

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт ИК
Направление подготовки Машиностроение
Кафедра ТАМП

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологического процесса изготовления ходового винта

УДК _____

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л21	Возовиков Данил Максимович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
зав. кафедрой	Арляпов А.Ю.	кандидат наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Конотопский В.Ю.	кандидат наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Мезенцева И. Л.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Арляпов А.Ю.			

Оглавление

АННОТАЦИЯ.....	4
ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ.....	5
1.ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА.....	6
2.АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛИ	9
3.ВЫБОР ИСХОДНОЙ ЗАГОТОВКИ.....	9
4.РАЗРАБОТКА МАРШРУТА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВМНТА.....	10
5.РАСЧЕТ ДИАМЕТРАДЬНЫХ ПРИПУСКОВ И ДИАМЕТРАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ	12
6.РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ В ОСЕВОМ НАПРАВЛЕНИИ.....	19
7.ВЫБОР СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ.....	28
8.РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ	30
9.РАСЧЕТ ОСНОВНОГО ВРЕМЕНИ.	52
10.КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.	57
10.1. Расчёт усилия закрепления.	58
10.2 Расчёт погрешности закрепления.	60
11. ФИНАНСОВЫЙ МЕНДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	61
11.1 Расчет затрат по статье «сырье и материалы»	61
11.2 Расчет затрат по статье «возвратные отходы»	61
11.3 Расчет затрат по статье «основная заработная плата производственных рабочих»	61
11.4 Расчет затрат по статье «дополнительная заработная плата производственных рабочих»	62

11.5 Расчет затрат по статье «налоги, отчисления в бюджет и внебюджетные фонды».....	63
11.6 расчет затрат по статье «расходы по содержанию и эксплуатации машин и оборудования»	63
11.7. Расчет затрат по статье «общецеховые расходы»	67
11.8.Расчет затрат по статье «общехозяйственные расходы»	68
11.9.Расчет затрат по статье «расходы на реализацию (внепроизводственные)» ..	68
11.10. Расчет прибыли	68
11.11 Расчет НДС	68
11.12 Цена изделия.....	68
12. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	70
ВВЕДЕНИЕ.....	70
12.1Производственная безопасность.....	70
12.2 Экологическая безопасность.....	75
12.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	76
12.4.Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	77
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	78

АННОТАЦИЯ

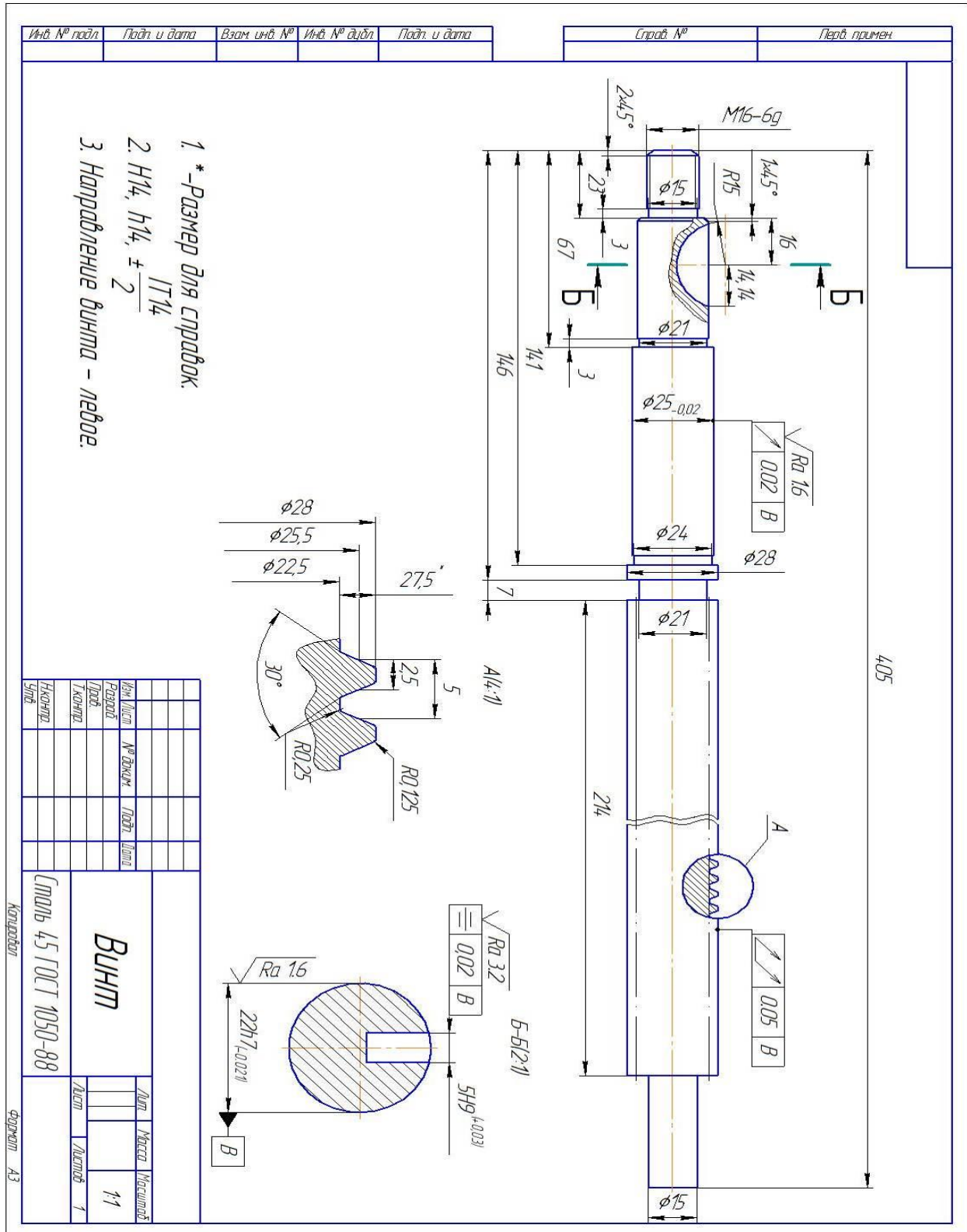
Целью выпускной квалификационной работы является разработка эффективного технологического процесса изготовления детали типа «Винт».

