42} = 38^{+0.5}_{+0.024} \text{ мм}$ и $D_{41} = K_{D41} = 38^{-0.05}_{-0.112} \text{ мм}$

Находим D_{17} :

$$D_{42}^c = D_{42} + \frac{BOD_{42} + HOD_{42}}{2} = 38 + \frac{+0.5 + 0.024}{2} = 38,262 \text{ мм.}$$

Теперь находим:

$$2z_{D42}^c = 2z_{D42\min} + \frac{TD_{42} + TD_{17}}{2} = 0.2 + \frac{0.016 + 0.12}{2} = 0,268 \text{ мм.}$$

Теперь вычисляем $D_{17}^c = D_{17} + 2z_{D17}^c = 38,262 + 0,268 = 38,53 \text{ мм.}$

То есть $D_{25} = 38,53 \pm 0,06 \text{ мм}$

Далее вычисляется по аналогичному алгоритму размер D_{13} :

$$2z_{D17}^c = 2z_{D17\min} + \frac{TD_{13} + TD_{17}}{2} = 0.53 + \frac{0.20 + 0.12}{2} = 0,69 \text{ мм.}$$

Теперь вычисляем $D_{13}^c = D_{17} + 2z_{D17}^c = 38,53 + 0,69 = 39,22 \text{ мм.}$

То есть $D_{22} = 39,22 \pm 0.1 \text{ мм} = 39,3 \pm 0.1 \text{ мм.}$

Запишем:

$$D_{17} = 38,3_{-0.12} \text{ мм. и } D_{13} = 39_{-0.2} \text{ мм.}$$

Теперь найдём припуск на черновое точение, который одновременно является напуском, так как образует второй ступенчатый участок вала:

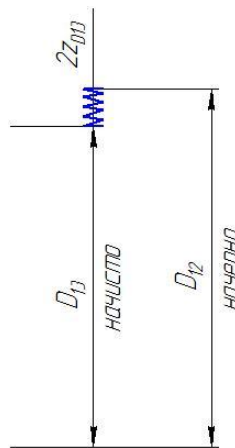


Рисунок 2 Размерная цепь для нахождения припуска на черновую обработку

Рассмотрим расчётную цепь на рис. 12, в частности элементы D_{13} , $2z_{D13}$ и D_{12} .

Решая обратную задачу этой размерной цепи в результате имеем, что:

$$2z_{D14} = D_{12} - D_{13} = 45_{-0.2} - 39_{-0.2} = 6 \pm 0.2 \text{ мм}$$

Напуск при черновом точении можно удалить за 1 проход, с целью достижения заданных параметров.

4.2 Расчёт припусков на второй токарной операции

4.2.1 Расчёт диаметральных технологических размеров для обработки шейки $\varnothing 28_{-0.62}^{+0} \text{ мм}$

Величина Δ_k выбирается из [2, стр. 71]. $\Delta_k = 1 \text{ мкм} / \text{мм}$, $l = 14 \text{ мм}$.

Подставим выбранные значения в формулу:

$$\rho_{\phi i-1} = \Delta_k \cdot l = 1 \cdot 14 = 14 \text{ мкм}.$$

Погрешность установки при черновом точении определяется только погрешностью закрепления трехкулачкового патрона [1, стр. 84]:

$$\varepsilon_y = 370 \text{ мкм}.$$

Определим остаточное пространственное отклонение после чернового точения [2, стр. 73]:

$$\rho = k_y \cdot \rho_{заг},$$

где k_y - коэффициент уточнения, $k_y = 0,04$

$$\rho_{заг} = 46. \text{ Тогда } \rho = k_y \cdot \rho_{заг} = 0,04 \cdot 14 = 0,56 \text{ мкм}.$$

Погрешность установки при чистовом точении $\varepsilon_y = 80 \text{ мкм}$.

После закалки с учётом коробления изделия для шлифовальной операции:

$$\rho_{кор} = 0,25 \cdot 240 = 60 \text{ мкм}.$$

Остальные данные о погрешности установки выбираются из [1, стр. 85] и вносятся в таблицу 3.

Таблица 3

Переходы обработки поверхности $\varnothing 28_{-0,62}^{мм}$	Элементы минимального припуска, мкм				Минимальн ый припуск $2z_{Di\min}$, мкм
	Rz	h	ρ	ε	
Черновое точение $\varnothing 29_{-0,62}^{мм}$	100	125	14	-	1190
Черновое точение	100	75	0.56	370	1190
Чистовое точение	20	20	0	80	510
Шлифование	10	20	60	-	200

Теперь можно рассчитать минимальные припуски на обработку:

- под черновое точение

$$2z_{D23\min} = 2(100 + 125 + \sqrt{14^2 + 370^2}) \approx 1190 \text{ мкм.} = 1,19 \text{ мм} ;$$

- под чистовое точение $2z_{D25\min} = 2(100 + 75 + \sqrt{2^2 + 80^2}) \approx 510 \text{ мкм.} = 0,51 \text{ мм} ;$
- шлифование после термообработки

$$2z_{D51\min} = 2(20 + 20 + 60) = 200 \text{ мкм.} = 0,2 \text{ мм} .$$

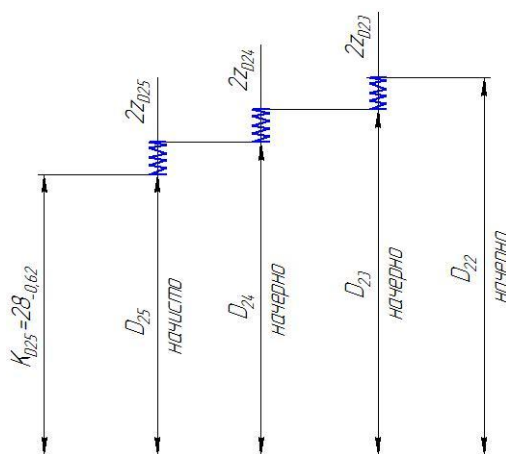


Рисунок 3 Размерная цепь для шейки $\text{Ø}28_{-0.62}$

Известно, что $2z_{D25\min} = 0.2\text{мм}$ и $2z_{D24\min} = 0.51\text{мм}$

Рассмотрим на этой размерной цепи элементы D_{25} , D_{24} и z_{D25} .

На схеме $D_{25} = K_{D25} = 28_{-0.62}\text{мм}$.

Находим D_{24} :

$$D_{25}^c = D_{25} + \frac{BOD_{25} + HOD_{25}}{2} = 28 + \frac{0 - 0.62}{2} = 28,31\text{мм}.$$

Теперь находим:

$$2z_{D25}^c = 2z_{D25\min} + \frac{TD_{25} + TD_{24}}{2} = 0.2 + \frac{0.016 + 0.12}{2} = 0,268\text{мм}.$$

Теперь вычисляем $D_{24}^c = D_{25}^c + 2z_{D25}^c = 28,31 + 0,268 = 28,578\text{мм}$.

То есть $D_{24} = 28,578 \pm 0,06\text{мм} = 28,6 \pm 0,06\text{мм}$

Далее вычисляется по аналогичному алгоритму размер D_{23} :

$$2z_{D24}^c = 2z_{D24\min} + \frac{TD_{23} + TD_{24}}{2} = 0.51 + \frac{0.20 + 0.12}{2} = 0,67\text{мм}.$$

Теперь вычисляем $D_{23}^c = D_{24}^c + 2z_{D24}^c = 28,578 + 0,67 = 29,248\text{мм}$.

То есть $D_{23} = 29,248 \pm 0,1\text{мм} = 29 \pm 0,1\text{мм}$.

Запишем:

$$D_{24} = 29_{-0.12}\text{мм} \text{ и } D_{23} = 31_{-0.2}\text{мм}.$$

Теперь найдём припуск на черновое точение, который одновременно является напуском, так как образует третий ступенчатый участок вала:

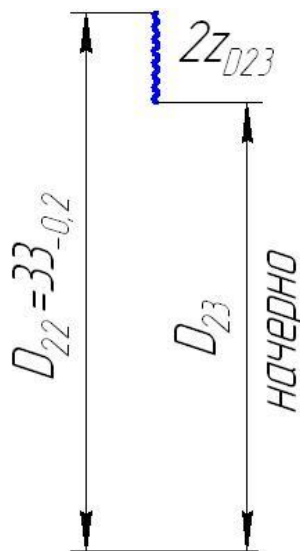


Рисунок 14 Размерная цепь для нахождения припуска на черновую обработку

Рассмотрим расчётную цепь на рис. 13, в частности элементы D_{22} , $2z_{D23}$ и D_{23} .

Решая обратную задачу этой размерной цепи в результате имеем, что:

$$2z_{D23} = D_{22} - D_{23} = 39_{-0.2} - 31_{-0.2} = 8 \pm 0.2 \text{ мм}$$

Напуск при черновом точении можно удалить за 2 проход, с целью достижения заданных параметров.

Расчёты производятся из схемы, что на рис. 5.2. В результате расчётов минимальных припусков на обработку была полностью сформирована ступенчатая поверхность вала, получаемая на первой токарной операции.

Суммарное пространственное отклонение определяется только пространственным отклонением исходной заготовки (круглого проката), и может быть определено из выражения:

$$\rho_{\Phi i-1} = \Delta_k \cdot l,$$

где Δ_k - удельная кривизна заготовки, мкм/мм;

l - длина обрабатываемого участка, мм.

Величина Δ_k выбирается из [2, стр. 71]. $\Delta_k = 1 \text{ мкм} / \text{мм}$, $l = 144 \text{ мм}$.

Подставим выбранные значения в формулу (4):

$$\rho_{\phi i-1} = \Delta_k \cdot l = 1 \cdot 144 = 144 \text{ мкм}.$$

Погрешность установки при черновом точении с зажимом в трёхкулачковом патроне по чистовой поверхности определяется по [1, стр. 84]:

$$\varepsilon_y = 40 \text{ мкм}.$$

Определим остаточное пространственное отклонение после чернового точения [2, стр. 73]:

$$\rho = k_y \cdot \rho_{заг}, (5)$$

где k_y - коэффициент уточнение, $k_y = 0,04$

$$\rho_{заг} = 144. \text{ Тогда } \rho = k_y \cdot \rho_{заг} = 0,04 \cdot 144 = 5,76 \text{ мкм}.$$

Погрешность установки при чистовом точении уменьшается до

$$\varepsilon_y = 20 \text{ мкм}.$$

После закалки с учётом коробления для шлифовальной операции:

$$\rho_{кор} = 0,25 \cdot 240 = 60 \text{ мкм}$$

Остальные данные о погрешности установки выбираются из [1, стр. 85] и вносятся в таблицу 4.

Таблица 4

Переходы обработки поверхности $\varnothing 39_{-0,62}$	Элементы минимального припуска, мкм				Минимальный припуск $z_{Di \min}$, мкм
	Rz	h	ρ	ε	
Черновое точение $\varnothing 39h14_{-0,62} \text{ мм}$	100	125	144	-	1120
Черновое	100	75	5,76	40	1120

точение					
Чистовое точение	20	20	0	20	200
Шлифование	10	20	60	-	100

Теперь можно рассчитать минимальные припуски на обработку:

- под черновое точение

$$2z_{D21\min} = 2(100 + 125 + \sqrt{144^2 + 370^2}) \approx 1120 \text{ мкм.} = 1,12 \text{ мм} ;$$

- под чистовое точение $2z_{D22\min} = 2(100 + 75 + \sqrt{4^2 + 20^2}) \approx 200 \text{ мкм.} = 0,2 \text{ мм} ;$

- шлифование после термообработки

$$2z_{D53\min} = 2(20 + 20 + 60) = 100 \text{ мкм.} = 0,1 \text{ мм} .$$

4.2.2 Расчёт диаметральных технологических размеров для обработки шейки $\varnothing 38^{+0.5}_{+0.024} \text{ мм}$

Рассмотрим размерную цепь на рис. 15:

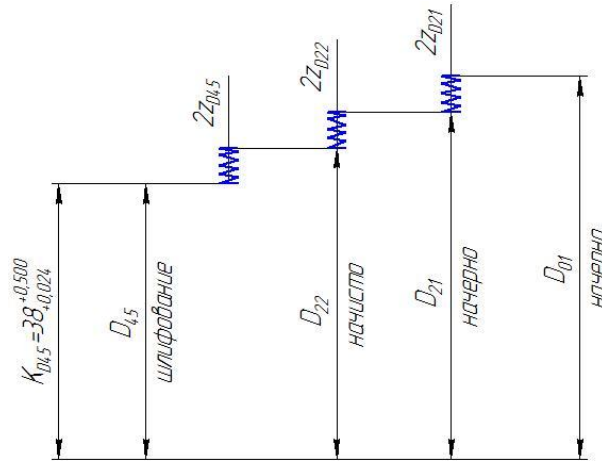


Рисунок 5 Размерная цепь для шейки $\varnothing 38$

Из пункта 4.4 известно, что $2z_{D45 \min} = 0.1 \text{ мм}$ и $2z_{D22 \min} = 0.2 \text{ мм}$

Рассмотрим на этой размерной цепи элементы D_{45} , D_{22} и $2z_{D45}$.

На схеме $D_{45} = K_{D45} = 38^{+0.5}_{+0.024} \text{ мм}$.

Находим D_{22} :

$$D_{22}^c = D_{22} + \frac{BOD_{22} + HOD_{22}}{2} = 38 + \frac{0.5 + 0.024}{2} = 38,262 \text{ мм}.$$

Теперь находим:

$$2z_{D45}^c = 2z_{D45 \min} + \frac{TD_{45} + TD_{22}}{2} = 0.1 + \frac{0.262 + 0.12}{2} = 0,291 \text{ мм}.$$

Теперь вычисляем $D_{22}^c = D_{45}^c + 2z_{D45}^c = 38,262 + 0,291 = 38,553 \text{ мм}$.

$$\text{То есть } D_{22} = 38,553 \pm 0,06 \text{ мм} = 39 \pm 0,06 \text{ мм}$$

Из курса метрологии известно, что для размеров валов, получаемых механической обработкой, в качестве номинального размера необходимо использовать наибольший размер, тогда запишем:

$$D_{22} = 39_{-0.12} \text{ мм}.$$

Теперь найдём припуск на черновое точение, который одновременно является напуском, так как образует первый ступенчатый участок вала:

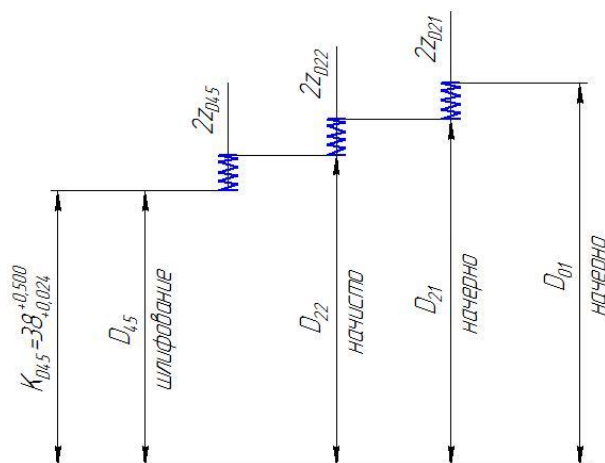


Рисунок 16 Размерная цепь для нахождения припуска на черновую обработку

Рассмотрим расчётную цепь на рис. 16, в частности элементы D_{21} , $2z_{D21}$ и D_{01} .

Решая обратную задачу этой размерной цепи в результате имеем, что:

$$2z_{D21} = D_{01} - D_{21} = 52_{-0.62} - 45_{-0.62} = 7_{-0.62} \text{ мм}$$

Напуск при черновом точении можно удалить за 2 проход, с целью достижения заданных параметров.

В результате расчётов минимальных припусков на обработку была полностью сформирована ступенчатая поверхность вала, получаемая на второй токарной операции.

Таким образом рассчитаны все диаметральные технологические размеры, минимальные припуски на обработку радиальных размеров.

5 Расчёт технологических размеров и минимальных припусков в осевом направлении

В данном разделе расчёты производятся по схеме, что на рис. 5 и графа – рис. 6.

5.1 Определение допусков на осевые технологические размеры

Допуски на осевые технологические размеры принимаются равными из [1, стр. 38]:

$$TA_i = \omega_{ci} + \rho_{\varepsilon, i-1} + \varepsilon_{yi},$$

где ω_{ci} - статическая погрешность, мм;

$\rho_{\varepsilon, i-1}$ - пространственное отклонение измерительной (технологической) базы, мм.

Параметр ρ_u зависит от вида исходной заготовки и будет включен в допуск на размер A_{11} , так как при поджиме по торцу заготовки неизбежно возникает пространственное отклонение, вызванное неплоской поверхностью, с которой соприкасается упор станка. Из источника [1, стр. 81 ПЗ] $\rho_{отрез_u}^{отрез} = 0.30 \text{ мм}$. На первой токарной операции, когда происходит подрезка торца, в трёхкулачковом патроне ещё не обработанная поверхность так же имеет пространственное (после отрезки на предыдущей операции) отклонение и, поэтому, это отклонение $\rho_{точение_u}^{точение} = 0.30 \text{ мм}$ должно быть включено в допуск на технологический размер. Допуски на технологические размеры в осевом направлении по [1, стр. 73 П1] с учётом статической погрешности:

Заготовительная операция:

$$TA_{11} = \omega_{11} + \rho_{11} + \varepsilon_{11} = 1 + 0.30 + 0 = 1.30 \text{ мм}$$

Подрезка торца на первой токарной операции:

$$TA_{21} = \omega_{21} + \rho_{11} = 0.20 + 0.30 = 0.5 \text{ мм}$$

Таблица 7

<u>Вторая токарная операция.</u>
$TA_{21} = 0.5 \text{ мм}$
$TA_{22} = 0.12 \text{ мм}$
$TA_{23} = 0.12 \text{ мм}$
$TA_{24} = 0.12 \text{ мм}$
$TA_{25} = 0.12 \text{ мм}$
$TA_{26} = 0.12 \text{ мм}$
$TA_{27} = 0.12 \times 45^\circ \text{ мм}$
$TA_{28} = 0.12 \text{ мм}$
$TA_{29} = 0.12 \text{ мм}$
$TA_{2,10} = 0.12 \times 45^\circ \text{ мм}$
$TA_{2,11} = 0.12 \times 45^\circ \text{ мм}$
$TA_{2,12} = 0.12 \times 45^\circ \text{ мм}$
$TA_{2,13} = 0.12 \times 45^\circ \text{ мм}$
$TA_{2,14} = 0.12 \text{ мм}$
$TA_{2,15} = 0.12 \text{ мм}$
$TA_{2,16} = 0.12 \text{ мм}$
$TA_{2,17} = 0.12 \text{ мм}$
$TA_{2,18} = 0.12 \text{ мм}$

На последующих переходах допуски на технологические размеры в осевом направлении будут без пространственного отклонения, то есть равняются только статистической погрешности. По маршруту обработки все значения допусков на выдерживаемые технологически размеры, получаемые на второй токарной операции, занесены для удобства в таблицу 7.

Таблица 8

<u>Первая токарная операция.</u>
$TA_{12} = 0.21 \text{ мм}$
$TA_{13} = 0.12 \text{ мм}$
$TA_{14} = 0.12 \text{ мм}$
$TA_{15} \times 45^\circ = 0.12 \text{ мм}$
$TA_{16} \times 45^\circ = 0.12 \text{ мм}$
$TA_{17} \times 45^\circ = 0.12 \text{ мм}$
$TA_{18} \times 45^\circ = 0.12 \text{ мм}$
$TA_{19} = 0.12 \text{ мм}$
$TA_{1.10} \times 45^\circ = 0.12 \text{ мм}$
$TA_{1.11} = 0.12 \text{ мм}$

На первой токарной операции после переустановки, заготовка зажимается в кулачках с упором в задний центр. На предшествующей операции была произведена чистовая контурная обработка ступеней вала, то есть закрепление происходит по обработанной начисто поверхности, поэтому пространственное отклонение в допуске на технологический размер будет составлять. Поверхность имеет незначительное отклонение.

Численные значения допусков на технологические размеры, получаемы на второй токарной операции, сведены для наглядности в

табл. 8.

Последовательно по маршруту обработки назначены допуски на всех операциях обработки вала:

Фрезерная операция:

$TA_{41} = 0.1 \text{ мм}$ допуск на технологический размер получения шпоночного паза

1.

$TA_{25}^* = 0.1 \text{ мм}$ настроечный размер 1.

$TA_{25} = 0.1 \text{ мм}$ допуск на технологический размер получения шпоночного паза 1

.

Шлифовальная операция:

Допуск на настроечный размер при шлифовании торца $TA_{41} = 0.016 \text{ мм}$

Допуск на технологический размер TA_{41} для получения фаски на первом переходе, получаемый на шлифовании, равен половине допуска на припуск при шлифовании. Иными словами:

$$TA_{D41} = Tz_{D41} / 2.$$

В свою очередь значение припуска из пункта 4.4.3:

$$z_{D41} = D_{17} - D_{41} = 38_{+0.3}^{+0.5} - 38_{0.112}^{0.05} = 0_{0.25}^{+0.38} \text{ мм. Фактически допуск } Tz_{D51} = 0.63 \text{ мм}$$

Тогда

$$TA_{D41} = Tz_{D41} / 2 = 0.63 / 2 = 0,315 \text{ мм}$$

Из пункта 4.4.3 и по маршруту обработки при $D_{41} = D_{46}$, значения припусков тоже равны $z_{D46} = z_{D41} = 0_{+0.25}^{+0.38}$. Следовательно, допуск на технологически размер:

$$TA_{D46} = Tz_{D46} / 2 = 0.63 / 2 = 0,315 \text{ мм}.$$

Допуск на технологический размер от новой обработанной поверхности для шлифования второго торца:

$$TA_{46} = 0.315 \text{ мм}$$

5.2 Проверка конструкторских размеров

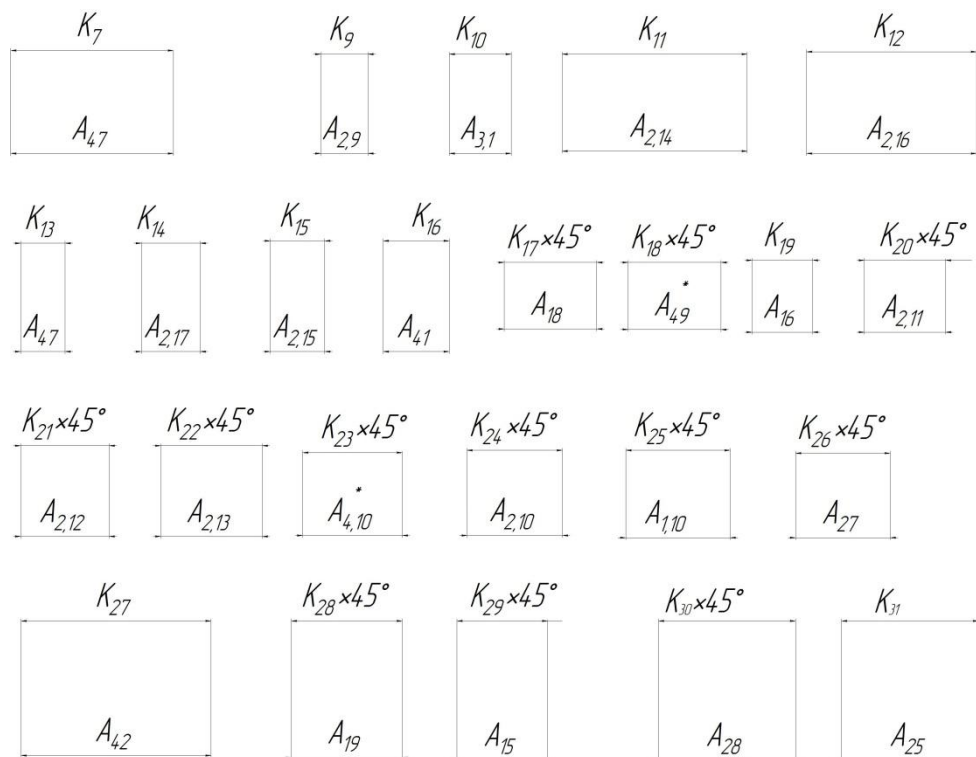


Рисунок 17 Технологические размерные цепи, формирующие конструкторские размеры.

Проверки подлежит каждый конструкторский размер. Для этого составляются размерные цепи, по которым производятся проверки выдерживаемых конструкторских размеров. На рис. 17 представлены все технологические размерные цепи. Число составляющих звеньев, как видно из рис. 20, в преобладающем большинстве не превышает двух, исключением является размерная цепь 326, в которой три технологических размера. Поэтому расчёт конструкторских размеров производится методом максимума-минимума. Для размерной цепи №32 применим вероятностный метод.

С целью проверки обеспечения заданной точности конструкторских размеров произведена проверка методом максимума-минимума конструкторских размеров для цепей №32, соответственно:

$$TK_3 = A_{12} - A_{14} = 0.3 > 0.05 = 0.30 - 0.25 ; TK_4 = A_{22} - A_{24} = 0.4 > 0.05 = 0.30 - 0.25$$

Проверим допуск на конструкторский размер вероятностным методом из цепи №32:

$$TK_3 = 0.3 > 0.22 = \sqrt{0.3^2 - 0.25^2} = \sqrt{(TA_{12})^2 - (TA_{14})^2}.$$

$$TK_4 = 0.3 > 0.22 = \sqrt{0.3^2 - 0.25^2} = \sqrt{(TA_{22})^2 - (TA_{24})^2}$$

$$TK_6 = 0.5 > 0.45 = \sqrt{0.5^2 - 0.2^2} = \sqrt{(TA_{24})^2 - (TA_{26})^2}$$

Конструкторские размеры, выдерживаемые непосредственно записаны ниже:

$$\text{Цепь №1. } K_7 = A_{47} = 100^{+1}_{-1} \text{ мм. Цепь №3. } K_9 = A_{29} = 4 \pm 0.6 \text{ мм.}$$

$$\text{Цепь №5. } K_{10} = A_{2,14} = 100 \pm 0.1 \text{ мм. Цепь №8. } K_{11} = A_{31} = 14^{0.7} \text{ мм.}$$

$$\text{Цепь №10. } K_{12} = A_{2,16} = 100 \pm 0.1 \text{ мм. Цепь №12. } K_{12} = A_{41} = 36_{-0.62} \text{ мм.}$$

$$\text{Цепь №13. } K_{13} = A_{48} = 33 \pm 1 \text{ мм. Цепь №14. } K_{14} = A_{2,17} = 24 \pm 0.1 \text{ мм.}$$

$$\text{Цепь №15. } K_{15} = A_{2,15} = 23 \pm 0.1 \text{ мм. Цепь №16. } K_{16} = A_{41} = 14^{+1.5}_{-1} \text{ мм.}$$

$$\text{Цепь №17. } K_{17} = A_{18} = 1 \times 45^\circ \text{ мм. Цепь №18. } K_{18} = A_{49}^* = 1 \times 45^\circ \text{ мм}$$

$$\text{Цепь №19. } K_{19} = A_{16} = 2 \times 5^\circ \text{ мм. Цепь №20. } K_{20} = A_{2,11} = 2 \times 5^\circ \text{ мм}$$

$$\text{Цепь №21. } K_{21} = A_{2,12} = 1 \times 45^\circ \text{ мм. Цепь №22. } K_{22} = A_{2,13} = 1.6 \times 45^\circ \text{ мм}$$

$$\text{Цепь №23. } K_{23} = A_{4,10}^* = 1 \times 45^\circ \text{ мм. Цепь №24. } K_{24} = A_{2,10} = 0.5 \times 45^\circ \text{ мм}$$

$$\text{Цепь №25. } K_{25} = A_{1,10} = 0.5 \times 45^\circ \text{ мм. Цепь №26. } K_{26} = A_{2,7} = 0.5 \times 45^\circ \text{ мм}$$

$$\text{Цепь №27. } K_{27} = A_{42} = 90^{+0.4}_{+0.28} \text{ мм. Цепь №28. } K_{28} = A_{19} = 4^{+0.5} \text{ мм}$$

$$\text{Цепь №29. } K_{29} = A_{15} = 0.5 \times 45^\circ \text{ мм. Цепь №30. } K_{30} = A_{2,8} = 4^{+0.5} \text{ мм}$$

$$\text{Цепь №31. } K_{31} = A_{2,5} = 46_{-0.2} \text{ мм}$$

Для нахождения K_2 , K_1 где замыкается более 3 звеньев, находим промежуточной на диаметре 50 мм конструкторский размер

$$K^{**} = 67^{+0.8}_{+0.7} \text{ мм из размерной цепи. } K^* = A^* = K_1 - K_2 = 22^{+0.8}_{-0.4}, \text{ далее}$$

$$K^{**} = K_1 - K_3 - K^* = 67^{+0.8}_{+0.7}, K^{**} = A^{**} = 67^{+0.8}_{+0.7}$$

$$K_1 = A_{12} + A_{21} + A^{**} = 626,5_{-1.0}, K_2 = A_{12} + A_{21} + A^{**} - A^* = 604,5^{+0.2}_{-0.4}$$

Анализируя полученные результаты проверки конструкторских размеров можно сделать вывод, что допуски на технологические размеры

можно увеличить, то есть сделать грубее, при этом сэкономить на точной наладке и подналадке станка. В рассматриваемом учебном проекте производить замену допусков не следует, а в реальном производстве, на месте, такую замену сделать необходимо. Коррекция значений допусков предусматривает их повышение, по сравнению с текущими, минимум на 70%, а в некоторых случаях и на 200%.

5.3 Расчёт минимальных припусков на обработку

Припуск на обработку плоскости вычисляется по формуле из [1, стр. 47]:

$$z_{i\min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}.$$

Значения шероховатости и величины дефектного слоя выбираются из [1, стр. 80] и заносятся в таб. 9.

Таблица 9.

Технологические переходы	Параметры минимального припуска			Значение минимального припуска, мкм
	Rz_{i-1}	h_{i-1}	ρ_{i-1}	
Обработка торца с припуском z_{21}				
Заготовительная Отрезка в р-р A_{11}	-	-	-	-
Подрезка торца в A_{21}	30	40	50	$z_{\min 21}=120$
Обработка ступенчатых поверхностей вала на первой токарной операции с припусками z_{26}, z_{27}, z_{28} .				
Чистовой точение торца на $\varnothing 35h6$ в р-р A_{28}	80	75	50	$z_{\min 28}=205$

При шлифовании шеек вала, на которых имеются фаски, минимальный припуск в осевом направлении:

$$z_{\min D41} = 2z_{\min D41} / 2 = 0.1 / 2 = 0.05 \text{ мм}$$

$$z_{\min D46} = 2z_{\min D46} / 2 = 0.1 / 2 = 0.05 \text{ мм}$$

Производим расчёт оставшихся технологических размеров:

Из технологической цепи, находим размер A_{D42} :

$A_{D42 \min} = z_{D42 \min} = 0.05 \text{ мм}$, так как равны минимальные значения припуска на обработку и технологический размер, то удаление минимального припуска будет обеспечиваться. Затем найдём максимальное значение технологического размера A_{D42} :

$$A_{D42 \max} = z_{D42 \min} + TA_{D42} = 0.05 + 0.107 = 0.112 \text{ мм}.$$

Рассчитаем среднее значение технологического размера:

$$A_{D42}^c = \frac{A_{D42 \min} + A_{D42 \max}}{2} = \frac{0.05 + 0.112}{2} = 0.081 \text{ мм}.$$

Расчет производится аналогично для следующих технологических размеров:

$$A_{D44 \min} = z_{\min D44} = 2z_{\min D44} = 0.05 \text{ мм}$$

$$A_{D42 \min} = z_{\min D42} = 2z_{\min D42} = 0.05 \text{ мм}$$

$$A_{D43 \min} = z_{\min D43} = 2z_{\min D43} = 0.05 \text{ мм}$$

$$A_{D45 \min} = z_{\min D45} = 2z_{\min D45} = 0.05 \text{ мм}$$

Последовательно рассмотрим размерные цепи для нахождения всех технологических размеров рис. 20. При расчёте числовых значений технологических размеров воспользуемся методом средних значений, при котором в цепи известны предельные значения составляющих звеньев и допуск на замыкающее (искомое) звено. Размеры, не относящиеся ни к размерам валов, ни к отверстиям, записываются в виде $A_{ij} = A_{ij}^c \pm \frac{TA_{ij}}{2}$.

Рассмотрим рис. 21, из которого по средним значениям составляющих звеньев и минимальному припуску на обработку рассчитаем номинальные и предельные значения технологических размеров.

Размерный анализ на этом закончен. Все осевые технологические размеры для удобства чтения и идентификации сведены в табл.10.

Таблица 10

Обозначение технологического размера на размерной схеме	Среднее значение технологического размера	Номинальное значение и предельные отклонения технологического размера
A_{11}	5.65	$5^{+1.3}$
A_{12}	246,65	$246,5^{+0.3}$
A_{13}	117,34	$117^{+0.4}_{-0.28}$
A_{14}	22,25	$22^{+0.3}_{-0.2}$
A_{15}	0.5	0.5×45^0
A_{16}	2	2×45^0
A_{17}^*	1,113	$1,113 \times 45^0$
A_{18}	1	1×45^0
A_{19}	4.25	$4^{+0.5}$
$A_{1,10}$	0.5	0.5×45^0
$A_{1,11}$	629,5	$360_{-1.0}$
A_{21}	626	$625,5_{-1.0}$
A_{22}	310,15	$310^{+0.3}$
A_{23}	143,75	$144^{+0.1}_{-0.4}$
A_{24}	61,75	$62^{+0.1}_{-0.4}$
A_{25}	45.98	$46_{-0.2}$
A_{26}	13.98	$14_{-0.2}$
A_{27}	0.5	0.5×45^0

A_{28}	4,25	$4^{+0.5}$
A_{29}	4	$4 \pm 0,6$
A_{210}	0.5	0.5×45^0
$A_{2.11}$	2	2×5^0
$A_{2.12}^*$	1,113	$1,113 \times 45^0$
$A_{2.13}$	1	1×45^0
$A_{2.14}$	100	100 ± 0.1
$A_{2.15}$	23	23 ± 0.1
$A_{2.16}$	100	100 ± 0.1
$A_{2.17,}$	24	24 ± 0.1
$A_{2.18}$	19	19 ± 0.2
A_{31}	14,35	$14^{+0.7}$
A_{32}	5.35	$5.5_{-0.3}$
A_{41}	14,0025	$14_{-1.0}^{+,15}$
A_{42}	90,34	$90_{\mp 0.28}^{+0.4}$
A_{43}	100	$100_{-1.0}^{+1.0}$
A_{44}	23	$23_{-1.0}^{+1.0}$
A_{45}	10	$10_{-1.0}^{+1.0}$
A_{46}	82,2	$82^{+0.4}$
A_{47}	100	$100_{-1.0}^{+1.0}$
A_{48}	33	$33_{-1.0}^{+1.0}$
A_{49}^*	1	1×45^0
$A_{4.10}^*$	1	1×45^0

6 Выбор технологического оборудования

Металлообрабатывающее оборудование выбирается из источника [4]. Станки должны обеспечивать заданное качество при обработки деталей, точность изготовления, иметь достаточную производительность. Предложенный маршрут обработки подразумевает в рамках данной разрабатываемой технологии использование станков с ЧПУ, что в достаточной степени автоматизирует изготовление детали. Оборудование выбрано из [4]. Инструмент выбран из [6].

Для отрезной операции:

Ленточно-отрезной станок по металлу PMS 250 ANS

Характеристики:

Размер заготовки пакетов, мм	150-250 x 100-150
Размер полотна, мм	3505 x 0,9 x 27
Скорость пилы, м/мин	22-75
Мин.остаток заготовки, мм	50
Мин.остаток заготовки(пакет.резка), мм	170
Мин.ход тисков, мм	10
Подача заготовки, шаг, мм	400
Привод полотна, кВт	2,2
Масса, кг	1430 / 1570

Для токарной операции:

Токарный станок с ЧПУ модели 160НТ

Характеристики:

Наибольший диаметр обработки, мм	200
Наибольшая длина обработки, мм	120
Наибольший диаметр прутка, мм	50

Диапазон частот вращения шпинделя (бесступенчатое регулирование), об/мин	5...5000
Предельные рабочие подачи, мм/мин.	1...15000
Дискретность рабочих перемещений, мм	0,001
Мощность привода главного движения, кВт	14

Для фрезерной операции назначен фрезерный станок с ЧПУ.

Фрезерный станок с ЧПУ модели КМ-80

Характеристики:

Размер рабочей поверхности стола, мм	305x1270
Наибольшее перемещение стола, мм	
продольное	800
поперечное	500
вертикальное(установочное)	500
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	50-6000
Пределы подач стола, мм/мин	
продольной и поперечной	1-10000
вертикальной	1-10000
Мощность двигателя главного привода, кВт	5,5
Масса, кг	2200

Для круглошлифовальной операции, назначим из [5]:

Круглошлифовальный станок модели 3М175

Характеристики:

Размеры устанавливаемой заготовки, max, мм:

- диаметр / длина	400/2800
-------------------	----------

Размеры шлифования, max, мм:

- диаметр / длина	400/2520
-------------------	----------

Масса устанавливаемой заготовки, max, мм	1000-15
--	---------

Длина перемещения стола, тах, мм	2800
Высота центров над столом, мм	210
Класс точности по ГОСТ 8	П
Конус в шпинделе передней и пиноли задней бабок по ГОСТ 25557 Морзе	6
Конец шлифовального шпинделя по ГОСТ 2323 (конусность 1:5), мм:	
- номинальный диаметр	100h11
- диаметр опорных шеек	110f7
Размеры шлифовального круга, тах, мм:	
- диаметр наружный / внутренний	750/305
- высота	80
Частота вращения шпинделя шлифовальной бабки, мин-1	1270
Частота вращения заготовки (регулируемая бесступенчато), мин-1:	
- наибольшая	180
- наименьшая	20
Окружная скорость шлифовального круга, м/с	50
Угол поворота верхнего стола, тах, градус:	
- по час.стрелке/против час. стрелки	2 / 4
Точность цилиндрических поверхностей образца, мкм:	
-круглость в центрах	1
-круглость в патроне	1,6
Шероховатость обработанных поверхностей образцов-изделий, Ra,	
-цилиндрической наружной	0,16
Суммарная мощность эл/двигателей, кВт	26,19;

7 Расчёты режимов резания

К основным рабочим характеристикам, напрямую влияющим на процесс получения поверхностного слоя детали в процессе удаления слоя материала путём резания, относятся скорость резания, подача (заготовки или инструмента) и глубина резания. Все остальные характеристики, так или иначе, вытекают из описанных выше. В данном учебном проекте рассчитываются следующие величины: скорость резания, подача, силы, возникающие при резании и требуемая мощность для выполнения операции резания, а для фрезерования и шлифования – крутящий момент на шпинделе станка.