Так же данная работа включает: выбор универсального оборудования, расчет основного времени, расчет специального приспособления (конструкторская часть), ресурсоэффективность и ресурсосбережение, социальная ответственность.

Выполненная работа позволит получить навыки разработки технологии изготовления детали и закрепит теоретические знания по дисциплине «Технология машиностроения». Технологический процесс разрабатывается для условий среднесерийного производства.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Разработать технологический процесс изготовления оси. Чертёж детали представлен на рисунке 1. Годовая программа выпуска: 5000 шт.



1.ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА

В данном пункте предварительно определен тип производства данной детали.

Расчет производился при помощи данных, взятых с основного чертежа детали.

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

$$K_{з.о} = \frac{t_{\text{в}}}{T_{\text{ср}}}, \quad (1)$$

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:

$$t_{\text{в}} = \frac{F_{\text{г}}}{N_{\text{г}}}, \quad (2)$$

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

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

Годовой фонд времени работы оборудования при односменном режиме работы: $F_{\text{г}} = 2070$ ч.

Тогда

$$t_{\text{в}} = \frac{F_{\text{г}}}{N_{\text{г}}} = \frac{2070 \cdot 60}{5000} = 24,84 \text{ мин};$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса:

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{\text{ш.к } i}}{n}, \quad (3)$$

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

n – количество основных операций.

В качестве основных операций выберем 5 операций ($n=5$).

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

$$T_{\text{ш.к } i} = \varphi_{\text{к.и}} \cdot T_{\text{oi}} \quad (4)$$

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

$T_{о.і}$ – основное технологическое время і- ой операции, мин.

В качестве основных операций выберем 5 операции (n=5): четыре токарные с ЧПУ и фрезерную.

Для первой, второй, третьей и четвертой операции (токарной) $\varphi_{к.1} = \varphi_{к.2} = \varphi_{к.3} = \varphi_{к.4} = 2,14$;

для фрезерной: $\varphi_{к.5} = 1,84$.

Основное технологическое время определяем по рекомендациям приложения 1 [1], 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 начерно, точение поверхности начерно и начисто, нарезание резьбы на валу):

$$T_{о.1} = (0,037(D^2 - d^2) + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,52 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3},$$

где d – диаметр, мм;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм.

Значения вышеперечисленных переменных определяем приближенно, по рисунку 1.

Тогда

$$T_{о.1} = (0,037(30^2 - 0) + 0,17 \cdot 29 \cdot 153 + 0,52 \cdot 4 \cdot 9) \cdot 10^{-3} = 0,81(\text{мин})$$

Штучно – калькуляционное время данной операции определяем по формуле (4):

$$T_{ш.к1} = \varphi_{к.1} \cdot T_{о.1} = 2,14 \cdot 0,81 = 1,73 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время второй токарной операции определяем для следующих переходов: подрезка торца, сверление отверстия, точение поверхности):

$$T_{о.2} = (0,037(D^2 - d^2) + 0,52 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3},$$

тогда

$$T_{о.2} = (0,037(30^2 - 0^2) + 0,52 \cdot 4 \cdot 9 + 0,17 \cdot 29 \cdot 252 + 0,17 \cdot 15 \cdot 38) \cdot 10^{-3} = 1,39 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции, формула (4):

$$T_{ш.к2} = \varphi_{к.2} \cdot T_{о.2} = 2,14 \cdot 1,39 = 2,95 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время для третьей операции:

$$T_{0.3} = 0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,037(D^2 - d^2) + 0,037(D^2 - d^2) + 0,037(D^2 - d^2) + 0,037(D^2 - d^2) \cdot 10^{-3},$$

тогда

$$T_{0.3} = 0,17 \cdot 26 \cdot 74 + 0,17 \cdot 23 \cdot 44 + 0,17 \cdot 16 \cdot 23 + 0,037(29^2 - 21^2) + 0,037(25^2 - 24^2) + 0,037(22^2 - 21^2) + 0,037(16^2 - 15^2) \cdot 10^{-3} = 0,58(\text{мин})$$

Штучно – калькуляционное время данной операции, формула (4):

$$T_{ш.к3} = \varphi_{к.3} \cdot T_{о.3} = 2,14 \cdot 0,58 = 1,24 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время для четвертой операции:

$$T_{0.4} = 4 \cdot l \cdot 10^{-3}$$

тогда

$$T_{0.4} = 4 \cdot 30 \cdot 10^{-3} = 0,12(\text{мин})$$

Штучно – калькуляционное время данной операции, формула (4):

$$T_{ш.к4} = \varphi_{к.5} \cdot T_{о.4} = 1,84 \cdot 0,12 = 0,22 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время для четвертой операции:

$$T_{0.5} = 19 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3}$$

тогда

$$T_{0.5} = 19 \cdot 28 \cdot 10^{-3} = 0,53(\text{мин})$$

Штучно – калькуляционное время данной операции, формула (4):

$$T_{ш.к4} = \varphi_{к.5} \cdot T_{о.4} = 2,14 \cdot 0,53 = 1,13 \text{ мин.}$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса определяем по формуле (3):

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к i}}{n} = \frac{T_{ш.к1} + T_{ш.к2} + T_{ш.к3} + T_{ш.к4} + T_{ш.к5}}{5} = \frac{1,73 + 2,95 + 1,24 + 0,22 + 0,53}{5} = 1,34(\text{мин})$$

Тип производства определяем по формуле (1):

$$K_{з.о} = \frac{t_e}{T_{cp}} = \frac{24,84}{1,34} = 18,5$$

Так как $K_{з.о} = 18,5 < 20$, то тип производства среднесерийное.

2. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛИ

Деталь – Винт – представляет собой тело вращения, изготавливаемое из стали 45. Данная деталь применяется в вертикально-сверлильных станках. В зависимости от марки станка, винт может использоваться как вертикальная направляющая, по которой перемещается стол, либо для перемещения сверлильной головки. Деталь имеет достаточно простую конструкцию. Обеспечивается свободный доступ инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям, деталь является достаточно жесткой, отсутствуют какие-либо специальные требования к форме и взаимному расположению геометрических элементов. Деталь имеет совокупность поверхностей, которые могут быть использованы в качестве технологических баз. Закалка данной детали не производится.

3. ВЫБОР ИСХОДНОЙ ЗАГОТОВКИ

С учетом технологических свойств материала детали (материал детали сталь 45), её габаритов и массы, требований к механическим свойствам (особых требований нет), а также типом производства (среднесерийное) выбираем в качестве исходной заготовки – прокат горячекатаный, рисунок 2. Выбор обосновывается тем, что у детали малый перепад диаметров и с учетом среднесерийного производства, экономически выгодно деталь выполнять из проката. Отходы в виде металлической стружки будут в пределах 14%.

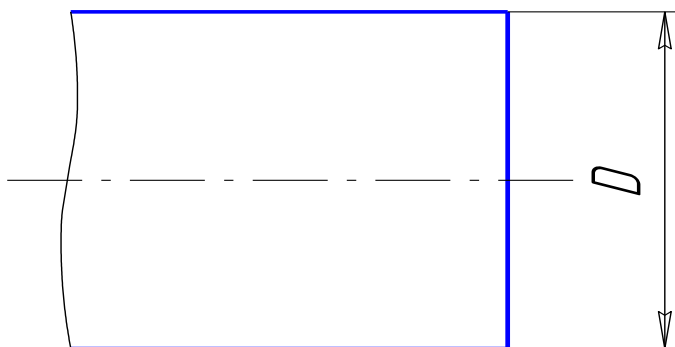
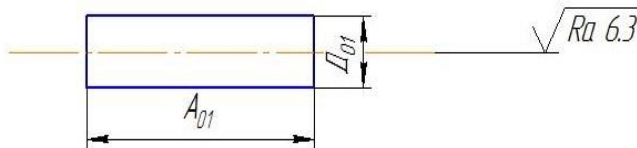
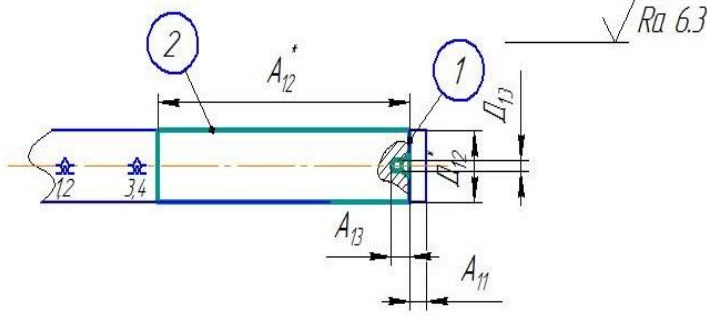
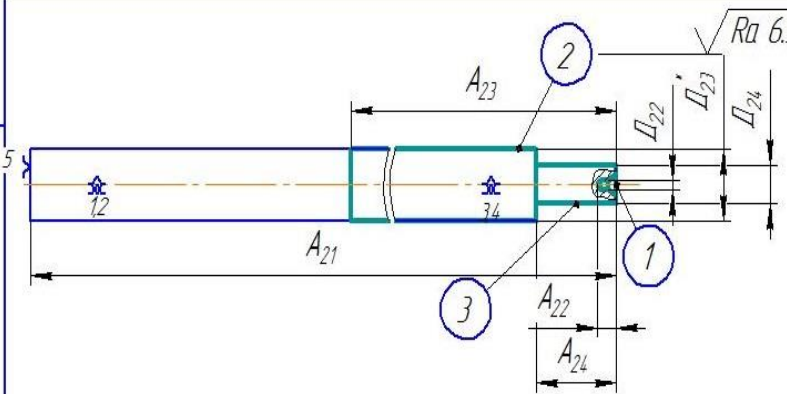