На некоторых переходах производится снятие припуска за несколько проходов, поэтому этот факт следует учесть. Настройка режущего инструмента на обработку производится по среднему значению фактического припуска. Методика расчетов представлена в источнике [6, стр. 261-300]. Логичнее будет начать рассматривать последовательно каждый переход, двигаясь от принятого размера проката заготовки на токарной операции.

Далее в пояснительной записке изложен последовательный расчёт режимов резания для двух токарных операций. Там, где удаление напуска происходит за несколько проходов, напуск разбивается на проходы и расчёт производится на черновой операции для более грубого значения припуска. Для удобства чтения расчёт режимов резания разделён по блокам: в первом блоке подсчитываются режимы резания для черновой обработки, потом на чистовом проходе контурного точения, далее по маршруту обрабатываются шпоночные пазы и завершать расчёты будут параметры резания при шлифовании. В последнем пункте будет произведён расчёт для заготовительной операции.

7.1 Расчёт режимов резания при точении

Инструмент для черновой обработки: резец проходной с квадратной пластиной по ГОСТ 24247-80. Материал и параметры режущей части Т15К6 $\varphi = 90^\circ$, $\gamma = 10^\circ$, $\lambda = 0^\circ$, $\alpha = 10^\circ$, $r = 1.0$ мм.

Инструмент для чистовой обработки: проходной с ромбической пластиной по ГОСТ 24247-80. Материал и параметры режущей части Т15К6 $\varphi = 90^\circ$, $\gamma = 10^\circ$, $\lambda = 0^\circ$, $\alpha = 10^\circ$, $r = 1.0$ мм.

Скорость резания при наружном точении из [6, стр. 265]:

$$v = \frac{C_v}{T^{m_t} s^x y} K_v, \text{ м/мин} \quad (1)$$

где C_v, m, x, y - коэффициенты из [6, 269 табл. 17];

T - период стойкости инструмента, мин; для токарных операций $T = 20 \text{ мин}$;

t - глубина резания, мм;

s - подача, мм/об.

K_v - произведение коэффициентов, то есть

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{uv} \quad (2);$$

K_{mv} - коэффициент, учитывающий материал заготовки из [6, стр. 261-263 табл. 1-4];

K_{nv} - коэффициент, учитывающий состояние поверхности из [6, стр. 263 табл. 5];

K_{uv} - коэффициент, учитывающий материал инструмента из [6, стр. 263 табл. 6].

Из [6, стр. 261-263 табл. 1-6]:

$$K_{mv} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (3)$$

где σ_B - предел выносливости материала, МПа;

K_T - коэффициент, характеризующий группу обрабатываемости из [6, стр. 262 табл. 2];

n_v - показатель степени для группы обрабатываемости материалов из [6, стр. 262 табл. 2].

Силу резания принято раскладывать на составляющие силы, направленные по осям координат станка (тангенциальную P_z , радиальную P_y и осевую P_x). В данной работе будет рассчитана сила P_z , с дальнейшей целью определения затрачиваемой мощности N . Сила резания рассчитывается по формуле из [6, стр. 271]:

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p, \text{ Н (4)}$$

где C_p - постоянный коэффициент;

K_p - поправочный коэффициент, который находится как:

$$K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}, \text{ (5)}$$

Коэффициент K_{rp} не учитывается, так как обработка происходит твёрдым сплавом. Численные значения коэффициентов, входящих в формулу (5),

даны в [6, стр. 264-265, 275]. $K_{mp} = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^n$. При обработке конструкционной

стали твёрдым сплавом $n = 0.75$, то есть $K_{mp} = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^n = \left(\frac{690}{750} \right)^{0.75} = 0.94$.

Мощность резания рассчитывается по формуле из [6, стр. 271]:

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт (6).}$$

7.1.1 Расчёт режимов резания на черновых переходах токарных операций

а) Точение заготовки с проката до диаметра $\varnothing 50 h14_{-0.62} \text{ мм}$ напроход по маршруту операция 010, переход 3.

Здесь удаление напуска происходит за один проход, после чего не предусматривается чистовая обработка данного участка. Напуск на

обработку из пункта 4.2 $2z_{D01}^{\phi} = 2_{-0,7}^{+1,02} \text{ мм}$, где $z_{D01}^{\phi} = 1_{-0,35}^{+0,51} \text{ мм}$ и $z_{D01}^c = 1,08 \text{ мм}$, фактически $t = z_{D01}^c = 1,08 \text{ мм}$

По рекомендациям из [6, стр. 266 табл. 11] подача $s = 0,9 \text{ мм/об}$. Инструментальный материал резца Т15К6, назначим по [6, 269 табл. 17] в зависимости от подачи:

$$C_v = 340 \quad m = 0,20 \quad x = 0,15 \quad y = 0,45$$

$\sigma_B = 690 \text{ МПа}$ для Стали 45;

$K_{\Gamma} = 1,0$ для материала резца из твёрдого сплава;

$n_v = 1,0$

Подставим в (3):

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1,0 \left(\frac{750}{690} \right)^{1,0} = 1,087.$$

Назначаем коэффициенты:

$K_{nv} = 1,0$ без корки;

$K_{uv} = 1,0$

Подставляем в формулу (2): $K_v = K_{mv} K_{nv} K_{uv} = 1,087 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,087$.

Подставляем в (1):

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{340}{20^{0,20} \cdot 1,08^{0,15} \cdot 0,9^{0,45}} 1,087 = \frac{340}{1,82 \cdot 1,01 \cdot 0,95} 1,087 = 211,64 \text{ м/мин}.$$

Необходимая частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d}, \quad (4)$$

где d - обрабатываемый диаметра заготовки, мм.

Все значения найдены, подставляем в (4):

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 211,64}{3,14 \cdot 52} = 1531 \text{ мин}^{-1}$$

Так как станок имеет бесступенчатое регулирование скоростей, то принимаем фактическое число оборотов:

$$n = 1530 \text{ мин}^{-1}$$

Тогда действительная скорость резания с учётом $n = 1530 \text{ мин}^{-1}$:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 52 \cdot 1530}{1000} = 211.38 \text{ м / мин}.$$

Назначим коэффициенты и рассчитаем поправочный коэффициент K_p :

$$K_p = 0.94 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 0.94.$$

Найдём силу резания, подставив значения в:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1.08^{1.0} \cdot 0.9^{0.75} \cdot 211.38^{-0.15} \cdot 0.94 = 3240 \cdot 0.92 \cdot 0.45 = 1341 \text{ Н}.$$

Тогда мощность, необходимая на черновое точение:

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{1341 \cdot 211.38}{61200} = 4.63 \text{ кВт}.$$

Выбранный в разделе 6 токарный станок обеспечит необходимую мощность.

б) Черновое точение ступени вала на диаметре $\varnothing 44,1_{-0.24}^{-0.08} \text{ мм}$ по маршруту операция 010, переход 6.

Здесь удаление напуска производится за 1 проход, после чего будет произведено чистовое точение и шлифование. Напуск на обработку из пункта 4.3.1:

$$2z_{D12} = 5_{-0.7}^{+0.6} \text{ мм}, z_{D12} = 2.5_{-0.35}^{+0.3} \text{ мм} \text{ и } z_{D12}^c = 2.525 \text{ мм}, \text{ фактически } t = z_{D12}^c = 2.525 \text{ мм}$$

По рекомендациям из [6, стр. 266 табл. 11] подача $s = 0.8 \text{ мм / об}$. Инструментальный материал резца Т15К6, назначим по [6, 269 табл. 17] в зависимости от подачи:

$$C_v = 340 \quad m = 0.20 \quad x = 0.15 \quad y = 0.45$$

$$\sigma_B = 690 \text{ МПа для Стали 45};$$

$$K_\Gamma = 1.0 \text{ для материала резца из твёрдого сплава};$$

$$n_v = 1.0$$

Подставим в (3):

$$K_{mv} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1.0 \left(\frac{750}{690} \right)^{1.0} = 1.087.$$

Назначаем коэффициенты:

$$K_{nv} = 1.0 \text{ без корки};$$

$$K_{uv} = 1.0$$

Подставляем в формулу (2): $K_v = K_{mv}K_{nv}K_{uv} = 1.087 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 1.087$.

Подставляем в (1):

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{340}{20^{0.20} \cdot 4.925^{0.15} \cdot 0.8^{0.45}} 1.087 = \frac{340}{1.82 \cdot 1.23 \cdot 0.90} 1.087 = 182.53 \text{ м / мин.}$$

Все значения найдены, подставляем в (4):

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 182.53}{3.14 \cdot 45} = 1384 \text{ мин}^{-1}$$

Так как станок имеет бесступенчатое регулирование скоростей, то принимаем фактическое число оборотов:

$$n = 1380 \text{ мин}^{-1}$$

Тогда действительная скорость резания с учётом $n = 1380 \text{ мин}^{-1}$:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 45 \cdot 1380}{1000} = 182 \text{ м / мин.}$$

Назначим коэффициенты и рассчитаем поправочный коэффициент K_p :

$$K_p = 0.94 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 0.94.$$

Найдём силу резания, подставив значения в:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 4.925^{1.0} \cdot 0.8^{0.75} \cdot 182^{-0.15} \cdot 0.94 = 11775 \cdot 0.85 \cdot 0.46 = 4604 \text{ Н.}$$

Тогда мощность, необходимая на черновое точение:

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{4604 \cdot 182}{61200} = 13.69 \text{ кВт.}$$

Выбранный в разделе 6 токарный станок обеспечит необходимую мощность.

в) Черновое точение ступени вала на диаметре $\varnothing 38_{+0.3}^{+0.5} \text{ мм}$ по маршруту операция 010, переход 7.

Здесь удаление напуска производится за 1 проход, после чего будет произведена чистовое точение и шлифование. Напуск на обработку из пункта 4.3.2:

$2z_{D13} = 9 \pm 0.2 \text{ мм}$, $z_{D13} = 31.5 \pm 0.1 \text{ мм}$ и $z^c_{D13} = 3 \text{ мм}$, что фактически $t = z_{D13} = 3 \text{ мм}$.

По рекомендациям из [6, стр. 266 табл. 11] подача $s = 0.5 \text{ мм/об}$. Инструментальный материал резца Т15К6, назначим по [6, 269 табл. 17] в зависимости от подачи:

$$C_v = 310 \quad m = 0.20 \quad x = 0.15 \quad y = 0.35$$

$\sigma_B = 690 \text{ МПа}$ для Стали 45;

$K_\Gamma = 1.0$ для материала резца из твёрдого сплава;

$n_v = 1.0$

Подставим в (3):

$$K_{mv} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1.0 \left(\frac{750}{690} \right)^{1.0} = 1.087.$$

Назначаем коэффициенты:

$K_{nv} = 1.0$ без корки;

$K_{uv} = 1.0$

Подставляем в формулу (2): $K_v = K_{mv} K_{nv} K_{uv} = 1.087 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 1.087$.

Подставляем в (1):

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{310}{20^{0.20} \cdot 3^{0.15} \cdot 0.5^{0.35}} 1.087 = \frac{310}{1.82 \cdot 1.06 \cdot 0.78} 1.087 = 223.9 \text{ м/мин}.$$

Все значения найдены, подставляем в (4):

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 223.9}{3.14 \cdot 39} = 2037 \text{ мин}^{-1}$$

Так как станок имеет бесступенчатое регулирование скоростей, то принимаем фактическое число оборотов:

$$n = 2030 \text{ мин}^{-1}$$

Тогда действительная скорость резания с учётом $n = 2030 \text{ мин}^{-1}$:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 39 \cdot 2030}{1000} = 223.1 \text{ м/мин}.$$

Назначим коэффициенты и рассчитаем поправочный коэффициент K_p :

$$K_p = 0.94 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 0.94.$$

Найдём силу резания, подставив значения в:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 3^{1.0} \cdot 0.5^{0.75} \cdot 223.1^{-0.15} \cdot 0.94 = 4500 \cdot 0.59 \cdot 0.44 = 1168 \text{ Н}.$$

Тогда мощность, необходимая на черновое точение:

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{1168 \cdot 223.1}{61200} = 4.25 \text{ кВт}.$$

г) Черновое точение ступени вала на диаметре $\varnothing 30_{+0.6}^{+0.4} \text{ мм}$ по маршруту операция 010, переход 8.

Здесь удаление напуска производится за 1 проход, после чего будет произведено чистовое точение и шлифование. Напуск на обработку из пункта 4.3.3:

$$2z_{D14} = 8 \pm 0.2 \text{ мм}, z_{D14} = 4 \pm 0.1 \text{ мм} \text{ и } z_{D14}^c = 4 \text{ мм}, \text{ фактически } t = z_{D14}^c = 4 \text{ мм}$$

По рекомендациям из [6, стр. 266 табл. 11] подача $s = 0.5 \text{ мм/об}$. Инструментальный материал резца Т15К6, назначим по [6, 269 табл. 17] в зависимости от подачи:

$$C_v = 310 \quad m = 0.20 \quad x = 0.15 \quad y = 0.35$$

$$\sigma_B = 690 \text{ МПа для Стали 45};$$

$$K_\Gamma = 1.0 \text{ для материала резца из твёрдого сплава};$$

$$n_v = 1.0$$

Подставим в (3):

$$K_{mv} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1.0 \left(\frac{750}{690} \right)^{1.0} = 1.087.$$

Назначаем коэффициенты:

$$K_{nv} = 1.0 \text{ без корки};$$

$$K_{uv} = 1.0$$

$$\text{Подставляем в формулу (2): } K_v = K_{mv} K_{nv} K_{uv} = 1.087 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 1.087.$$

Подставляем в (1):

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{310}{20^{0.20} \cdot 4^{0.15} \cdot 0.5^{0.35}} 1.087 = \frac{310}{1.82 \cdot 0.99 \cdot 0.78} 1.087 = 239.2 \text{ м/мин}.$$

Все значения найдены, подставляем в (4):

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 239.2}{3.14 \cdot 31} = 2380_{мин}^{-1}$$

Назначим коэффициенты и рассчитаем поправочный коэффициент K_p :

$$K_p = 0.94 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 0.94.$$

Найдём силу резания, подставив значения в:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 4^{1.0} \cdot 0.5^{0.75} \cdot 239.2^{-0.15} \cdot 0.94 = 2850 \cdot 0.59 \cdot 0.44 = 740 H.$$

Тогда мощность, необходимая на черновое точение:

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{740 \cdot 239.2}{61200} = 2.89_{кВт}.$$

Выбранный в разделе 6 токарный станок обеспечит необходимую мощность.

Вторая токарная операция:

д) Черновое точение ступени вала на диаметре $\varnothing 44,1_{-0.24}^{-0.08} мм$ по маршруту операция 010, переход 6.

Здесь удаление напуска производится за 1 проход, после чего будет произведено чистовое точение и шлифование. Напуск на обработку из пункта 4.3.1:

$$2z_{D12} = 5_{-0.7}^{+0.6} мм, z_{D12} = 2.5_{-0.35}^{+0.3} мм \text{ и } z^c_{D12} = 2.525 мм, \text{ фактически } t = z^c_{D12} = 2.525 мм$$

По рекомендациям из [6, стр. 266 табл. 11] подача $s = 0.8 мм/об$. Инструментальный материал резца Т15К6, назначим по [6, 269 табл. 17] в зависимости от подачи:

$$C_v = 340 \quad m = 0.20 \quad x = 0.15 \quad y = 0.45$$

$$\sigma_B = 690 МПа \text{ для Стали 45;}$$

$$K_\Gamma = 1,0 \text{ для материала резца из твёрдого сплава;}$$

$$n_v = 1,0$$

Подставим в (3):

$$K_{mv} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1.0 \left(\frac{750}{690} \right)^{1.0} = 1.087.$$

Назначаем коэффициенты:

$K_{nv} = 1.0$ без корки;

$K_{uv} = 1.0$

Подставляем в формулу (2): $K_v = K_{mv} K_{nv} K_{uv} = 1.087 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 1.087$.

Подставляем в (1):

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{340}{20^{0.20} \cdot 4.925^{0.15} \cdot 0.8^{0.45}} 1.087 = \frac{340}{1.82 \cdot 1.23 \cdot 0.90} 1.087 = 182.53 \text{ м / мин.}$$

Все значения найдены, подставляем в (4):

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 182.53}{3.14 \cdot 45} = 1384 \text{ мин}^{-1}$$

Так как станок имеет бесступенчатое регулирование скоростей, то принимаем фактическое число оборотов:

$$n = 1380 \text{ мин}^{-1}$$

Тогда действительная скорость резания с учётом $n = 1380 \text{ мин}^{-1}$:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 45 \cdot 1380}{1000} = 182 \text{ м / мин.}$$

Назначим коэффициенты и рассчитаем поправочный коэффициент K_p :

$$K_p = 0.94 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 0.94.$$

Найдём силу резания, подставив значения в:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 4.925^{1.0} \cdot 0.8^{0.75} \cdot 182^{-0.15} \cdot 0.94 = 11775 \cdot 0.85 \cdot 0.46 = 4604 \text{ Н.}$$

Тогда мощность, необходимая на черновое точение:

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{4604 \cdot 182}{61200} = 13.69 \text{ кВт.}$$

Выбранный в разделе 6 токарный станок обеспечит необходимую мощность.

е) Черновое точение ступени вала на диаметре $\varnothing 38^{+0.5}_{+0.3} \text{ мм}$ по маршруту операция 2 0, переход 4.

Здесь удаление напуска производится за 1 проход, после чего будет произведена чистовое точение и шлифование. Напуск на обработку из пункта 4.3.2:

$$2z_{D13} = 9 \pm 0.2 \text{ мм}, z_{D13} = 31.5 \pm 0.1 \text{ мм} \text{ и } z^c_{D13} = 3 \text{ мм}, \text{ что фактически } t = z_{D13} = 3 \text{ мм.}$$

По рекомендациям из [6, стр. 266 табл. 11] подача $s = 0.5 \text{ мм/об}$.
Инструментальный материал резца Т15К6, назначим по [6, 269 табл. 17] в зависимости от подачи:

$$C_v = 310 \quad m = 0.20 \quad x = 0.15 \quad y = 0.35$$

$\sigma_B = 690 \text{ МПа}$ для Стали 45;

$K_\Gamma = 1.0$ для материала резца из твёрдого сплава;

$$n_v = 1.0$$

Подставим в (3):

$$K_{mv} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1.0 \left(\frac{750}{690} \right)^{1.0} = 1.087.$$

Назначаем коэффициенты:

$K_{nv} = 1.0$ без корки;

$$K_{uv} = 1.0$$

Подставляем в формулу (2): $K_v = K_{mv} K_{nv} K_{uv} = 1.087 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 1.087$.