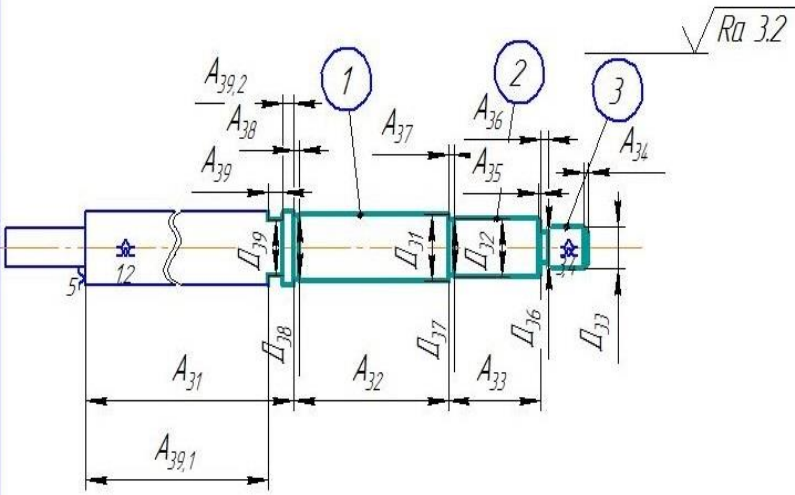
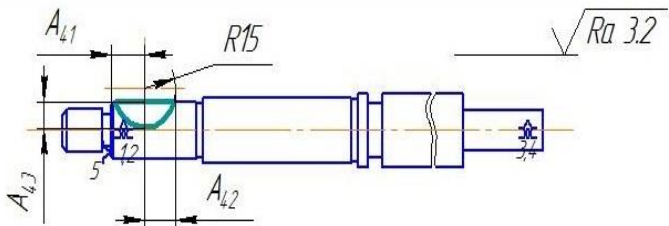
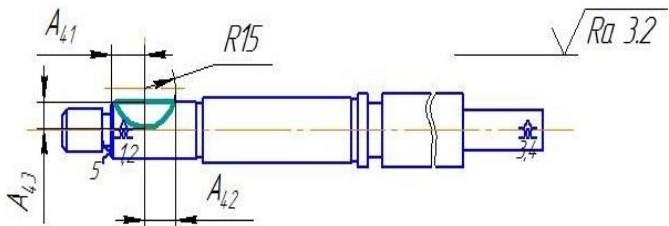
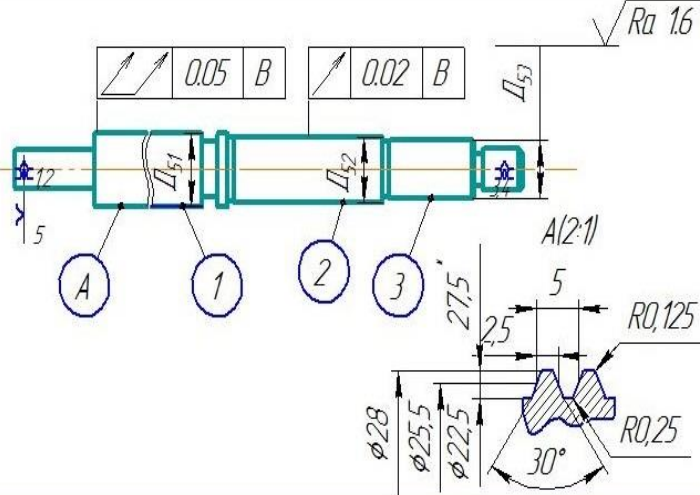
Рисунок 2.

4.РАЗРАБОТКА МАРШРУТА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВМНТА.

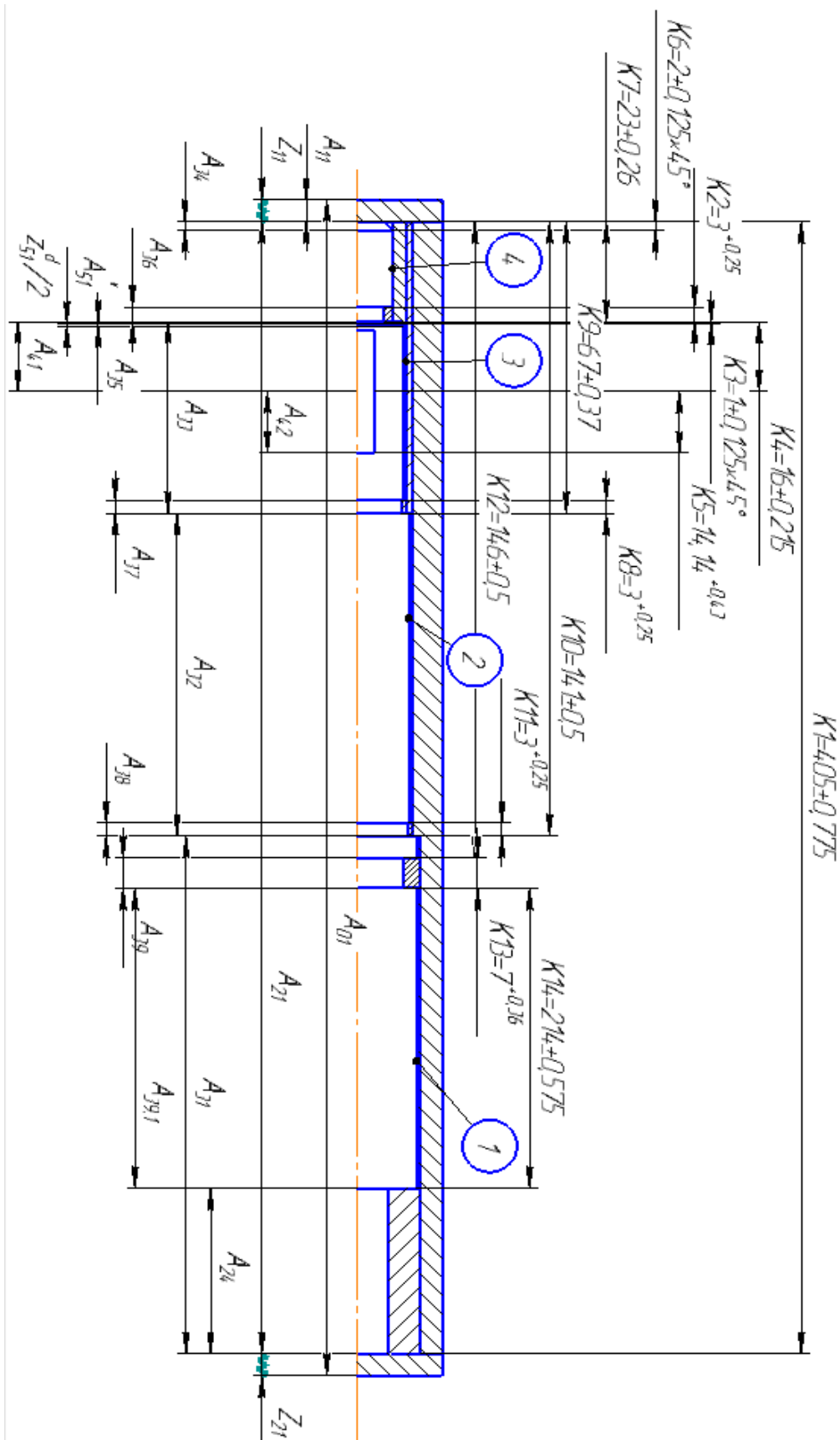
Маршрут технологии изготовления оси представлен в таблице 1, где также обозначены технологические базы, требования к форме и расположения поверхностей, требуемая поверхность к шероховатости поверхностей.