Подставляем в (1):

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{310}{20^{0.20} \cdot 3^{0.15} \cdot 0.5^{0.35}} 1.087 = \frac{310}{1.82 \cdot 1.06 \cdot 0.78} 1.087 = 223.9 \text{ м/мин}.$$

Все значения найдены, подставляем в (4):

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 223.9}{3.14 \cdot 39} = 2037 \text{ мин}^{-1}$$

Так как станок имеет бесступенчатое регулирование скоростей, то принимаем фактическое число оборотов:

$$n = 2030 \text{ мин}^{-1}$$

Тогда действительная скорость резания с учётом $n = 2030 \text{ мин}^{-1}$:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 39 \cdot 2030}{1000} = 223.1 \text{ м/мин}.$$

Назначим коэффициенты и рассчитаем поправочный коэффициент K_p :

$$K_p = 0.94 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 0.94.$$

Найдём силу резания, подставив значения в:

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 3^{1.0} \cdot 0.5^{0.75} \cdot 223.1^{-0.15} \cdot 0.94 = 4500 \cdot 0.59 \cdot 0.44 = 1168 \text{ Н}.$$

Тогда мощность, необходимая на черновое точение:

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{1168 \cdot 223.1}{61200} = 4.25 \text{ кВт}.$$

Выбранный в разделе 6 токарный станок обеспечит необходимую мощность.

ж) Черновое точение ступени вала на диаметре $\varnothing 30^{+0.6}_{+0.4} \text{ мм}$ по маршруту операция 010, переход 8.

Здесь удаление напуска производится за 1 проход, после чего будет произведено чистовое точение и шлифование. Напуск на обработку из пункта 4.3.3:

$$2z_{D14} = 8 \pm 0.2 \text{ мм}, z_{D14} = 4 \pm 0.1 \text{ мм} \text{ и } z^c_{D14} = 4 \text{ мм}, \text{ фактически } t = z^c_{D14} = 4 \text{ мм}$$

По рекомендациям из [6, стр. 266 табл. 11] подача $s = 0.5 \text{ мм/об}$. Инструментальный материал резца Т15К6, назначим по [6, 269 табл. 17] в зависимости от подачи:

$$C_v = 310 \quad m = 0.20 \quad x = 0.15 \quad y = 0.35$$

$$\sigma_B = 690 \text{ МПа для Стали 45};$$

$$K_\Gamma = 1.0 \text{ для материала резца из твёрдого сплава};$$

$$n_v = 1.0$$

Подставим в (3):

$$K_{mv} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1.0 \left(\frac{750}{690} \right)^{1.0} = 1.087.$$

Назначаем коэффициенты:

$$K_{nv} = 1.0 \text{ без корки};$$

$$K_{uv} = 1.0$$

$$\text{Подставляем в формулу (2): } K_v = K_{mv} K_{nv} K_{uv} = 1.087 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 1.087.$$

Подставляем в (1):

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{310}{20^{0.20} \cdot 4^{0.15} \cdot 0.5^{0.35}} 1.087 = \frac{310}{1.82 \cdot 0.99 \cdot 0.78} 1.087 = 239.2 \text{ м/мин}.$$

Все значения найдены, подставляем в (4):

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 239.2}{3.14 \cdot 31} = 2380_{мин}^{-1}$$

Назначим коэффициенты и рассчитаем поправочный коэффициент K_p :

$$K_p = 0.94 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 0.94.$$

Найдём силу резания, подставив значения в:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 4^{1.0} \cdot 0.5^{0.75} \cdot 239.2^{-0.15} \cdot 0.94 = 2850 \cdot 0.59 \cdot 0.44 = 740 H.$$

Тогда мощность, необходимая на черновое точение:

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{740 \cdot 239.2}{61200} = 2.89_{кВт}.$$

Выбранный в разделе 6 токарный станок обеспечит необходимую мощность.

Выбранный в разделе 6 токарный станок обеспечит необходимую мощность.

Так как обработка будет производиться по заранее подготовленной программе в автоматическом режиме, то изменения в значениях скоростей, подач и глубин резания вносятся непосредственно в программный код управляющей программы, с учётом тех рекомендаций, что рассчитаны и изложены выше.

7.1.2 Расчёт режимов резания на чистовых переходах токарных операций

Кардинальное отличие чистовой обработки от черновой заключается в ряде особенностей, которые необходимо учитывать при расчёте режимов резания. Подача выбирается значительно меньше по величине, с целью обеспечения требуемого качества обрабатываемой поверхности после чистового точения, а вот скорость резания наоборот повышают. Алгоритм расчётов аналогичен последовательности расчетов режимов резания как при черновом точении.

Так как происходит чистовая контурная обработка на токарном станке с ЧПУ, то на каждой обрабатываемой ступени вала по программе можно менять значение частоты вращения заготовки и подачи инструмента, Технологу программисту следует учитывать тот факт, что при переходе на точении следующей ступени и увеличении скорости вращения шпинделя, инструменту необходимо задать временную остановку, пока станок не разгонится до нужной частоты вращения, а потом производить точение по программе. По чертежу детали задано, что наименьшее значение шероховатости $Ra=0,8$. Из [6, стр. 268 табл. 14] будет выбраться значение подачи для достижения требуемой шероховатости.

а) Чистовое точение ступени вала на диаметре $\varnothing 30^{+0,6}_{+0,4} \text{ мм}$ по маршруту операция 010, переход 9, 020 переход 11.

Здесь удаление напуска производиться за 1 проход, после чего будет произведено шлифование. Напуск на обработку из пункта 4.3.1:

$$2z^c_{D18} = 0.67 \text{ мм}, \text{ фактически на сторону } t = z^c_{D18} = z^c_{D2.12} = 0.335 \text{ мм}.$$

По рекомендациям из [6, стр. 268 табл. 14] для шероховатости $Ra=0,8$ и радиуса при вершине резца $r=1,0 \text{ мм}$ подача $s=0.12 \text{ мм/об}$. Инструментальный материал резца Т15К6, назначим по [6, 269 табл. 17] в зависимости от подачи:

$$C_v = 420 \quad m = 0.20 \quad x = 0.15 \quad y = 0.10$$

$$\sigma_B = 690 \text{ МПа для Стали 45};$$

$$K_{\Gamma} = 1,0 \text{ для материала резца из твёрдого сплава};$$

$$n_v = 1,0$$

Подставим в (3):

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1.0 \left(\frac{750}{690} \right)^{1.0} = 1.087.$$

Назначаем коэффициенты:

$$K_{nv} = 1.0 \text{ без корки};$$

$$K_{uv} = 1.0$$

Подставляем в формулу (2): $K_v = K_{mv} K_{nv} K_{uv} = 1.087 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 1.087$.

Подставляем в (1):

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{420}{20^{0.20} \cdot 0.335^{0.15} \cdot 0.12^{0.10}} \cdot 1.087 = \frac{420}{1.82 \cdot 0.85 \cdot 0.81} \cdot 1.087 = 364 \text{ м/мин}.$$

Все значения найдены, подставляем в (4):

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 364}{3.14 \cdot 30} = 3312 \text{ мин}^{-1}$$

Так как станок имеет бесступенчатое регулирование скоростей, то принимаем фактическое число оборотов:

$$n = 3310 \text{ мин}^{-1}$$

Тогда действительная скорость резания с учётом $n = 3310 \text{ мин}^{-1}$:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 35 \cdot 3310}{1000} = 363 \text{ м/мин}.$$

Назначим коэффициенты и рассчитаем поправочный коэффициент K_p :

$$K_p = 0.94 \cdot 0.89 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 0.84.$$

Найдём силу резания, подставив значения в:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0.335^{1.0} \cdot 0.12^{0.75} \cdot 363^{-0.15} \cdot 0.84 = 994.7 \cdot 0.20 \cdot 0.41 = 77 \text{ Н}.$$

Тогда мощность, необходимая на чистовое точение:

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{77 \cdot 363}{61200} = 0.46 \text{ кВт}.$$

б) Чистовое точение ступени вала на диаметре $\varnothing 38_{+0.3}^{+0.5} \text{ мм}$ по маршруту операция 010, переход 9, 020 переход 11.

Здесь удаление напуска производится за 1 проход, после чего будет произведено шлифование. Напуск на обработку из пункта 4.3.2:

$2z^c_{D17} = 0.67 \text{ мм}$, фактически $t = z^c_{D17} = 0.335 \text{ мм}$. Значение припуска на обработку на данной ступени численно равно $z^c_{D17} = z^c_{D2.11} = 0.335 \text{ мм}$, поэтому при прочих равных условиях таких, как геометрические параметры резца, значения режимов резания будут неизменны, поэтому режимы идентичные из предыдущего подпункта, но с учётом изменения обрабатываемого диаметра:

Число оборотов $n = 3620 \text{ мин}^{-1}$;

Фактическая скорость резания $v = 363 \text{ м/мин}$;

Сила резания $P_z = 77 \text{ Н}$;

Мощность $N = 0.46 \text{ кВт}$.

в) Чистовое точение ступени вала на диаметре $\varnothing 44,1_{-0.24}^{+0.08} \text{ мм}$ по маршруту операция 010, переход 9, 020 переход 11.

Здесь удаление напуска производиться за 1 проход, после чего будет произведено шлифование. Напуск на обработку из пункта 4.3.3:

$2z^c_{D16} = 0.67 \text{ мм}$, фактически $t = z^c_{D16} = 0.335 \text{ мм}$. Значение припуска на обработку на данной ступени численно равно $z^c_{D16} = z^c_{D16} = z^c_{D2.10} = 0.335 \text{ мм}$, поэтому при прочих равных условиях таких, как геометрические параметры резца, значения режимов резания будут неизменны, поэтому режимы идентичные из предыдущего подпункта, но с учётом изменения обрабатываемого диаметра:

Число оборотов $n = 3860 \text{ мин}^{-1}$;

Фактическая скорость резания $v = 363 \text{ м/мин}$;

Сила резания $P_z = 77 \text{ Н}$;

Мощность $N = 0.46 \text{ кВт}$.

г) Чистовое точение ступени вала на диаметре $\varnothing 50 h14_{-0.62} \text{ мм}$ по маршруту операция 010, переход 9.,

Здесь удаление напуска производиться за 1 проход, после чего будет произведено шлифование. Напуск на обработку из пункта 4.4.1:

$2z^c_{D15} = 0.36 \text{ мм}$, фактически на сторону $t = z^c_{D15} = 0.18 \text{ мм}$.

По рекомендациям из [6, стр. 268 табл. 14] для шероховатости $Ra=0,8$ и радиуса при вершине резца $r=1,0 \text{ мм}$ подача $s = 0.12 \text{ мм/об}$. Инструментальный материал резца Т15К6, назначим по [6, 269 табл. 17] в зависимости от подачи:

$$C_v = 420 \quad m = 0.20 \quad x = 0.15 \quad y = 0.10$$

$\sigma_B = 690 \text{ МПа}$ для Стали 45;

$K_\Gamma = 1,0$ для материала резца из твёрдого сплава;

$$n_\nu = 1,0$$

Подставим в (3):

$$K_{\mu\nu} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_\nu} = 1,0 \left(\frac{750}{690} \right)^{1,0} = 1,087.$$

Назначаем коэффициенты:

$$K_{n\nu} = 1,0 \text{ без корки};$$

$$K_{u\nu} = 1,0$$

$$\text{Подставляем в формулу (2): } K_\nu = K_{\mu\nu} K_{n\nu} K_{u\nu} = 1,087 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,087.$$

Подставляем в (1):

$$\nu = \frac{C_\nu}{T^m t^x s^y} K_\nu = \frac{420}{20^{0,20} \cdot 0,18^{0,15} \cdot 0,12^{0,10}} 1,087 = \frac{420}{1,82 \cdot 0,77 \cdot 0,81} 1,087 = 402 \text{ м/мин}.$$

Все значения найдены, подставляем в (4):

$$n = \frac{1000 \cdot \nu}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 402}{3,14 \cdot 50} = 3657 \text{ мин}^{-1}$$

Так как станок имеет бесступенчатое регулирование скоростей, то принимаем фактическое число оборотов:

$$n = 3650 \text{ мин}^{-1}$$

Тогда действительная скорость резания с учётом $n = 3650 \text{ мин}^{-1}$:

$$\nu = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 3650}{1000} = 801 \text{ м/мин}.$$

Назначим коэффициенты и рассчитаем поправочный коэффициент K_p :

$$K_p = 0,94 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,84.$$

Найдём силу резания, подставив значения в:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y \nu^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,18^{1,0} \cdot 0,12^{0,75} \cdot 401^{-0,15} \cdot 0,84 = 453,6 \cdot 0,20 \cdot 0,41 = 370 \text{ Н}.$$

Тогда мощность, необходимая на черновое точение:

$$N = \frac{P_z \nu}{1020 \cdot 60} = \frac{370 \cdot 801}{61200} = 1,24 \text{ кВт}.$$

д) Чистовое точение ступени вала на диаметре $\varnothing 28^{+0.3}_{+0.5} \text{ мм}$ по маршруту операция 020, переход 11.

Здесь удаление напуска производиться за 1 проход, после чего будет произведено шлифование. Напуск на обработку из пункта 4.4.2:

$2z^c_{D2.13} = 0.36 \text{ мм}$, фактически $t = z^c_{D2.13} = 0.18 \text{ мм}$. Значение припуска на обработку на данной ступени численно равно $z^c_{D2.13} = 0.18 \text{ мм}$, поэтому при прочих равных условиях таких, как геометрические параметры резца, значения режимов резания будут неизменны, поэтому режимы идентичные из предыдущего подпункта, но с учётом изменения обрабатываемого диаметра:

Частота вращения $n = 4000 \text{ мин}^{-1}$;

Фактическая скорость резания $v = 401 \text{ м/мин}$;

Сила резания $P_z = 77 \text{ Н}$;

Мощность $N = 0.46 \text{ кВт}$.

е) Чистовое точение ступени вала на диаметре $\varnothing 26,85_{-0.26} \text{ мм}$ по маршруту операция 020, переход 11.

Здесь удаление напуска производиться за 1 проход, после чего будет произведено шлифование. Напуск на обработку из пункта 4.4.3:

$2z^c_{D2.14} = 0.36 \text{ мм}$, фактически $t = z^c_{D2.14} = 0.18 \text{ мм}$. Значение припуска на обработку на данной ступени численно равно $z^c_{D2.14} = z^c_{D2.14} = 0.18 \text{ мм}$, поэтому при прочих равных условиях таких, как геометрические параметры резца, значения режимов резания будут неизменны, поэтому режимы идентичные из предыдущего подпункта, но с учётом изменения обрабатываемого диаметра:

Число оборотов $n = 4270 \text{ мин}^{-1}$;

Фактическая скорость резания $v = 401 \text{ м/мин}$;

Сила резания $P_z = 77 \text{ Н}$;

Мощность $N = 0.46 \text{ кВт}$.

Точение фасок будет производиться токарным резцом с углов в плане 45^0 после того, как произведена чистовая обработка. Частота вращения заготовки принимается равной последней частоте вращения с контурной чистовой обработки.

Из расчётов следует, то, что контурная обработка по программе на станке с ЧПУ будет производиться по полученным расчётным данным. Есть два пути решения при создании программы контурного точения: в одном из них в листе кода программы в ручную прописываются все численные значения чисел оборотов шпинделя с заготовкой, что увеличивает время на написание управляющей программы, а во втором случае лишь указывается необходимая скорость резания, а в данном случае он постоянная на каждом из участка, и математический аппарат модуля программы при постоянной скорости резания автоматически подгоняет под нужное число оборотов станок.

7.1.3 Расчёт режимов резания при подрезке торцев

На первой и на второй токарных операциях происходит подрезка торцев, с целью последующего сверления центровых отверстий. Центровые отверстия нужны прежде всего для обеспечения надёжной установки заготовки на станке, т.к. при одностороннем зажатии в кулачковом патроне неизбежно вал будет испытывать значительное по величине напряжения от создаваемого момента от силы резания (схема нагружения вала без поджатия центром подобна балке с односторонним защемлением), что отрицательно скажется на точности обработки изделия.

Расчёт режимов резания для подрезки торцев производиться по рекомендациям из [7, стр. 237, 242-244 табл. 26, 36-37].

Глубина резания на отрезании первого торца $t = z_{11}^c = 1.02 \text{ мм}$. Назначим подачу исходя из рекомендуемых данных по [7, стр. 237 табл. 26] $s = 0.30 \text{ мм/об}$.

Скорость резания по [7, стр. 240]:

$$v = v_T \cdot K_v, \text{ м/мин} \quad (7)$$

где v_T - табличное значение скорости резания, м/мин;

$$K_v = K_{vm} K_{vi} K_{v\varphi} K_{vm} K_{vж} K_{\varphi n} K_{vo}, \quad (8)$$

здесь K_{vm} - коэффициент обрабатываемости материала заготовки;

K_{vi} - коэффициент, учитывающий свойства материала инструмента;

$K_{v\varphi}$ - коэффициент, учитывающий влияние угла в плане;

K_{vm} - коэффициент, учитывающий вид обработки, $K_{vз}$ для поперечного точения;

$K_{vж}$ - коэффициент, учитывающий жёсткость технологической системы;

$K_{\varphi n}$ - коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности;

K_{vo} - коэффициент, учитывающий влияние СОЖ.

Из [7, стр. 243 табл. 36] при значении подачи $s = 0.30 \text{ мм/об}$ и глубине резания $t = 1.02 \text{ мм}$ выбираем $v_T = 242 \text{ м/мин}$. Все необходимые коэффициенты выбираются из [7, стр. 244 табл. 37] и подставляем в формулу (8):

$$K_v = K_{vm} K_{vi} K_{v\varphi} K_{vm} K_{vж} K_{\varphi n} K_{vo} = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 0.5 \cdot 0.53 \cdot 1.0 \cdot 0.8 = 0.212$$

Учитывая всё вышеизложенное, подставляем в формулу (7):

$$v = v_T \cdot K_v = 242 \cdot 0.212 = 51 \text{ м/мин}.$$

Тогда частота вращения заготовки:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 51}{3.14 \cdot 52} = 370 \text{ мин}^{-1}.$$

Найдём силу резания, подставив значения в:

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,02^{1.0} \cdot 0,30^{0.75} \cdot 51^{-0.15} \cdot 0,84 = 2570 \cdot 0,41 \cdot 0,55 = 580H.$$

Тогда мощность, необходимая на черновое точение:

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{580 \cdot 51}{61200} = 0,48 кВт.$$

Глубина резания на отрезании второго торца $t = z_{31}^c = 1,125 мм$. Назначим подачу исходя из рекомендуемых данных по [7, стр. 237 табл. 26] $s = 0,30 мм/об$.

Скорость резания по [7, стр. 240]:

$$v = v_T \cdot K_v, м/мин \quad (7)$$

где v_T - табличное значение скорости резания, м/мин;

$$K_v = K_{vm} K_{vi} K_{v\phi} K_{vm} K_{vj} K_{\phi n} K_{vo}, \quad (8)$$

здесь K_{vm} - коэффициент обрабатываемости материала заготовки;

K_{vi} - коэффициент, учитывающий свойства материала инструмента;

$K_{v\phi}$ - коэффициент, учитывающий влияние угла в плане;

K_{vm} - коэффициент, учитывающий вид обработки, $\hat{E}_{v1}$ для поперечного точения;

K_{vj} - коэффициент, учитывающий жёсткость технологической системы;

$K_{\phi n}$ - коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности;

K_{vo} - коэффициент, учитывающий влияние СОЖ.