Таблица 1 – Маршрут изготовления детали

Номер		Наименование и содержание операций	Операционный эскиз
Операции	Перехода		
0		Заготовительная	
	1	Отрезать заготовку в размер A_{01}	
1		Токарная	
	1	Подрезать торец 1 выдерживая размер A_{11}	
	2	Точить поверхность 2 на длину A_{12}^* до D_{12}^*	
	3	Сверлить центровое отверстие D_{13} на длину A_{13}	
2		Токарная с ЧПУ (использовать люнет как дополнительную опору)	
	1	Подрезать торец 1 выдерживая размер A_{21}	
	2	Сверлить центровое отверстие D_{22} на длину A_{22} (Поджать в центровое отверстие задней бабкой)	
	3	Точить поверхность 2 на длину A_{23} до D_{23}	
	4	Точить поверхность 3 на длину A_{24} до D_{24}	

3		Токарная с ЧПУ (Зажать в 3-кулачковом патроне, поджать задней бабкой и поставить люнет)	
	1	Точить поверхность 1, выдерживая размер A_{31} и D_{31}	
	2	Точить поверхность 2, выдерживая размер A_{32} и D_{32}	
	3	Точить поверхность 3, выдерживая размер A_{33} и D_{33}	
	4	Точить фаску A_{34}	
	5	Точить фаску A_{35}	
	6	Точить канавку в размер A_{36} и до ϕD_{36}	
	7	Точить канавку в размер A_{37} и до ϕD_{37}	
	8	Точить канавку в размер A_{38} и до ϕD_{38}	
	9	Точить канавку в размер A_{39} и до ϕD_{39}	
	10	Нарезать резьбу на поверхности 3	
4		Фрезерная Закрепить в 3-кулачковом патроне и поджать центром.	
5		Фрезеровать шпоночный паз на длине A_{41} в размер A_{42} на глубину A_{43}	
	1	Токарная Точить поверхность 1, выдерживая D_{51}	
	2	Точить поверхность 2, выдерживая D_{52}	
	3	Точить поверхность 3, выдерживая D_{53}	
	4	Нарезать резьбу на поверхности 1.	

5. РАСЧЕТ ДИАМЕТРАЛЬНЫХ ПРИПУСКОВ И ДИАМЕТРАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ



Размерная схема – Рис.1

5.1 Расчет припусков и технологических размеров поверхности Ø28

Минимальный припуск на обработку поверхностей вращения определяется по формуле:

$$2 \cdot Z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (5)$$

где Rz_{i-1} – шероховатость поверхности на предшествующем переходе или операции, мкм;

h_{i-1} – толщина дефектного поверхностного слоя, полученного на предшествующем переходе или операции, мкм;

ρ_{i-1} – суммарное пространственное отклонение обрабатываемой поверхности, полученное на предшествующем переходе или операции, мкм;

ε_i – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе, мкм.

Таблица 2 – Расчет припусков на обработку поверхности Ø28

Переходы обработки поверхности Ø28	Элементы минимального припуска, мкм				Минимальный припуск $2 \cdot Z_{\min}$, мкм
	Rz	h	ρ	ε	
Точение: Чистовое Н14	50	150	140	0	680

Шероховатость поверхности и толщину дефектного поверхностного слоя после механической обработки определяем по таблице 4.5 [1]:

чистовое точение: $Rz = 50$ мкм, $h = 150$ мкм;

Погрешность установки заготовки на выполняемом переходе зависит только от погрешности базирования (погрешности закрепления нет). Погрешность базирования определяем по таблице 4.10 [1]:

чистовое точение: $\varepsilon = 0$ мкм;

Минимальный припуск на точение, формула (5):

$$2Z_{51\min} = 2(R_{z_0} + h_0 + \sqrt{\rho_0^2 + \varepsilon_1^2}) = 2(50 + 150 + \sqrt{140^2 + 0}) = 680 \text{ мкм.}$$

Расчет диаметральных технологических размеров выполняем из условия обеспечения минимальных припусков на обработку. При этом расчете будем использовать размерную схему, отмеченную на основной размерной схеме цифрой 1, представленную на рисунке 3.

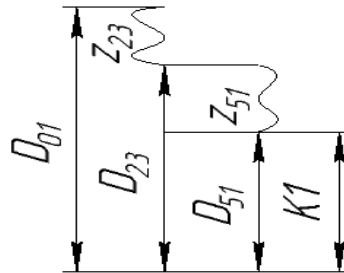


Рисунок 3 – Размерная схема обработки поверхности Ø28 мм=K1.

Допуск и предельные отклонения на заготовку выбираем в соответствии с рекомендациями [2]:

$$Z_{51} = D_{23} - D_{51} \Rightarrow D_{23} = D_{51} + z_{51}$$

$$z_{51}^{cp} = \frac{2 \cdot z_{51\min}^{cp} + TD_{23} + TD_{51}}{2} = \frac{2 \cdot 0.680 + 0.16 + 0.039}{2} = 0.78 (\text{мм})$$

$$D_{23}^{cp} = z_{51}^{cp} + D_{51}^{cp} = 0,78 + 27,74 = 28,52 (\text{мм})$$

$$D_{23} = 28.6_{-0,16} (\text{мм})$$

5.2 Расчет припусков и технологических размеров поверхности ØD₀₁

Вычислим номинальное значение D₀₁;