Из [7, стр. 243 табл. 36] при значении подачи $s = 0,30 мм/об$ и глубине резания $t = 1,125 мм$ выбираем $v_T = 242 м/мин$. Все необходимые коэффициенты выбираются из [7, стр. 244 табл. 37] и подставляем в формулу (8):

$$\hat{E}_v = \hat{E}_{vi} \hat{E}_{v\phi} \hat{E}_{vm} \hat{E}_{vj} \hat{E}_{\phi n} \hat{E}_{vo} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,45 \cdot 0,53 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 0,61$$

Учитывая всё вышеизложенное, подставляем в формулу (7):

$$v = v_T \cdot K_v = 242 \cdot 0,61 = 150 м/мин.$$

Тогда частота вращения заготовки:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 150}{3.14 \cdot 52} = 1085_{мин}^{-1}.$$

Найдём силу резания, подставив значения в:

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,02^{1,0} \cdot 0,30^{0,75} \cdot 150^{-0,15} \cdot 0,84 = 2570 \cdot 0,47 \cdot 0,55 = 600H.$$

Тогда мощность, необходимая на черновое точение:

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{600 \cdot 150}{61200} = 1,47_{кВт}.$$

Фактически одинаковые режимы резания при обработке торцев, исключении составляют только значения глубины резания и то не значительно.

На токарной операции 010 переходе 15 производится точение канавок канавочным резцом. При ширине канавки в 3 мм изменяется подача на $s = 0,12_{мм/об}$ при той же скорости резания, что и при чистовом точении. Аналогично и для токарной операции 020 переход 8 значение подачи $s = 0,12_{мм/об}$, а скорость неизменна после чистового точения.

Стоит отметить тот факт, что при контурной обработки часть припуска будет сниматься с торцев ступеней вала. Изменять режимы обработки не рационально, поэтому при контурной обработке торцев на чистовой токарной операции частота вращения заготовки та же, что и при продольном точении. Важно здесь снять нужный слой припуска, чтобы в дальнейшем выполнить шлифование до нужных размеров окончательно.

7.2Расчёт режимов резания при фрезеровании шпоночных пазов

Инструмент для фрезерования: фреза шпоночная по ГОСТ 9140-78 с

$$z = 2, D = 8_{мм}.$$

Материал режущей части Р6М5.

Конфигурация обрабатываемой поверхности и вид оборудования определяют тип применяемой фрезы. То есть размеры фрезы определяются

размерами обрабатываемой заготовки (получаемого профиля) и глубиной срезаемого слоя. Все расчёты и выбор коэффициентов будут производиться по [6, стр. 282-292.]. Формирование шпоночного паза будет производиться по схеме с маятниковой подачей. По заданию стойкость фрезы $T = 60 \text{ мин}$.

Скорость резания, или она же окружная скорость фрезы:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v, \quad (8)$$

здесь C_v, q, m, x, y, u, p - коэффициенты из [6, стр. 286 табл. 39];

s_z - подача на зуб фрезы, мм/зуб;

B - ширина фрезерования, мм;

z - число зубьев фрезы;

D - диаметр фрезы, мм;

t - глубина фрезерования, мм;

K_v - коэффициент, состоящий из $K_v = K_{Mv} K_{Pv} K_{Iv}$, (9)

где K_{Mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала из

[6, стр. 261 табл. 1.];

K_{Pv} - коэффициент, учитывающий состояние поверхностного слоя заготовки по

[6, стр. 263 табл. 5.];

K_{Iv} - коэффициент, учитывающий материал инструмента.

Назначаем из [6, стр. 286 табл. 38]:

$$s_z = 0.12 \text{ мм/зуб}, \quad t = 0.3 \text{ мм}, \quad D = 8 \text{ мм}, \quad B = 8 \text{ мм}$$

Назначим коэффициенты, необходимые для расчётов:

$$C_v = 12, \quad q = 0.3, \quad m = 0.26, \quad x = 0.3, \quad y = 0.25, \quad p = 0, \quad u = 0$$

Из [6, стр. 261 табл. 1.]:

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (10)$$

для фрезерования $n_v = 0.9$. Тогда подставляя в (10):

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1.0 \left(\frac{750}{690} \right)^{0.9} = 1.078.$$

$K_{\Pi v} = 1.0$ для заготовки без корки и $K_{Hv} = 1.0$ для Р6М5. Подставим в формулу (9):

$$K_v = K_{Mv} K_{\Pi v} K_{Hv} = 1.078 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 1.078$$

Все параметры для расчёта скорости резания при фрезеровании найдены, подставим в (8):

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v = \frac{12 \cdot 8^{0.3}}{60^{0.26} \cdot 0.3^{0.3} \cdot 0.12^{0.25} \cdot 8^0 \cdot 2^0} \cdot 1.078 = \frac{24.14}{2.89 \cdot 0.69 \cdot 0.59 \cdot 1 \cdot 1} = 20.52 \text{ м/мин}$$

Число оборотов на шпинделе станка при данной скорости должно быть:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 20.52}{3.14 \cdot 8} = 820 \text{ мин}^{-1}.$$

При величине напуска на фрезерование шпоночного паза в размер глубины, количество проходов будет составлять 14. На последнем проходе будет сниматься припуск на величину в 0.1 мм.

Сила резания при фрезеровании рассчитывается по формуле из [6, стр. 282]:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^u z}{D^q n^w}, \quad (11)$$

где C_p, x, y, u, q, w - коэффициент и показатели степеней из [6, стр. 291 табл. 41].

Остальные данные принимаются без изменений из предыдущих расчётов.

Назначаем:

$$C_p = 68.2, \quad x = 0.86, \quad y = 0.72, \quad u = 1.0, \quad q = 0.86, \quad w = 0.$$

Подставим в формулу (11):

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^u z}{D^q n^w} = \frac{10 \cdot 68.2 \cdot 0.3^{0.86} \cdot 0.12^{0.72} \cdot 8^{1.0} \cdot 2}{8^{0.86} \cdot 820^0} = \frac{682 \cdot 0.36 \cdot 0.22 \cdot 16}{5.98} = 145 \text{ Н}.$$

Крутящий момент на шпинделе рассчитывается по [6, стр. 290]:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{145 \cdot 8}{200} = 5.8 Н \cdot м.$$

Эффективная мощность резания по формуле из [6, стр. 290]:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{145 \cdot 20.52}{61200} = 0.05 кВт.$$

Шпоночные пазы с двух сторон имеют совершенно одинаковые параметры, поэтому производится расчёт для одного шпоночного паза, а для второго принимаются точно такие же параметры режимов резания.

7.3 Расчёт режимов резания при шлифовании

Для того, чтобы начать расчёты первым делом необходимо установить характеристики инструмента – шлифовального круга. Назначаем круг ПП 350x50x160 15А 50 С2 7 К50 м/сА 1 кл ГОСТ 2424–83 и дадим расшифровку всем обозначениям:

750 – диаметр круга, мм; (выбирается максимально возможный по станку);

50 – высота круга, мм; (выбирается максимально возможный по станку);

160 – диаметр крепёжного отверстия, мм; (выбирается максимально возможный по станку);

15А – материал абразива (в данном случае это Нормальный Электрокорунд);

50 – зернистость шлифовального материала;

С2 – степень твёрдости абразивного инструмента (в данном случае Средняя твёрдость);

К – керамическая связка;

50 – максимально допустимая скорость вращения круга, м/с;

A – класс точности;

1 – класс уравниваемости.

Основные параметры резания при шлифовании:

Скорость вращательного движения заготовки v_z , м/мин;

Скорость вращения шлифовального круга v_k , м/с;

Глубина шлифования t , мм, - слой материала, снимаемый периферией или торцом круга в результате поперечной подачи на каждый ход;

Продольная подача s , мм/об заготовки, - перемещение шлифовального круга за один оборот обрабатываемой заготовки при круглом шлифовании периферией круга;

Радиальная подача s_p , мм/об круга - перемещение шлифовального круга за один оборот круга при врезном шлифовании.

По требованиям, предъявленным конструктором к изделию, на чертеже имеются участки, которые необходимо обработать шлифованием. Маршрут обработки включает себя на заключительной операции шлифование. На операции 035 на переходах 2 и 3 производится наружное шлифование цилиндрических ступенчатых поверхностей вала. Из расчётов диаметральных припусков на обработку известно, что величина напуска на шлифование одинакова для всех поверхностей, что значительно упрощает расчеты. Поэтому в данном пункте производим расчёт эффективной мощности для наибольшего диаметра, с целью проверки обеспечения посчитанной мощности назначенным станком. Необходимо применять в качестве СОЖ 3% Укринол-1 по ТУ 38-101197-76 при шлифовании.

На основании вышеизложенного о шлифовании цилиндрических поверхностей вала производим расчеты, руководствуясь справочником [6, стр. 300-303 табл. 55, 56]:

По предварительным расчётам припуск составляет $2z_{D42}^c = 0.268 \text{ мм}$, то есть $z_{D42}^c = 0.134 \text{ мм}$ на сторону. Принимаем, что $t = 0.025 \text{ мм}$, $d = 38 \text{ мм}$, $v_3 = 15 \text{ м/мин}$, $v_k = 30 \text{ м/с}$, $s = 0,024 \text{ мм/з}$.

Частота вращения круга:

$$n = \frac{60 \cdot 1000 \cdot v_k}{\pi \cdot D_k} = 750 \text{ мин}^{-1}.$$

Частота вращения заготовки на диаметре $d = 35 \text{ мм}$:

$$n = \frac{1000 \cdot v_3}{\pi \cdot d} = 135 \text{ мин}^{-1}.$$

Частота вращения заготовки на диаметре $d = 32 \text{ мм}$:

$$n = \frac{1000 \cdot v_3}{\pi \cdot d} = 150 \text{ мин}^{-1}.$$

Частота вращения заготовки на диаметре $d = 30 \text{ мм}$:

$$n = \frac{1000 \cdot v_3}{\pi \cdot d} = 160 \text{ мин}^{-1}$$

Тогда слой металла будет сниматься в 6 проходов, причём на последнем проходе снимаем $t = 0.009 \text{ мм}$, и т. к. необходимо получить шероховатость $Ra = 0.8 \text{ мкм}$, то после шлифования производится выхаживание, то есть шлифование без поперечной подачи в конечный размер. На участках где значение шероховатости $Ra = 3.2 \text{ мкм}$ выхаживание делать не нужно.

Мощность резания при шлифовании периферией круга с продольной подачей:

$$N = C_N v_3^r t^x s^y d^q, \text{ KBm} \quad (12)$$

где C_N, r, x, y, q - коэффициент и показатели степени из [6, стр. 303 табл.56].

Принимаем $C_N = 2.2$ - подача на каждый ход, т.к. с одной стороны не обеспечивается свободный отвод шлифовального круга; $r = 0.5$, $x = 0.5$, $y = 0.55$, в справочнике нет данных по показателю степени q , поэтому принимаем $q = 0$.

Подставим в формулу (12):

$$N = C_N v_3^r t^x s^y d^q = 2.2 \cdot 15^{0.5} \cdot 0.025^{0.5} \cdot 0,024^{0.55} \cdot 38^0 = 8.52 \cdot 0.16 \cdot 5.74 \cdot 1 = 6,1 \text{ KBm}$$

Как видно расчётов по формуле (12) влияние обрабатываемого диаметра для данного типа шлифования не имеет значения. Мощность необходимая для шлифования будет обеспечиваться станком.

Так же шлифованию подлежат торцы на диаметре $d = 38 \text{ мм}$ для обеспечения требуемого значения торцевого биения (см. чертёж). Необходимо с одного торца снять $z_{49}^{c*} = 1.113 \text{ мм}$, поэтому шлифование будет осуществляться методом врезания торцом шлифовального круга для обеспечения нужной фаски. Второй торец обрабатывается аналогично. Метод врезного шлифования позволяет достичь необходимых параметров шероховатости, однако требуется жёсткое закрепление заготовки. Врезное шлифование будет производиться на высоту $h = 6.5 \text{ мм}$, чтобы избежать касания с уже обработанной цилиндрической поверхностью и не произвести удаление радиуса канавки.

По рекомендациям [7, стр. 347 табл. 164] назначим следующие параметры для врезного шлифования торцевой поверхности:

скорость вращения заготовки $v_3 = 12 \text{ м/мин}$,

ширина торцевой поверхности $B_D = 6,5 \text{ мм}$, тогда

продольная подача на оборот заготовки $S_B = 0.0075 \text{ мм}$.

Необходимая частота вращения детали:

$$n = \frac{1000 \cdot v_3}{\pi \cdot d} = 90 \text{ мин}^{-1}.$$

Скорость вращения шлифовального круга остаётся та же, что и при наружном шлифовании цилиндрических поверхностей вала $v_k = 30 \text{ м/с}$, то есть частота вращения тоже $n = 750 \text{ мин}^{-1}$.

7.4 Расчёт режима резания при отрезании ленточной пилой

По данной технологии изготовления вала переднего исходная заготовка получается из горячекатаного прутка отрезанием на ленточно - отрезном станке. Расчёт режимов производится по [6, стр. 292-293 табл. 43-44]:

Для ленточных пил при обрабатываемом материале с $\sigma_B > 600 \text{ МПа}$:

- подача $s_M = 45 \text{ мм / мин}$
- скорость резания $v_p = 10 \text{ м / мин}$.

7.5 Расчёт режимов резания при сверлении центровых отверстий

На операциях 010 переход 4 и 020 переход 2 после подрезки торцев производится сверление центровых отверстий центровочным сверлом, после чего отверстия по очереди выполняют функции опоры и базы на токарных, фрезерной и шлифовальной операциях. Материал центровочного сверла быстрорежущая сталь Р6М5. Стойкость сверла $T = 60 \text{ мин}$.

Расчёт режимов резания при сверлении производится по [6, стр. 276-281 табл. 25, 28 и 31].

Основные параметры при сверлении:

глубина резания $t = 0.5 D_{отв}$, мм;

подача в направлении резания (сверления) s , мм/об;

скорость резания $v = \frac{C_v \cdot D_{отв}^q}{T^m s^y} K_v$, м/мин (13),

здесь C_v, q, m, y - коэффициент и показатели степени из [6, стр. 278 табл. 28].

K_v - поправочный коэффициент, $K_v = K_{Mv} K_{Iv} K_{Lv}$, в котором

K_{Mv} - коэффициент на обрабатываемый материал, $K_{Mv} = 1.078$;

K_{Iv} - коэффициент на инструментальный материал $K_{Iv} = 1.0$;

K_{Lv} - коэффициент, учитывающий глубину резания $K_{Lv} = 1.0$.

Подача при сверлении зависит от диаметра сверла, а в данном случае $D_{омс} = 4\text{мм}$ для Стали45 с HB 156-197, то подача $s = 0.15\text{мм/об}$.

Назначаем коэффициенты $C_v = 7,0$, $q = 0,40$, $m = 0,20$, $y = 0,70$. С учётом этих коэффициентов:

$$v = \frac{C_v \cdot D_{омс}^q}{T^m s^y} = \frac{7,0 \cdot 4^{0,40}}{60^{0,20} \cdot 0,15^{0,70}} \cdot 1,078 = \frac{12,19}{0,6} \cdot 1,078 = 21,86\text{м/мин}.$$

Так как сверло будет закреплено неподвижно, то вращение необходимо задавать валу, поэтому необходимо рассчитать частоту вращения заготовки:

$$n = \frac{1000 \cdot v_z}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 21,86}{3,14 \cdot 30} = 230\text{мин}^{-1}.$$

Крутящий момент осевая сила при сверлении по рекомендациям из [6, стр. 277]:

$$M_{кр} = 10C_M D^q s^y K_p, H \cdot м \quad (14)$$

здесь C_M, q, y - коэффициент и показатели степени из [6, стр. 281 табл. 32]:

K_p - коэффициент, учитывающий условие обработки, в данном случае зависит от материала заготовки $K_p = 0.94$.

Назначаем коэффициенты и показатель для степени:

$C_M = 0.0345$, $q = 2.0$, $y = 0.8$. Теперь можно подставить в формулу (14):

$$M_{кр} = 10C_M D^q s^y K_p = 10 \cdot 0.0345 \cdot 4^{2,0} \cdot 0.15^{0,8} \cdot 0.94 = 1.14\text{Н} \cdot м.$$

Осевая сила при сверлении по рекомендациям из [6, стр. 277]:

$$P_0 = 10C_P D^q s^y K_p, H \quad (15)$$

здесь C_P, q, y - коэффициент и показатели степени из [6, стр. 281 табл. 32]:

K_p - коэффициент, учитывающий условие обработки, в данном случае зависит от материала заготовки $K_p = 0.94$.

Назначаем коэффициенты и показатель для степени:

$C_P = 68$, $q = 1.0$, $y = 0.7$. Теперь можно подставить в формулу (15):

$$P_0 = 10C_p D^q s^y K_p = 10 \cdot 68 \cdot 4^{1.0} \cdot 0.15^{0.7} \cdot 0.94 = 677.6 H .$$

Тогда мощность резания из [6, стр. 280]:

$$N_e = \frac{M_{kp} \cdot n}{9750} = \frac{1.14 \cdot 230}{9750} = 0.03 KBm .$$

8. Нормирование операций.

Техническое нормирование устанавливает технически обоснованную норму расхода производственных ресурсов - рабочего времени, энергии, сырья, материалов, инструментов и т.п. Основы технологического нормирования устанавливает ГОСТ 3.1109-82. Главными целями нормирования являются:

- грамотно разработанный технологический процесс;
- себестоимость изготовления детали должна быть минимальна;
- трудоемкость изготовления детали должна быть минимальна.

Нормирование осуществляется методами технического нормирования и опытно-статического нормирования.

Норма времени, которое дается на обработку детали или каких-то поверхностей детали на данной технологической операции называется нормой штучного времени и складывается из:

- основного (машинного) или технологического времени;
- вспомогательного времени;
- времени обслуживания рабочего места;
- времени перерывов на отдых и физиологические потребности.

Основное или технологическое время, это время, в течение которого производится снятие стружки, т. е. происходит изменение формы, размеров и внешнего вида детали. Если этот процесс совершается только станком без непосредственного участия рабочего, то это время будет машинно-автоматическим; если же процесс снятия стружки совершается станком при непосредственном управлении инструментом или перемещении детали рукой рабочего, то это время будет машинно-ручным. В основное время входит

время, затрачиваемое на врезание и перебег (подход и выход) режущего инструмента, на обратные ходы (у строгальных, долбежных и других станков), на проход инструмента при пробных стружках; поэтому при подсчете основного времени расчетная длина обработки принимается с учетом всех этих приемов.

Во вспомогательное время входит:

- время управления станком; пуск, останов, перемена скорости, подачи и т. п.;
- время на перемещение инструмента;
- время на установку; закрепление и снятие приспособления, инструмента и детали во время работы;
- время на приемы измерения детали: взять инструмент, установить, измерить, отложить инструмент и т. п.

Вспомогательное время может быть ручным, машинным или машинно-ручным.

Время на обслуживание рабочего места подразделяется на техническое и организационное. Время технического обслуживания рабочего места затрачивается рабочим на уход за рабочим местом в процессе данной работы и включает в себя:

- время на наладку и регулировку станка в процессе работы;
- время на смену затупившегося инструмента;
- время на правку инструмента оселком (резца) или алмазом (шлифовального круга) в процессе работы;
- время на удаление стружки в процессе работы.

Время организационного обслуживания рабочего места затрачивается рабочим на уход за рабочим местом в течение смены и включает в себя:

- время на раскладку инструмента в начале смены и уборку его по окончании смены;
- время на чистку и смазку станка;
- время на осмотр и опробование станка.

Время перерывов на отдых и физиологические потребности берется в процентах от операционного времени (операционное время это сумма основного и вспомогательного времени).

Основное время определяем по формуле:

$$t_o = \frac{L \times i}{n \times s}, \text{ мин.}$$

где L – расчётная длина обработки, мм;

i – число рабочих ходов;

n – частота вращения шпинделя, об/мин;

s – подача, мм/об (мм/мин).

Расчётная длина обработки:

$$L = l + l_{\text{в}} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}$$

Где l – размер детали на данном переходе, мм;

$l_{\text{в}}$ – величина врезания инструмента, мм;

$l_{\text{сх}}$ – величина схода инструмента, мм;

$l_{\text{пд}}$ – величина подвода инструмента, мм.

Принимаем: $l_{\text{сх}} = l_{\text{пд}} = 1 \text{ мм.}$

Величина врезания инструмента:

$$l_e = \frac{t}{\operatorname{tg} \varphi},$$

где t – глубина резания, мм;

φ – угол в плане.

Тогда окончательная формула для определения основного времени:

$$t_o = \frac{(l + \frac{t}{\operatorname{tg} \varphi} + l_{cx} + l_{no}) \times i}{n \times s}.$$

Любой технологический процесс по изготовлению изделия или его сборки на производстве занимает определённое время. В данном разделе рассчитывается основное (технологическое) время по данным источника [8, стр. 610-626].

8.1 Расчёт основного времени на токарных операциях

Для токарных работ см. рис 18 при точении наружной поверхности до упор расчёт производится по формуле:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} i, \quad (16)$$

где T_0 – основное время на операцию (переход), мин;

L – расчётная длина рабочего хода инструмента, мм;

n – частота вращения шпинделя, мин^{-1} ;

S_0 – подача на оборот шпинделя, мм/об;

i – число проходов инструмента.

Причём

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (17)$$

здесь l – длина обрабатываемой поверхности, мм;

l_1 - величина врезания инструмента, мм;

l_2 - величина пробега инструмента, мм.

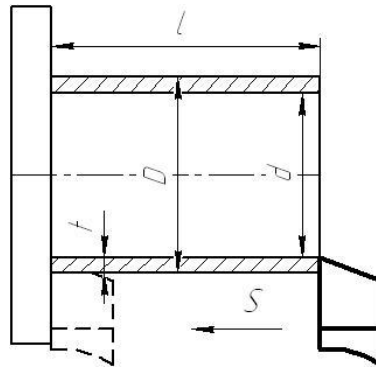


Рисунок 18 Обтачивание цилиндрической поверхности до уступа

При обработке фасок и протачивании канавок рис. 19 а) и б) соответственно:

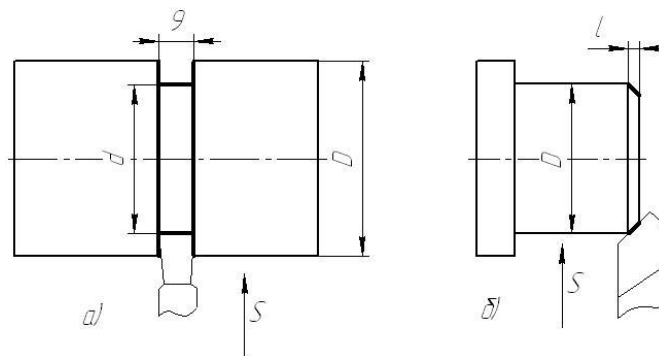


Рисунок 19 а) Точение канавок б) Точение фаски

При подрезании торца расчетная схема для определения основного времени на рис. 20:

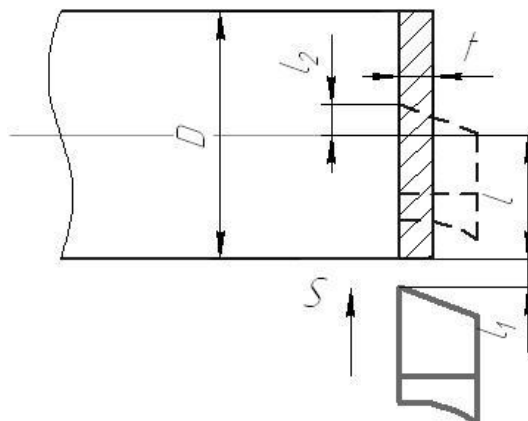


Рисунок 20 Подрезка торца

Первая токарная операция с ЧПУ:

Операция 010 переход 2 подрезка торца:

$$L = l + l_1 + l_2 = 22 + 5 + 1 = 28 \text{ мм} .$$

Подставим в формулу (16) значения из пункта 7.1.3:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} i = \frac{28}{1085 \cdot 0,3} 1 = 0,1 \text{ мин} .$$

Операция 010 переход 3 черновое точение до ступени:

$$L = l + l_1 + l_2 = 350 + 5 + 0 = 400 \text{ мм} .$$

Подставим в формулу (16) значения из пункта 7.1.1:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} i = \frac{400}{1380 \cdot 0,8} 1 = 0,36 \text{ мин} .$$

Операция 010 переход 6 черновое точение до ступени:

$$L = l + l_1 + l_2 = 246,5 + 5 + 0 = 247 \text{ мм}$$

Подставим в формулу (16) значения из пункта 7.1.1:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} i = \frac{247}{2030 \cdot 0,5} 1 = 0,24 \text{ мин} .$$

Операция 010 переход 7 черновое точение до ступени:

$$L = l + l_1 + l_2 = 117 + 5 + 0 = 122 \text{ мм}$$

Подставим в формулу (16) значения из пункта 7.1.1:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} i = \frac{122}{2030 \cdot 0,5} 1 = 0,12 \text{ мин} .$$

Операция 010 переход 8 чистовое точение по контуру:

$$L = l + l_1 + l_2 = 22 + 5 + 0 = 27 \text{ мм}$$

Подставим в формулу (16) значения из пункта 7.1.2 значение среднего числа оборотов:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} i = \frac{27}{3596 \cdot 0,12} 1 = 0,06 \text{ мин} .$$

Операция 010 переход 12отрезная:

$$L = l + l_1 + l_2 = 0 + 5 + 0 = 5 \text{ мм}$$

Подставим в формулу (16) значения из пункта 7.1.2 значение среднего числа оборотов:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} i = \frac{5}{3596 \cdot 0,12} 1 = 0,012 \text{ мин.}$$

Операция 010 переход 11 прорезка канавок:

$$L = l + l_1 + l_2 = 0,5 + 5 + 0 = 5,5 \text{ мм}$$

Подставим в формулу (16) значения из пункта 7.1.3 с учётом того, что 3 места под канавки:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} i = \frac{5,5}{3860 \cdot 0,12} 3 = 0,03 \text{ мин.}$$

Вторая токарная операция с ЧПУ:

Операция 020 переход 2 подрезка торца:

$$L = l + l_1 + l_2 = 22 + 5 + 1 = 28 \text{ мм.}$$

Подставим в формулу (16) значения из пункта 7.1.3:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} i = \frac{28}{1085 \cdot 0,3} 1 = 0,1 \text{ мин.}$$

Операция 020 переход 4 черновое точение на проход:

$$L = l + l_1 + l_2 = 310 + 5 + 0 = 315 \text{ мм.}$$

Подставим в формулу (16) значения из пункта 7.1.1:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} i = \frac{315}{1530 \cdot 0,9} 1 = 0,22 \text{ мин.}$$

Операция 020 переход 5 черновое точение до ступени:

$$L = l + l_1 + l_2 = 62 + 5 + 0 = 67 \text{ мм}$$

Подставим в формулу (16) значения из пункта 7.1.1:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} i = \frac{67}{1440 \cdot 0,8} 1 = 0,04 \text{ мин.}$$

Операция 020 переход 6 черновое точение до ступени:

$$L = l + l_1 + l_2 = 46 + 5 + 0 = 51 \text{ мм}$$

Подставим в формулу (16) значения из пункта 7.1.1:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} i = \frac{51}{2030 \cdot 0,5} 1 = 0,05 \text{ мин.}$$

Операция 020 переход 7 черновое точение до ступени:

$$L = l + l_1 + l_2 = 14 + 5 + 0 = 19 \text{ мм}$$

Подставим в формулу (16) значения из пункта 7.1.1:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} i = \frac{14}{2435 \cdot 0,5} 1 = 0,01 \text{ мин.}$$

Операция 020 переход 8-10 прорезка канавок:

$$L = l + l_1 + l_2 = 0,5 + 5 + 0 = 5,5 \text{ мм}$$

Подставим в формулу (16) значения из пункта 7.1.3 с учётом того, что 3 места под канавки:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} i = \frac{5,5}{4270 \cdot 0,12} 3 = 0,03 \text{ мин.}$$

8.2 Расчёт основного времени на фрезерной операции

Для фрезерных работ при фрезеровании шпоночного паза при маятниковой подаче рис. 25 основное время рассчитывается по формуле:

$$T_0 = \frac{L}{S_M} i, \quad (18)$$

где T_0 - основное время на операцию (переход), мин;

L - расчётная длина рабочего хода инструмента, мм;

S_M - минутная подача, мм/мин;

i - число проходов инструмента.

Причём

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (19)$$

здесь l - длина обрабатываемой поверхности, мм;

l_1 - величина врезания инструмента, мм;

l_2 - величина пробега инструмента, мм.

В литературе [8, стр. 623 табл. 7] не имеется данных по назначению длины врезания шпоночной фрезы с $d_{фрез} = 8 \text{ мм}$. Поэтому принимаем $l_1 = 4 \text{ мм}$, как

ближайшее значение диаметра шпоночной фрезы $d_{фрез} = 12 \text{ мм}$. Минутная подача из пункта 7.2 $S_M = S_z n z = 0.12 \cdot 820 \cdot 2 = 196.8 \text{ мм / мин}$.

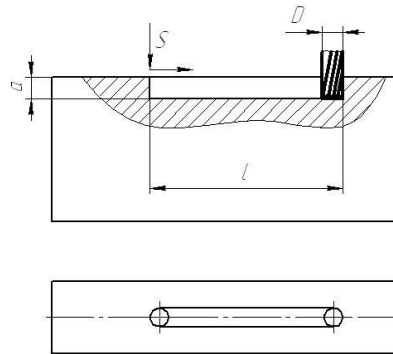


Рисунок 21 Фрезерование шпоночных пазов при маятниковой подаче

Фрезерная операция:

Операция 020 переход 1 фрезерование первого шпоночного паза:

$$L = l + l_1 + l_2 = 36 + 4 + 0 = 40 \text{ мм}.$$

Подставим в формулу (18):

$$T_0 = \frac{L}{S_M} i = \frac{40}{196,8} 14 = 2,84 \text{ мин}.$$

Операция 020 переход 3 фрезерование второго шпоночного паза:

$$L = l + l_1 + l_2 = 36 + 4 + 0 = 40 \text{ мм}.$$

Подставим в формулу (18):

$$T_0 = \frac{L}{S_M} i = \frac{40}{196,8} 14 = 2,84 \text{ мин}.$$

8.3 Расчёт основного времени на круглошлифовальной операции

На наружном круглом шлифовании методом продольной подачи в упор рис 26, расчёт основного времени ведётся по формуле:

$$T_0 = \frac{L}{S_B B_K n_\partial} i K, \quad (20)$$

где T_0 - основное время на операцию (переход), мин;

L - расчётная длина рабочего хода инструмента, мм;

n_∂ - частота вращения детали, мин^{-1} ;

S_B - продольная или поперечная подача на двойной ход изделия в долях ширины шлифовального круга;

B_K - высота шлифовального круга, мм;

K - коэффициент, учитывающий выхаживание и доводку, $K = 1.4$.

i - число проходов инструмента, $i = \frac{a}{S_{2x}}$;

S_{2x} - подача на двойной ход, мм/дв. ход;

a - величина снимаемого припуска, мм.

При $a = 0.134 \text{ мм}$ из пункта 7.3 и $S_{2x} = 0,024$ $i = \frac{a}{S_{2x}} = \frac{0,134}{0,024} = 6$.

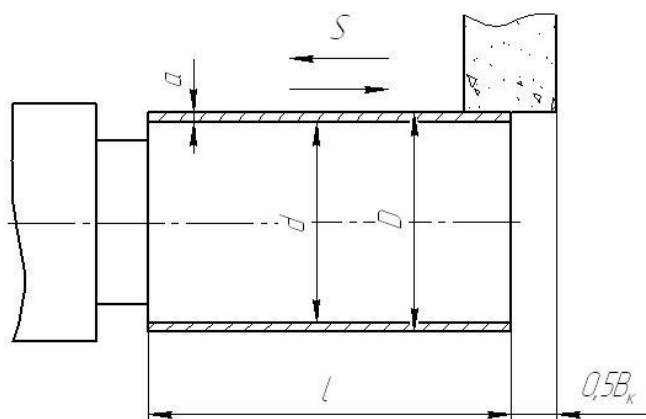


Рисунок 22 Наружное круглое шлифование методом продольной подачи

Операция 035 переход 2 шлифование поверхности на $d = 38 \text{ мм}$
подставим в (20):

$$T_0 = \frac{L}{S_B B_\kappa n_\partial} iK = \frac{90}{0,012 \cdot 80 \cdot 160} 6 \cdot 1,4 = 9,51 \text{ мин.}$$

После переустановки значение основного времени будет тоже на данном диаметре.

Операция 035 переход 2 шлифование поверхности на $d = 44,1 \text{ мм}$ подставим в (20):

$$T_0 = \frac{L}{S_B B_\kappa n_\partial} iK = \frac{100}{0,012 \cdot 80 \cdot 150} 6 \cdot 1,4 = 10,75 \text{ мин.}$$

Операция 035 переход 3 шлифование поверхности на $d = 38 \text{ мм}$ подставим в (20):

$$T_0 = \frac{L}{S_B B_\kappa n_\partial} iK = \frac{82}{0,012 \cdot 80 \cdot 135} 6 \cdot 1,4 = 8,35 \text{ мин.}$$

При врезном шлифовании торцев для образования фаски рис. 23 формула расчёта основного времени имеет вид:

$$T_0 = \frac{L}{n_\partial S_o}, \quad (21)$$

где S_o - подача на оборот шпинделя, мм/об.

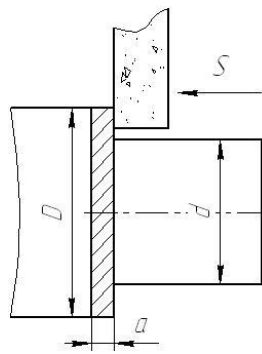


Рисунок 23 Врезное шлифование торца

Операция 035 переход 3 шлифование торца с припуском

$$z_{52}^c = 1,113 \text{ мм} = L :$$

$$T_0 = \frac{L}{n_\partial S_o} = \frac{1,113}{90 \cdot 0,0075} = 1,65 \text{ мин.}$$

Операция 035 переход 3 шлифование торца с припуском

$$z_{51}^c = 0,048 \text{ мм} = L :$$

$$T_0 = \frac{L}{n_{\partial} S_o} = \frac{0,048}{90 \cdot 0.0075} = 0,07 \text{ мин.}$$

8.4 Расчёт основного времени на сверлении центровых отверстий

Сверление центровых отверстий производится на первой и второй токарных операциях с ЧПУ. Размеры центрового отверстия по ГОСТ 14034-74.

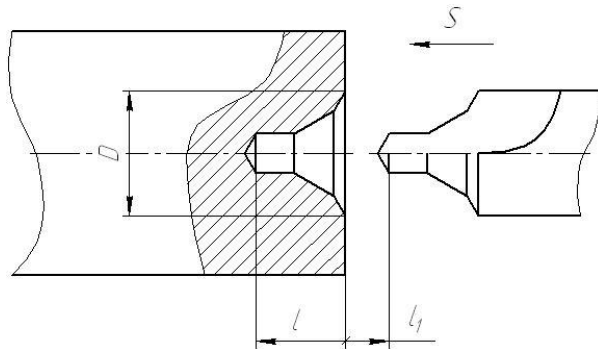


Рисунок 24 Сверление центрового отверстия

Формула для расчёта основного времени при сверлении центровых отверстий рис. 24:

$$T_0 = \frac{L}{n S_o}, \quad (22)$$

где n - частота вращения заготовки, мин^{-1} .

$$L = l + l_1 + l_2 = 8.9 + 2 + 0 = 10.9 \text{ мм}$$

Операция 010 переход 4:

$$T_0 = \frac{L}{n S_o} = \frac{10.9}{230 \cdot 0.15} = 0.32 \text{ мин.}$$

Операция 020 переход 3:

$$T_0 = \frac{L}{n S_o} = \frac{10.9}{230 \cdot 0.15} = 0.32_{мин}$$

8.5 Расчёт основного времени на отрезной операции

Отрезание заготовки производится ленточной пилой, у которой нет обратного хода, следовательно формула для расчёта основного времени имеет вид:

$$T_0 = \frac{L}{S_o}, (23)$$

где L - толщина заготовки, мм.

Подставим в формулу 23 значения из 7.4:

$$T_0 = \frac{L}{S_o} = \frac{52}{45} \approx 1,15_{мин}.$$

9. Конструкторская часть

Для фрезерования шпоночного паза было спроектировано прижимное приспособление. Заготовка типа вал, устанавливается в нижнюю призму, сверху прижимается призматической губкой (5). Высота между призмами регулируется опорой (4). Для зажима заготовки типа вал, затягиваем гайку (3) до тех пор, пока деталь не будет вращаться вокруг своей оси.

Приспособление состоит из следующих элементов:

- 1 - Корпус приспособления
- 2 - Пружина
- 3 - Гайка
- 4 - Регулируемая опора
- 5 - Призматическая губка
- 6- болты т-образной головкой.

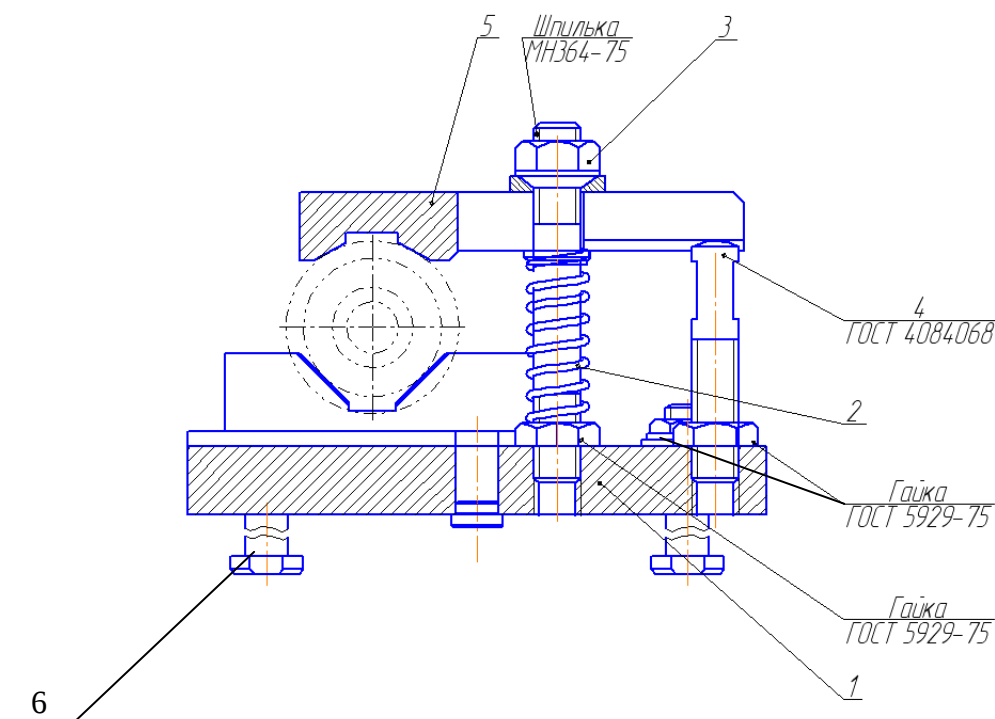


Рисунок 25. Приспособления для зажима вала на фрезерной операции по фрезерованию шпоночного паза.