Переходы обработки поверхности Ø28,52	Элементы минимального припуска, мкм				Минимальный припуск 2·Z _{min} , мкм
	Rz	h	ρ	ε	
Точение: Черновое H14	150	250	140	0	1080

$$D_{01-0.7}^{+0.2}$$

$$Z_{51} = D_{01} - D_{23} \Rightarrow D_{01} = D_{23} + z_{23}$$

$$z_{23}^{cp} = \frac{2 \cdot z_{23min}^{cp} + TD_{23} + TD_{01}}{2} = \frac{2 \cdot 1.08 + 0.16 + 0.9}{2} = 1.61(мм)$$

$$D_{01}^{cp} = z_{23}^{cp} + D_{23}^{cp} = 1,68 + 28,52 = 30,2(мм)$$

$$D_{01} = 30,2_{-0.7}^{+0.2}(мм)$$

Примем номинальный диаметр:

$$D_{01} = 31_{-0.7}^{+0.2}(мм)$$

Примем припуск $z_{12}=z_{23}$ и $D_{12}=D_{23}$

5.3 Расчет припусков и технологических размеров поверхности Ø25.

Так как для обработки цилиндрических поверхностей используется токарный станок с ЧПУ, то точение поверхностей Ø25, будет выполняться по контуру. Нужно определить технологический размер под чистовое точение. Схема представлена на рисунке 4.

Таблица 3 – Расчет припусков на обработку поверхности Ø25

Переходы обработки поверхности Ø25	Элементы минимального припуска, мкм				Минимальный припуск $2 \cdot Z_{min}$, мкм	Допуск на переход TD, мкм
	Rz	h	ρ	ε		
Точение: Чистовое H14	50	150	77	0	554	39

Минимальный припуск под чистовое точение, формула (5):

$$2Z_{52min} = 2(R_{Z_1} + h_1 + \sqrt{\rho_1^2 + \varepsilon_2^2}) = 2(50 + 150 + 40) = 554 \text{ мкм.}$$

При этом расчете будем использовать размерную схему, отмеченную на основной размерной схеме цифрой 2, представленную на рисунке 4.

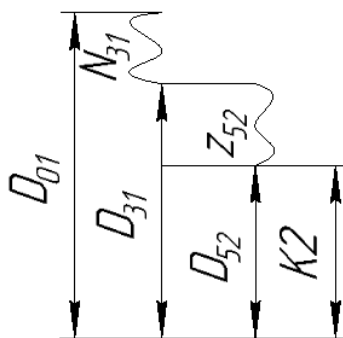


Рисунок 4 – Размерная схема обработки поверхности Ø25 мм.

Сперва определяем технологический размер под чистовое точение – D_{31} . Для этого рассмотрим размерную цепь, в которую входят размеры: $D_{52} = K2$, D_{31} , $2 \cdot Z_{52min}$.

$$Z_{52} = D_{31} - D_{52} \Rightarrow D_{31} = D_{52} + z_{52}$$

$$z_{52}^{cp} = \frac{2 \cdot z_{52min}^{cp} + TD_{52} + TD_{31}}{2} = \frac{2 \cdot 0.554 + 0.16 + 0.039}{2} = 0.83(мм)$$

$$D_{31}^{cp} = z_{52}^{cp} + D_{52}^{cp} = 0.83 + 25.01 = 25.84(мм)$$

$$\text{Звено записываем в виде: } D_{31} = 25.84 \pm 0.08(мм)$$

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то окончательно запишем:

$$D_{31} = 25.92_{-0.16}(мм)$$

Теперь найдем оставшийся напуск N_{31} , предварительно снятый для чистового точения из рисунка 5.

$$N_{31}^{cp} = D_{01}^{cp} - D_{31}^{cp} = 30.75 - 25.86 = 4.89(мм)$$

5.4 Расчет припусков и технологических размеров поверхности Ø22.

Так как для обработки цилиндрических поверхностей используется токарный станок с ЧПУ, то точение поверхностей Ø25, будет выполняться по контуру. Нужно определить технологический размер под чистовое точение. Схема представлена на рисунке 4.

Таблица 3 – Расчет припусков на обработку поверхности Ø25

Переходы обработки поверхности Ø25	Элементы минимального припуска, мкм				Минимальный припуск $2 \cdot Z_{\min}$, мкм	Допуск на переход TD, мкм
	Rz	h	ρ	ε		
Точение: Чистовое Н14	50	150	77	0	554	39

Минимальный припуск под чистовое точение, формула (5):

$$2Z_{52\min} = 2(R_{z_1} + h_1 + \sqrt{\rho_1^2 + \varepsilon_2^2}) = 2(50 + 150 + 40) = 554 \text{ мкм.}$$

При этом расчете будем использовать размерную схему, отмеченную на основной размерной схеме цифрой 3, представленную на рисунке 6.

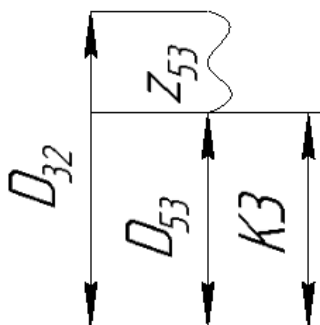


Рисунок 6 – Размерная схема обработки поверхности Ø22 мм.

Определяем технологический размер под чистовое точение – D_{32} . Для этого рассмотрим размерную цепь, в которую входят размеры: $D_{53} = K3$, D_{32} , $2 \cdot Z_{53\min}$.

$$Z_{53} = D_{32} - D_{53} \Rightarrow D_{32} = D_{53} + Z_{53}$$

$$z_{53}^{cp} = \frac{2 \cdot z_{53\min}^{cp} + TD_{53} + TD_{32}}{2} = \frac{2 \cdot 0.554 + 0.16 + 0.039}{2} = 0.65 (\text{мм})$$

$$D_{32}^{cp} = z_{53}^{cp} + D_{53}^{cp} = 0.65 + 22.0105 = 22.66 (\text{мм})$$

$$\text{Звено записываем в виде: } D_{32} = 22.66 \pm 0.08 (\text{мм})$$

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то окончательно запишем:

$$D_{32} = 22.74_{-0.16} (\text{мм})$$

Определяем напуск N_{33} (рисунок 7)

$$N_{33}^{cp} = D_{32}^{cp} - D_{33}^{cp} = 22,66 - 15,75 = 6,91 \text{ мм}$$

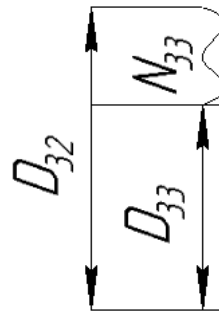
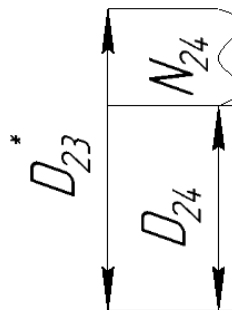


Рисунок 7 – Размерная схема обработки поверхности

Определим Напуск N_{24} (рисунок 8)



$$N_{24}^{cp} = D_{23}^{cp*} - D_{24}^{cp} = 28,52 - 14,785 = 13,74 \text{ мм}$$

Рисунок 9 – Размерная схема обработки поверхности Ø15 мм.

5.5 Расчёт напусков на обработку канавок Ø24 мм, Ø21 мм, Ø15 мм.

Рассчитаем напуск на канавку Ø24 мм. Зная средний диаметр исходной заготовки D_{01} и средний диаметр канавки D_{36} найдем напуск N_{36} :

$$N_{36}^{cp} = D_{01}^{cp} - D_{36}^{cp} = 30,75 - 15,215 = 15,535 (\text{мм})$$

Рассчитаем напуск на канавку Ø21 мм. Зная средний диаметр исходной заготовки D_{01} и средний диаметр канавки D_{37} найдем напуск N_{37} :

$$N_{37}^{cp} = D_{01}^{cp} - D_{37}^{cp} = 30,75 - 21,26 = 9,49 (\text{мм})$$

Т.к. размеры канавки D_{37} и D_{39} совпадают, то напуск равен размеру N_{37}

Рассчитаем напуск на канавку Ø24 мм. Зная диаметр исходной заготовки D_{01} и диаметр канавки D_{38} найдем напуск N_{38} :

$$N_{38}^{cp} = D_{01}^{cp} - D_{38}^{cp} = 30,75 - 24,26 = 6,49 (\text{мм})$$

6. РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ В ОСЕВОМ НАПРАВЛЕНИИ

Формула для расчета минимальных припусков на обработку плоскостей:

$$Z_{i \min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} \quad (6)$$

Таблица 4 – Расчет припусков на обработку торца Z_{11}

Переходы обработки торца	Элементы минимального припуска, мкм			Минимальный припуск $Z_{11\min}$, мкм
	Rz	h	ρ	
Подрезка: Чистовая	100	80	1500	1680

Шероховатость поверхности и толщину дефектного поверхностного слоя заготовки определяем по таблице 4.4 [1]: $Rz + h = 180$ мкм.

Торец А формируется после отрезки предыдущей заготовки. Суммарное пространственное отклонение находим по формуле:

$$\rho_{i-1} = \rho_{\phi i-1} + \rho_{pi-1}, \quad (7)$$

где $\rho_{\phi i-1}$ – погрешность формы обрабатываемой поверхности;

ρ_{pi-1} – погрешность расположения обрабатываемой поверхности.

Из Приложения 3 [2] для $l \approx 10$ мм:

$$\rho_{\phi i-1} = 1460 \text{ мкм} \quad \rho_{pi-1} = 40 \text{ мкм}$$

Таким образом

$$\rho_{i-1} = \rho_{\phi i-1} + \rho_{pi-1} = 10 + 40 = 1500 \text{ мкм}$$

Минимальный припуск на подрезку торца, по формуле (6):

$$Z_{11\min} = Rz_{i\min} + h_{i\min} + \rho_{i-1} = 100 + 80 + 1500 = 1680 \text{ мкм}$$

Определим минимальный припуск на черновое подрезание торца Z_{21} . Шероховатость поверхности и толщину дефектного поверхностного слоя принимаем такие же как для торца А: $Rz + h = 180$ мкм.

Погрешности формы и расположения ($l = 10...15$ мм) принимаем из Приложения 3 [2]: $\rho_{\phi i-1} = 1460 \text{ мкм}$ а $\rho_{pi-1} = 40 \text{ мкм}$

Суммарное пространственное отклонение:

$$\rho_{i-1} = \rho_{\phi i-1} + \rho_{pi-1} = 10 + 40 = 1500 \text{ мкм}$$

Минимальный припуск на чистовую подрезку торца:

$$Z_{21\min} = R_{z_{i\min}} + h_{i\min} + \rho_{i-1} = 50 + 80 + 50 = 180 \text{ мкм}.$$

Таблица 5 – Расчет припусков на обработку торца Z_{21}

Переходы обработки торца Z_{21}	Элементы минимального припуска, мкм			Минимальный припуск $Z_{21\min}$, мкм
	Rz	h	ρ	
Подрезка: Чистовая	100	80	1500	1680

Расчёт допусков на обработку.

Допуски на диаметральные размеры, принимаем равные статистической точности на обработку заготовки $TD = \omega_c$. Допуски на осевые размеры назначаем по методике, изложенной [2].