Заготовка будет базироваться в приспособлении на два наружных диаметра и упором в торец. Следовательно, установочными элементами в данном приспособлении будут являться призмы.

Нижняя призма крепиться к корпусу (1) как показано на рисунке 26.

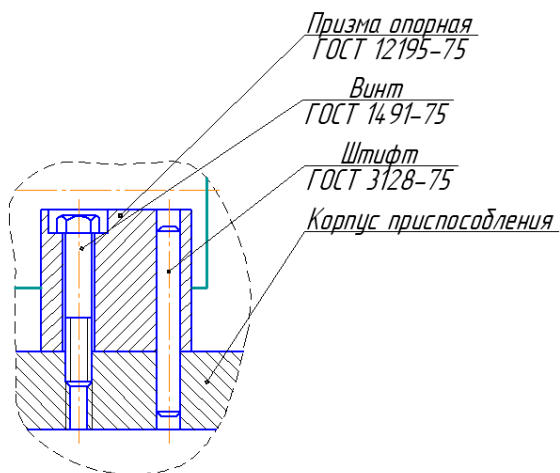


Рисунок 26. Крепление призмы нижней к корпусу (1)

Для закрепления приспособления на столе фрезерного станка в основании его корпуса предусматриваются проушины, которые заводятся крепежные болты. Головки болтов удерживаются в Т-образных пазах стола, сами пазы выглядят так, как показано на рисунке 27.

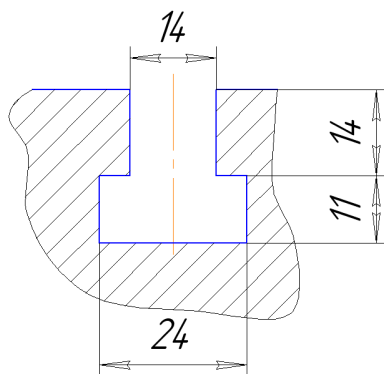


Рисунок 27. Т-пазы на столе станка для закрепления различных приспособлений

10. Экономический раздел

Целью выполнения данного раздела является сравнительная оценка экономической эффективности изготовления щита подшипникового четырьмя различными способами.

Экономическая эффективность – соотношение между получаемыми результатами производства – продукцией и материальными услугами, с одной стороны, и затратами труда и средств производства – с другой.

Себестоимость продукции – денежное выражение текущих затрат на производство и реализацию продукции. Себестоимость продукции – часть стоимости, включающая затраты на потребление средств производства и оплату труда.

Исходные данные:

1. программа выпуска:	$Q_{\text{вып}}=1500$ шт./год;
2. период оборота:	8 час;
3. режим работы, смен, S :	2;
4. продолжительность смены, $T_{\text{см}}$:	8 час;
5. регламентированные перерывы $T_{\text{рег.}}$:	60 мин./смену;
6. технологически неизбежные потери продукции, $\alpha_{\text{шт}}$:	3%;
7. вес детали:	0,69 кг;
8. цена материала за кг (круг 52 35ХГСА)	95 руб./кг;
9. средний коэффициент использования материала	50%;
10. цена отходов от стоимости материалов	10%
11. тип производства:	мелкосерийный;
12. стоимость электроэнергии за 1 кВт/ч	1,5 руб

10.1 Калькуляция данных, общих для всех технологических процессов

Определяем номинальный фонд времени работы оборудования:

$$T_{ном} = (D_z - D_{вых} - D_{пр}) \cdot S \cdot T_{см} - D_{пред} \cdot T_{сокp}, \text{ час} / \text{год};$$

где: D_z – число рабочих дней в планируемом периоде;

$D_{вых}$ – число выходных дней;

$D_{пр}$ – число праздничных дней;

S – число рабочих смен в сутки;

$T_{см}$ – длительность рабочей смены, час;

$D_{пред}$ – число предпраздничных дней;

$T_{сокp}$ – продолжительность нерабочего времени в предпраздничные дни, час.

$$\begin{aligned} T_{ном} &= (D_z - D_{вых} - D_{пр}) \cdot S \cdot T_{см} - D_{пред} \cdot T_{сокp} = \\ &= (365 - 104 - 12) \cdot 1 \cdot 8 - 12 \cdot 1 = 1\,980 \text{ час} / \text{год} \end{aligned}$$

Определяем программу запуска:

$$Q_{зан} = \frac{Q_{вып} \cdot 100}{100 - \alpha_{nn}}, \text{ шт.} / \text{год};$$

где:

α_{nn} , % - технологически неизбежные потери.

$$Q_{зан} = \frac{Q_{вып} \cdot 100}{100 - \alpha_{nn}} = \frac{1500 \cdot 100}{100 - 3} = 1546 \text{ шт.} / \text{год}.$$

Расчет стоимости материала:

Цена материала одного изделия составляет:

$$C_m = \frac{m}{K_u} \cdot C_M ;$$

где

m – масса одного изделия;

K_u – средний коэффициент использования материала;

C_M – стоимость материала, руб./кг.

Тогда цена материала:

$$C_m = \frac{0,69}{0,4} \cdot 95 = 163,875 \text{ руб.}$$

Реализуемые отходы определяются зависимостью:

$$C_{отх} = \left(\frac{m}{K_u} - m \right) \cdot C_{отх} ,$$

где $C_{отх}$ – цена отходов.

Цена отходов на одно изделие:

$$C_{отх} = \left(\frac{0,69}{0,4} - 0,69 \right) \cdot 9,5 = 9,83 \text{ руб.}$$

Затраты на основные материалы за вычетом отходов на единицу изделия составят:

$$C_{M.осн} = C_m - C_{отх} = 163,875 - 9,83 = 154,045 \text{ руб.}$$

10.2 Выбор ресурсосберегающего технологического процесса

Современная техника и технология позволяют изготавливать одно и то же изделие различными методами. Технологический процесс представляет собой строго определенную совокупность выполняемых в заданной последовательности технологических операций. Одна и та же операция может выполняться многими способами и на различном оборудовании.

10.2.1 Предлагаемый технологический процесс

Операции первого технологического процесса изготовления щита подшипникового, с указанием штучно-калькуляционного времени ($T_{ш-к}$), разряда работы, стоимости работы (в соответствии с тарифной сеткой завода) представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1

№ оп.	Наименование операции	$T_{ш-к}$, мин.	Разряд работы	Основная заработная плата ($Z_{осн}$), руб.
015	Прутковый автомат	5,51	3	7,83
020	Токарная с ЧПУ	6,22	4	8,74
025	Фрезерная с ЧПУ	0,43	4	1,73
035	Шлифовальная	9,5	5	10,78
040	Шлифовальная	2	5	1,43
	Прочие	50		38,75
ИТОГО				69,26
Основная заработная плата ($Z_{осн}$) приведена с учетом премии (40%) и районного коэффициента (30%)				

Дополнительная заработная плата:

Дополнительная заработная плата, не связанная с производством – оплата труда полагающаяся по закону за не проработанное время, составляет 9% от основной заработной платы.

Дополнительная заработная плата на единицу изделия составит:

$$З_{доп} = З_{осн} \cdot K_{доп} = 69,26 \cdot 0,09 = 6,24 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные цели

Отчисления на социальные цели на одно изделие определяются следующей зависимостью:

$$C_{соц} = (З_{осн} + З_{доп}) \cdot K_{соц},$$

где $K_{соц}$ – коэффициент единого социального налога ($K_{соц} = 27,2\%$).

Отчисления на социальные цели на одно изделие составят:

$$C_{соц} = (69,26 + 6,24) \cdot 0,272 = 20,53 \text{ руб.}$$

Прямые затраты:

$$C_n = C_{М.осн} + З_{осн} + З_{доп} + C_{соц} = 154,045 + 69,26 + 6,24 + 20,53 = 250,075 .$$

Общепроизводственные расходы:

Общепроизводственные расходы составляют 300% от основной заработной платы. Сюда входят затраты на заработную плату вспомогательного персонала и прочие:

$$C_{пр} = З_{осн} \cdot 300\% = 69,26 \cdot 3 = 207,78 \text{ руб.}$$

Состав общепроизводственных расходов:

$$C_{np} = C_{ТП.общ.} + A_i + Э_i + C_{присп1} + C_{присп2},$$

где $C_{ТП.общ.}$ – производственные расходы, общие для всех четырех ТП;

A_i – затраты на амортизацию оборудования для i-го ТП;

$Э_i$ – затраты на электроэнергию для i-го ТП;

$C_{присп1}$ и $C_{присп2}$ – затраты на приспособление 1 и 2 соответственно.

Общая производственная себестоимость:

$$C_{о.пр} = C_n + C_{пр.} = 250,075 + 207,78 = 457,855 \text{ руб.}$$

Калькуляционная стоимость щита подшипникового первого технологического процесса сведена в таблицу 9.2.

Таблица 9.2

п/п	Наименование	руб.
1.	Материалы	154,045
2.	Основная заработная плата	69,26
3.	Дополнительная заработная плата	6,24
4.	Отчисления на социальное страхование	20,53
5.	Прямые затраты	250,075
6.	Общепроизводственные расходы	207,78
7.	Производственная себестоимость	457,855

10.2.2 Исходный технологический процесс

Операции первого технологического процесса изготовления щита подшипникового, с указанием штучно-калькуляционного времени ($T_{ш-к}$), разряда работы, стоимости работы (в соответствии с тарифной сеткой завода) представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.2

№ оп.	Наименование операции	$T_{ш-к}$, мин.	Разряд работы	Основная заработная плата ($Z_{осн}$), руб.
005	Отрезной	1,63	2	2,83
010	Токарная с ЧПУ	7,28	4	9,41
020	Токарная с ЧПУ	2,43	4	4,74
030	Фрезерная с ЧПУ	0,43	4	1,73
035	Шлифовальная	9,5	5	10,78
040	Шлифовальная	2	5	1,43
	Прочие	60		38,75
ИТОГО				79,67
Основная заработная плата ($Z_{осн}$) приведена с учетом премии (40%) и районного коэффициента (30%)				

Дополнительная заработная плата:

Дополнительная заработная плата, не связанная с производством – оплата труда полагающаяся по закону за не проработанное время, составляет 9% от основной заработной платы.

Дополнительная заработная плата на единицу изделия составит:

$$Z_{дон} = Z_{осн} \cdot K_{дон} = 79,67 \cdot 0,09 = 7,17 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные цели

Отчисления на социальные цели на одно изделие определяются следующей зависимостью:

$$C_{соц} = (Z_{осн} + Z_{дон}) \cdot K_{соц},$$

где $K_{соц}$ – коэффициент единого социального налога ($K_{соц} = 27,2\%$).

Отчисления на социальные цели на одно изделие составят:

$$C_{соц} = (79,67 + 7,17) \cdot 0,272 = 23,62 \text{ руб.}$$

Прямые затраты:

$$C_n = C_{М.осн} + Z_{осн} + Z_{дон} + C_{соц} = 154,045 + 79,67 + 7,17 + 23,62 = 264,5 .$$

Общепроизводственные расходы.

Общепроизводственные расходы составляют 300% от основной заработной платы. Сюда входят затраты на заработную плату вспомогательного персонала и прочие:

$$C_{пр} = Z_{осн} \cdot 300\% = 79,67 \cdot 3 = 329 \text{ руб.}$$

Состав общепроизводственных расходов:

$$C_{np} = C_{ТП.общ.} + A_i + Э_i + C_{присп1} + C_{присп2},$$

где $C_{ТП.общ.}$ – производственные расходы, общие для всех четырех ТП;

A_i – затраты на амортизацию оборудования для i-го ТП;

$Э_i$ – затраты на электроэнергию для i-го ТП;

$C_{присп1}$ и $C_{присп2}$ – затраты на приспособление 1 и 2 соответственно.

Общая производственная себестоимость:

$$C_{о.пр} = C_n + C_{пр.} = 264,5 + 329 = 593,5 \text{ руб.}$$

Калькуляционная стоимость щита подшипникового первого технологического процесса сведена в таблицу 9.2.

Таблица 9.2

п/п	Наименование	руб.
1.	Материалы	154,045
2.	Основная заработная плата	79,26
3.	Дополнительная заработная плата	7,17
4.	Отчисления на социальное страхование	23,62
5.	Прямые затраты	264,5
6.	Общепроизводственные расходы	329
7.	Производственная себестоимость	593,5

10.3 Сравнение вариантов затрат при изменении технологического процесса

Сравнение вариантов затрат при изменении технологического процесса производства щита подшипникового (1548 шт.) приведены в таблице 9.13.

Таблица 9.13

п/п	Статьи затрат	Первый ТП	Второй ТП
1.	Материалы	154,045	154,045
2.	Основная заработная плата	69,26	79,26
3.	Дополнительная заработная плата	6,24	7,17
4.	Отчисления на социальное страхование	20,53	23,62
5.	Прямые затраты	250,075	264,5
6.	Общепроизводственные расходы	207,78	329
7	Производственная себестоимость	457,855	593,5

10.4 Расчет экономического эффекта

Рассчитаем экономический эффект:

$$\text{ЭЭ} = C_{o.пр}^1 - C_{o.пр}^2,$$

где $C_{o.пр}^1$ – производственная себестоимость первого (существующего) ТП;

$C_{o.пр}^2$ – производственная себестоимость четвертого (предлагаемого) ТП.

Тогда:

$$\mathcal{E}\mathcal{E} = 593,5 - 457,855 = 135,65 \text{ руб.}$$

$$\mathcal{E}\mathcal{E} = 135,65 \times 1548 = 209986,2 \text{ руб.}$$

Положим затраты на внедрение нового техпроцесса $C_{вн} = 100000 \text{ руб.}$, тогда период окупаемости определится как:

$$T_{ок} = \frac{C_{вн}}{\mathcal{E}\mathcal{E}} = \frac{100000}{209986,2} = 0,6 \text{ года}$$

Срок окупаемости нового технологического процесса составляет приблизительно шесть месяцев. Далее бюджет экономиться на 209 тысяч 986 рублей две копейки.

11. Производственная и экологическая безопасность

В данном разделе ВКР инженера рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места на механическом участке по производству изделия «Вал», промышленного предприятия ОАО «ТЭТЗ» в соответствии с нормами производственной санитарии, техники производственной безопасности и охраны окружающей среды.

11.1 Общие положения

Охрана труда – система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия.

Условия труда – совокупность факторов, производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье работника.

Вредный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его заболеванию.

Опасный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его травме.

Безопасные условия труда – условия труда, при которых воздействие на работающих вредных или опасных производственных факторов исключено либо уровни их воздействия не превышают установленные нормативы.

Рабочее место – место, в котором работник должен находиться или в которое ему необходимо прибыть в связи с его работой и которое прямо или косвенно находится под контролем работодателя. [11]

11.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 «ССБТ Опасные и вредные производственные факторы» при изготовлении щита подшипникового рабочие подвергается следующим опасным и вредным производственным факторам:

- физические;
- химические;
- психофизические.

11.2.1 Физические факторы

Опасность поражения электрическим током

Одним из наиболее опасным производственным фактором является поражение электрическим током от сети, необходимым для питания различного оборудования.

Основными причинами, приводящими к поражению электрическим током, являются:

- случайное прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением;

- появление на корпусе устройств сетевого напряжения в результате повреждения изоляции из-за многократных изгибов соединительного провода;

- появления напряжения на отключенных токоведущих частях, вследствие неверного включения устройств.

Повышенный уровень шума на рабочем месте и повышенный уровень вибрации

При выполнении работ на токарных и фрезерных станках раздражающее действие на человека оказывает шум в виде скрипа и свиста, обусловленный трением инструмента об обрабатываемые материалы. Длительное воздействие шума большой интенсивности приводит к патологическому состоянию слухового органа, к его утомлению.

Утомление может постепенно перейти в тугоухость и глухоту, обнаруживаемые через несколько лет работы. Интенсивный шум вызывает изменения сердечно-сосудистой системы, сопровождаемые нарушением тонуса и ритма сердечных сокращений, изменяется артериальное кровяное давление. Шум приводит к нарушению нормальной функции желудка. Особенно страдает центральная нервная система.

Вибрация приводит тело или его структурные единицы в колебательное движение. Вибрации частотой 35 – 250 Гц и выше развивают вибрационную болезнь со спазмом (сужением) кровеносных сосудов конечностей.

Недостаток освещения

При работе на станках недостаточная освещенность рабочего места и производственного помещения в целом приводит к ослаблению зрения и общей утомляемости рабочего. [11]

Повышенный травматизм

При работе на токарных, фрезерных станках, используемых в данном технологическом процессе, возможен захват одежды рабочего вращающимися частями станков. Следствием этого может быть тяжелая травма, и даже смертельный исход.

Попадание одежды и рук в пространство между вращающимися частями станка при удалении стружки приводит к травмам рук.

В результате отлета стружки в сторону рабочего места при фрезеровании и точении деталей возможна травма глаз и открытых частей тела.

При обработке используется СОЖ (смазывающая охлаждающая жидкость). При попадании масла на обувь рабочего или пол во время работы на станке возможны вывихи, переломы и повреждения кожного покрова в результате падения.

В результате отлета стружки в сторону рабочего места при фрезеровании и точении деталей возможна травма глаз и открытых частей тела.

11.2.2 Химические факторы

При работе с СОЖ рабочий подвергается также и химическим опасным и вредным производственным факторам, которые согласно ГОСТ 12.0.003-74 можно классифицировать следующим образом:

- по характеру воздействия на организм человека – раздражающие;
- по пути проникания в организм человека – кожные покровы, органы дыхания.

11.3 Требования безопасности и мероприятия по их осуществлению

Для снижения утомляемости, вероятности травматизма необходимо создать оптимальное рабочее место. Основные требования к организации рабочего места изложены в ГОСТ 12.2.033-78 «ССБТ Рабочее место при выполнении работ стоя».

На участке, где ведутся работы, не допускается нахождение посторонних лиц.

11.3.1 Электробезопасность

Меры безопасности условно можно разделить на две группы:

а) меры, обеспечивающие безопасность эксплуатации при нормальном состоянии электрооборудования;

б) меры, обеспечивающие безопасность в аварийном режиме – при появлении напряжения на нетоковедущих частях оборудования (корпусах, кожухах и др.).

Мерами, обеспечивающими безопасность при нормальном состоянии электрооборудования, являются недоступность и рабочая изоляция токоведущих частей, защитное разделение сетей и малые напряжения. К дополнительным мерам, устраняющим опасность при появлении напряжения на нетоковедущих частях, относятся защитное заземление, зануление, защитное отключение, выравнивание потенциалов и двойная изоляция.

Согласно требованиям электробезопасности (ГОСТ-12.1.019-79 «ССБТ Электробезопасность») всё электрооборудование и приборы должны

находиться на специально отведенных местах, и заземлены. Наличие защитного заземления обязательно. При устройстве заземления используются искусственные заземлители, в качестве которых применяются стальные трубы или штыри. В качестве заземляющих проводников применяются стальные полосы, провода, а так же медные оголенные провода. Соединения заземляющих проводников с контуром заземления должны выполняться с помощью болтов или на сварке.

Защитное заземление

Защитное заземление— это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Защитное действие заземления основано на снижении напряжения прикосновения при переходе напряжения на нетоковедущие части, что достигается уменьшением потенциала корпуса относительно земли, как за счет малого сопротивления заземления, так и за счет повышения потенциала примыкающей к оборудованию поверхности земли.

Целью расчета защитного заземления является определение числа, размера и сопротивления заземляющих элементов. [12]

Расчет заземления.

1) Определим удельное электрическое сопротивление грунта с учетом климатических коэффициента:

$$\rho_{\text{расч}} = \rho_{\text{изм}} \cdot \psi, \quad (10.1)$$

где $\rho_{\text{изм}}$ – удельное сопротивление грунта (суглинок), $\rho_{\text{изм}} = 10^2 \text{ Ом} \cdot \text{м}$;

ψ – климатический коэффициент, для суглинка $\psi = 1,5$.

$$\rho_{\text{расч}} = 1,5 \cdot 10^2 = 150 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

2) Для данного объекта нельзя указать сопротивление естественного сопротивления. В расчетах будем принимать, что его нет, т.е. $R_e = \infty$.

3) Определим сопротивление искусственного заземлителя. Учтем, что искусственные и естественные заземлители соединены параллельно и общее их сопротивление не превышает сопротивления заземляющего устройства $R_z = 40\text{М}$, выбранного как наименьшее.

$$\frac{1}{R_z} = \frac{1}{R_u} + \frac{1}{R_e}, \quad (10.2)$$

где R_u – сопротивление искусственного заземлителя.

Т.к. $R_e = \infty$, то $R_u = R_z = 40\text{М}$.

4) Сопротивление одиночного вертикального заземлителя:

$$R_{ct.од} = \frac{\rho_{расч}}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H + l}{5H - l} \right), \quad (10.3)$$

где l – длина стержня, $l = 2,5\text{м}$;

d – диаметр стержня, $d = 3,8 \cdot 10^{-2}\text{м}$;

H – расстояние от поверхности грунта до середины стержня,
 $H = 1,75\text{м}$.

$$R_{ct.од} = \frac{150}{2\pi \cdot 2,5} \left(\ln \frac{2 \cdot 2,5}{3,8 \cdot 10^{-2}} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 1,75 + 2,5}{5 \cdot 1,75 - 2,5} \right) = 48,6\text{Ом}.$$

5) Пусть необходимо 20 вертикальных заземлителей, расположенных на расстоянии $a = 3\text{м}$ друг от друга, тогда длина соединительной полосы будет равна:

$l_n = n \cdot a = 20 \cdot 3 = 60 \text{ м}$, при этом коэффициенты использования заземлителей из труб или уголков $\eta_{cm} = 0,5$.

6) Рассчитаем сопротивление соединительной полосы:

$$r_n = \frac{\rho_{расч}}{2\pi \cdot l} \ln \frac{2l^2}{b \cdot H}, \quad (10.4)$$

где b – ширина полосы, $b = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}$;

H – глубина залегания полосы, $H = 0,5 \text{ м}$.

$$r_n = \frac{150}{2\pi \cdot 60} \ln \frac{2 \cdot 60^2}{4 \cdot 10^{-2} \cdot 0,5} = 5,1 \text{ Ом}, \quad \text{с учетом коэффициента}$$

использования соединительной полосы $\eta_n = 0,27$:

$$R_n = \frac{r_n}{\eta_n} = \frac{5,1}{0,27} = 19 \text{ Ом}.$$

7) Требуемое сопротивление растеканию вертикальных стержней:

$$R_{cm} = \frac{R_n R_u}{R_n + R_u} = \frac{19 \cdot 4}{19 + 4} = 3,3 \text{ Ом}.$$

8) Учитывая коэффициент использования вертикальных заземлителей, окончательно определяют их число:

$$n = \frac{R_{cm.од}}{\eta_{cm} R_{cm}} = \frac{48,6}{0,5 \cdot 3,3} = 29,4 \approx 30 \text{ (штук)}.$$

Т.е. для организации эффективного заземления необходимо использовать 30 стержней.

11.3.2 Шум и вибрация

В производственном процессе рабочие сталкиваются, в основном, с широкополосными шумами – это шумы с непрерывным спектром шириной более одной октавы (при работе на фрезерных станках);

Согласно ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности» допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах следует принимать: для широкополосного постоянного и непостоянного (кроме импульсного) шума – по таблице 10.1.

Таблица 10.1 – Допустимые уровни шума

Рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами в Гц.								Уровень звука и эквивалентны й уровень звука, дБА
	6 3	12 5	25 0	50 0	100 0	200 0	400 0	800 0	
Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственны х помещениях и на территории предприятий.	9 9	92	86	83	80	78	76	74	85

Снижение уровня шума и вибрации

Мероприятия по устранению повышенного уровня шума:

– правильная организация труда и отдыха;

- ликвидация шума в источнике его возникновения путем своевременного устранения неисправности технологического оборудования;
- применение звукопоглощающих материалов в конструкциях шумящих механизмов и оборудования;
- облицовка помещений (потолка и стен в небольших помещениях) звукоизолирующими и звукопоглощающими материалами;
- применение индивидуальных средств защиты органов слуха – наушников, вкладышей, шлемов (ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ).

11.3.3 Освещенность

Значение освещения в процессе жизнедеятельности и, особенно в производственной деятельности, велико. При неудовлетворительном освещении зрительная способность глаз снижается, и могут появиться такие заболевания, как близорукость, резь в глазах, катаракта, профессиональное заболевание. Правильно выполненная система освещения имеет большое значение в снижении производственного травматизма, уменьшая потенциальную опасность многих производственных факторов; создает нормальные условия для работы органам зрения и повышает общую работоспособность организма.

При проектировании и расчете освещения, в первую очередь, руководствуются СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».

Параметры цеха:

– длина $a = 60\text{м};$

– ширина $b = 20\text{м};$

– высота $h = 10 \text{ м}$.

Площадь помещения:

$$S = 60 \cdot 20 = 1200 \text{ м}^2$$

Высота рабочей поверхности $h_p = 1 \text{ м}$.

В цехе производятся работы средней точности (минимальная величина различия составляет от 0,5 до 1 мм).

Рекомендуемая освещенность помещения, при среднем контрасте с тёмным фоном, составляет $E_o = 200 \text{ лк}$, учитывая коэффициент запаса (загрязнение светильника) $K = 1,5$, получаем освещенность в помещении

$$E = E_o \cdot K = 200 \cdot 1,5 = 300 \text{ лк}.$$

Требуется создать освещенность $E = 300 \text{ Лк}$.

Коэффициент отражения стен $R_c = 70\%$, потолка $R_n = 50\%$.

Коэффициент запаса $k = 1,5$, коэффициент неравномерности $Z = 1,1$

Рассчитываем систему общего люминесцентного освещения.

Выбираем светильники типа ОД, $\lambda = 1,4$.

Рассчитаем h – высоту светильника над рабочей поверхностью по формуле:

$$h = H - h_p - h_c,$$

где h_c – расстояние светильников от перекрытия (свес).

Приняв $h_c = 4 \text{ м}$, получим:

$$h = 10 - 4 - 1 = 5 \text{ м},$$

$$L = 1,4 \cdot 5 = 7 \text{ м},$$

где L – расстояние между соседними светильниками или рядами.

$$L/3 = 2,3 \text{ м}$$

Размещаем светильники в три ряда. В каждом ряду можно установить 27 светильника типа ОД мощностью 40 Вт (с длиной 1,23 м), при этом разрывы между светильниками в ряду составят 50 см. Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении $n = 162$.

Находим индекс помещения по формуле:

$$i = \frac{S}{h(a+b)},$$

тогда:

$$i = \frac{1200}{5(60+20)} = 3.$$

При этом коэффициент использования светового потока:

$$\eta = 0,54.$$

Определяем потребный световой поток ламп в каждом из рядов, по формуле:

$$\Phi = \frac{E_H \cdot S \cdot K \cdot Z}{n \cdot \eta},$$

тогда:

$$\Phi = \frac{300 \cdot 1200 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{162 \cdot 0,54} = 6790 \text{ Лм}$$

Выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛБ80 на 5220 Лм. Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \cdot 100\% \leq +20\%$$

Получаем:

$$-10\% \leq -0,3\% \leq +20\%$$

11.3.4 Химические факторы опасности

При работе с СОЖ следует соблюдать меры предосторожности и правила безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.007-76.

А именно мероприятия по обеспечению безопасности труда при контакте с вредными веществами должны предусматривать:

- замену вредных веществ в производстве наименее вредными;
- применение средств индивидуальной защиты работающих;
- специальную подготовку и инструктаж обслуживающего персонала;
- проведение предварительных и периодических медицинских осмотров лиц, имеющих контакт с вредными веществами;
- разработку медицинских противопоказаний для работы с конкретными вредными веществами, инструкций по оказанию доврачебной и неотложной медицинской помощи пострадавшим при отравлении.

11.3.5 Мероприятия по снижению производственного травматизма

В связи с опасностью травматизма при использовании подъемно-транспортных механизмов необходимо проводить обязательную аттестацию работающих на право работы на данных механизмах с выдачей соответствующих документов. Кроме того, необходим контроль над тем, чтобы люди, не имеющие допуска, не работали на подъемно-транспортных механизмах. С технической стороны данной проблемы необходимо проводить контрольные испытания подъемно-транспортного оборудования с целью проверки их пригодности к использованию. Испытания должны проводиться один раз в полгода, а сведения о результатах испытаний должны заноситься в специальный журнал. С целью обеспечения безопасности при транспортировке деталей с помощью электрокара необходимо, чтобы водители при въезде на участок подавали предупредительные сигналы и снижали скорость до 5 км/ч. Проезд для электрокаров должен быть установленной ширины с запасом на случай непредвиденных ситуаций и не должен быть загроможден.

При работе на токарных станках во избежание попадания стружки в глаза необходимо установить защитные ограждения или выдать защитные очки рабочему.

Для того чтобы предотвратить захват волос вращающимися частями станков или режущим инструментом необходимо выдавать рабочим специальные береты или косынки.

11.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

По категории производства по пожарной опасности наше производство относится к категории Г.

Ответственным руководителем работ по ликвидации аварий является главный инженер предприятия. Непосредственное руководство тушением пожаров возложено на старшего начальника пожарной охраны, который должен выполнять задачи поставленные ответственным руководителем работ по ликвидации аварии.

Начальник цеха, в котором произошла авария, является ответственным исполнителем работ по ликвидации аварий.

Начальник смены, в которой произошла авария, лично или через ответственных подчинённых немедленно вызывает газоспасательную или пожарную часть, а также извещает об аварии диспетчера (дежурного) предприятия.

В обязанности мастеров и аппаратчиков цеха, в котором произошла авария, входит немедленное сообщение диспетчеру предприятия и принятие мер для вывода людей из рабочих помещений и ликвидации аварии.

При необходимости, для предотвращения осложнений аварии, эти лица отключают аппараты данного технологического процесса.

При сигнале об аварии (сирена) все работающие, кроме лиц, участвующих в ликвидации аварии в данном цехе (отделении, участке), обязаны немедленно использовать средства индивидуальной защиты (например, надеть фильтрующий противогаз) и покинуть рабочее помещение, двигаясь по заранее установленному маршруту к эвакуационным выходам.

Умение пользоваться индивидуальными защитными средствами и знание правил поведения при авариях и пожарах проверяются во время учебных тревог и учебно-тренировочных занятий, проводимых по графикам, разрабатываемым отделом техники безопасности и утверждённым главным инженером предприятия.

Пожарная безопасность обеспечивается системой организационных мероприятий, системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты согласно ГОСТ 12.1.004-91[10,стр.153]. Систему пожарной защиты организуют так, чтобы была обеспечена безопасность людей даже в случае возникновения аварийной обстановки.

Для разработки противопожарных мероприятий и для контроля за их выполнением на предприятии создана пожарно-техническая комиссия, в состав которой входят начальник добровольной пожарной дружины, главный механик и энергетик, главный технолог, инженер по технике безопасности и другие лица по усмотрению руководителя предприятия.

Причины пожаров в производственном помещении участка могут быть следующими:

- 1 .Пользование открытым огнем.
- 2 .Курение в непригодных для этого местах.
- 3.Возгорание промасленной использованной ветоши.
- 4.Появление искры при авариях в электроустановках (при КЗ).

Мероприятия по предотвращению пожара.

Так как помещение по степени пожаровзрывоопасности относится к категории Г необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий технического, эксплуатационного, организационного плана.

К техническим мерам относятся:

- Соблюдение пожарных норм при проектировании и сооружении зданий;
- Устройств о отопления и вентиляции;
- Выбор и монтаж оборудования;
- Наличие плана эвакуации.

К организационным мерам относятся:

- Обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности;
- Изучение инструкций, плакатов;
- Наличие плана эвакуации.

Необходимо учитывать ряд мер, направленных на обеспечение тушения пожара:

- Обеспечить подъезды к зданию;
- Обесточить электрические кабели;
- Наличие пожарных щитов и ящиков с песком в коридорах;
- Наличие гидрантов с пожарными рукавами;
- Тепловая сигнализация;

В местах, определенных пожарной охраной, должны быть размещены пожарные пункты со следующим набором пожарного оборудования:

- топоры	–2 шт.
- ломы	–2шт.
- багров железных	–2шт.
- огнетушитель ОХП-10	–2 шт.
- ведер	–2шт

Затем разрабатываются мероприятия по повышению устойчивости и подготовке объекта к восстановлению после ЧС. К таким мероприятиям относятся правильная планировка наземных и подземных зданий и сооружений основного и вспомогательного производства, складских помещений и зданий административно-бытового назначения; внутренняя планировка помещений; расстановка сил и состояние пунктов управления, и надежность узлов связи; безопасное хранение горючих и токсичных веществ и т.д.

В случае возникновения очага возгорания эвакуация людей и оборудования должна производиться по специальным эвакуационным путям, обозначенные на планах эвакуации в случае пожара, которые должны быть вывешены в наиболее видных местах. Эвакуационными выходами служат двери и ворота, ведущие из помещения наружу. [12]

В соответствии со СНиП II–2–80 все производства делят на категории по пожарной, взрывной и взрывопожарной опасности. Цех, в котором изготавливается сверло-зенкер, относится к категории Д, так как в нашем производстве обрабатываются негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

11.5 Пожарная и взрывная безопасность

Пожары на машиностроительных предприятиях представляют большую опасность для работников и могут причинить огромный материальный ущерб. Вопросы обеспечения пожарной безопасности производственных зданий и сооружений имеют большое значение и регламентируются государственными постановлениями и указами.

Пожаром называется неконтролируемое горение вне специального очага, наносящего материальный ущерб. Согласно ГОСТ 12. 1.004 – 91 ССБТ [5] понятие пожарная безопасность означает состояние объекта, при котором с установленной вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара и воздействия на людей опасных факторов пожара, а также обеспечивается защита материальных ценностей.

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера [15]:

- а) халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);
- б) самовоспламенение и самовозгорание веществ.

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для устранения причин возникновения пожаров в помещении цеха должны проводиться следующие мероприятия:

- а) сотрудники предприятия должны пройти противопожарный инструктаж;

б) сотрудники обязаны знать расположение средств пожаротушения и уметь ими пользоваться;

в) необходимо обеспечить правильный тепловой и электрический режим работы оборудования;

г) пожарный инвентарь и первичные средства пожаротушения должны содержаться в исправном состоянии и находиться на видном и легко доступном месте.

11.6 Охрана окружающей среды

В современных условиях одной из важнейших задач является защита окружающей среды. Выбросы промышленных предприятий, энергетических систем и транспорта в атмосферу, водоемы и недра земли на данном этапе развития достигли таких размеров, что в ряде крупных промышленных центров, уровни загрязнения существенно превышают допустимые санитарные нормы.

Проблема охраны окружающей среды очень важна так как при производственном процессе происходит выброс вредных веществ в атмосферный воздух.

Основными загрязняющими веществами, выбрасываемыми предприятием в атмосферный воздух, являются взвешенные вещества, хлористый барий, щелочь, масло и др. Для предприятия разработаны и утверждены нормативы предельно допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу.

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются термический цех, механические цехи, ремонтно-хозяйственный цех, транспортный.

Из производственных цехов вредные вещества удаляются:

- местными отсосами,
- крышными вентиляторами.

При производстве инструмента в инструментальном цехе образуются производственные отходы. В утилизируемые отходы входят: металлическая стружка и кусковые отходы, отходы оболочковых форм, макулатура, отходы абразивных кругов, отработанное масло, отходы люминесцентных ламп. К не утилизируемым относятся отходы термических солей, отходы автопокрышек, отходы СОЖ и моющих растворов, отходы промасленной ветоши и опилок, шлам металлоабразивный, шлам станции нейтрализации.

Работа по сбору, хранению и вывозу отходов проводится по технологической инструкции «Учёт, сбор, хранение и транспортирование промышленных отходов I-IV классов токсичности.

Заключение

В результате проделанной работы был спроектирован и рассчитан технологический процесс изготовления вала переднего. Достигнуты все требуемые по чертежу параметры качества поверхностного слоя и взаимного расположения поверхностей, также поставленные цели по созданию нового технологического процесса.

В процессе проделанной работы был произведен, следующее:

- обоснованный выбор заготовки;
- расчет припусков на обработку;
- размерный анализ технологического процесса;
- выбор оборудования, инструмента;
- расчет режимов резания, сил резания и потребной мощности оборудования;
- расчет основного времени;
- разработка расчетно-технологических карт;
- расчет и анализ по охране труда;
- экономическая часть.

При рассмотрении и проведения экономических расчетов был произведен сравнительный анализ между двумя технологическими процессами, который показал целесообразность применения нового технологического процесса, с точки зрения экономической эффективности, предлагаемого технологического процесса по сравнению с исходным технологическим процессом.

Результаты данной ВКР могут быть применены на производстве с целью совершенствования технологического процесса изготовления детали – вала

Список использованной литературы

1. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: учебное пособие / В. Ф. Скворцов. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2006. – 99 с.
2. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. – 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с четвёртого издания 1983 г. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
3. Маталин А. А. Технология машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». – Л.: Машиностроение, Ленингр. от-ние, 1985. – 496 с., ил.
4. Интернет – ресурс: <http://www.1stanok.ru/> - станочное оборудование и станки металлорежущие.
5. Интернет – ресурс: <http://www.gig-ant.com> - металлорежущие станки и оборудование.
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. С74 Т. 2/Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1985. 496 с., ил.
7. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник/В. И. Баранчиков, А. В. Жаринов, Н. Д. Юдина и др.: Под общ. ред. В. И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.: ил.
8. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм и др.; Под общ.ред. А. А. Панова. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2004. – 784 с.: ил.
10. Общемашиностроительные укрупненные нормы времени. Металлообрабатывающие станки в мелко- и среднесерийном производстве. М.: Машиностроение, 1977 – 295 с.

11.Еремин В.Г., Сафронов В.В. и др. Обеспечение безопасности жизнедеятельности в машиностроение. -М .: Машиностроение, 2002.

12.Охрана труда в машиностроении: Учебник для машиностроительных вузов. Под ред. Е.Я. Юдина и С.В. Белова. -М.: Машиностроение, 1983