Таблица допусков

D	ω	TD	A	ω	ρ	ϵ	ТА
D ₂₃	160	160	A ₀₁				
D ₂₄	160	160	A ₁₁	300			300
D ₃₁	160	160	A ₁₂	200	70		270
D ₃₂	160	160	A ₂₁	250	150		400
D ₃₃	160	160	A ₂₃				
D ₃₆	160	160	A ₂₄	100	50		150
D ₃₇	160	160	A ₃₁	100	70		170
D ₃₈	160	160	A ₃₂	100	48		148
D ₃₉	160	160	A ₃₃	100	36		136
D ₅₁	39	39	A ₃₄	200			200
D ₅₂	39	39	A ₃₅	200			200
D ₅₃	39	39	A ₃₆	200			200
D ₅₄	39	39	A ₃₇	200			200
			A ₃₈	200			200
			A ₃₉	200			200
			A _{39.1}	200	70		270
			A ₄₁	200			200
			A ₄₂	200			200

Расчёт начинаем с проверки условия:

$$TK_i \geq \sum TA_i, \quad (8)$$

Для размера K_1 (см. рисунок 8): $TK_1 = 1,55 \geq TA_{2,1} = 1,55 \geq 0,4$ мм, т. е. размер K_1 может быть обеспечен с заданной точностью.

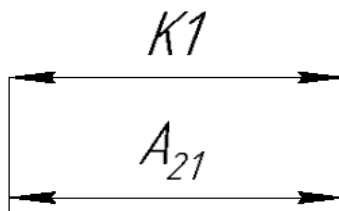


Рисунок 8 – Размерная схема для K_1

Для размера K_2 (см. рисунок 9): $TK_2 = 0,25 \geq TA_{36} = 0,2$, размер K_2 может быть обеспечен с заданной точностью.

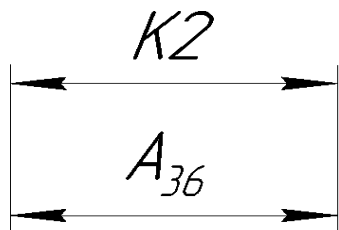


Рисунок 9 – Размерная схема для K_2

При тонком точении наружной поверхности $\varnothing 22$ происходит изменение размера фаски. Указанное изменение при угле фаски 45° может быть принято равным половине удаляемого при шлифовании припуска на диаметр $Z_{Д6.1}/2$.

Учитывая, что $Z_{Д5.1}/2 = 0,48_{-0,021}$ имеем $A_{51}^* = \frac{Z_{51}^d}{2} = 0,24_{-0,0105} \approx 0,24_{-0,01}$ мм

Для размера K_3 (см. рисунок 10): $TK_3 = 0,25 \geq TA'_{6.1} + TA_{35} = 0,01 + 0,2 = 0,21$ мм, размер K_3 может быть обеспечен с заданной точностью.

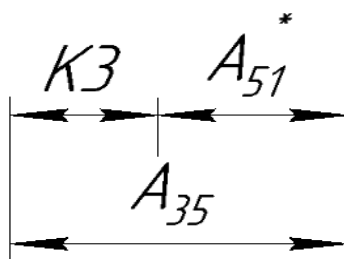


Рисунок 10 – Размерная схема для K_3

Для размера K_4 (см. рисунок 11): $TK_4 = 0,43 \geq TA_{4.1} = 0,2$ мм, размер K_4 может быть обеспечен с заданной точностью.

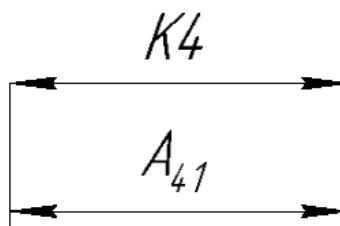


Рисунок 11 – Размерная схема для K_4

Для размера K_5 (см. рисунок 12): $TK_5 = 0,7 \geq TA_{2.1} + TA_{2.3} = 0,2 + 0,5 = 0,7$ мм, размер K_5 может быть обеспечен с заданной точностью.

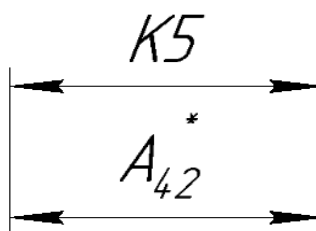


Рисунок 12 – Размерная схема для K_5

Для размера K_6 (см. рисунок 13): $TK_6 = 0,25 \geq TA_{34} = 0,2$ мм, размер K_6 может быть обеспечен с заданной точностью.

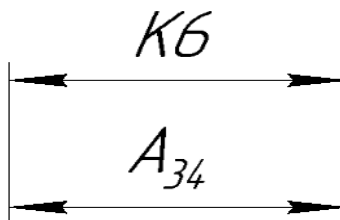


Рисунок 13 – Размерная схема для K_6

Для размера K_7 (см. рисунок 14): $TK_7 = 0,52 \geq TA_{21} + TA_{31} + TA_{32} + TA_{33} + TA_{24} = 0,4 + 0,170 + 0,148 + 0,136 + 0,15 = 1,004$ мм, размер K_7 не может быть обеспечен с заданной точностью. Посчитаем этот размер вероятностным методом:

$$TA_{\Delta} = \sqrt{\sum TA_{i-1}^2}$$

$$TK_7 = \sqrt{TA_{21}^2 + TA_{31}^2 + TA_{32}^2 + TA_{33}^2 + TA_{24}^2} = 0.50 \text{ мм}$$

Таким образом размер K_7 может быть обеспечен с заданной точностью.

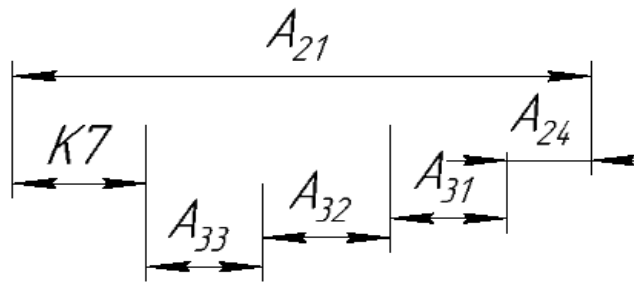


Рисунок 14 – Размерная схема для K_7

Для размера K_8 (см. рисунок 15): $TK_8 = 0,25 \geq TA_{37} = 0,2$ мм, размер K_8 может быть обеспечен с заданной точностью.

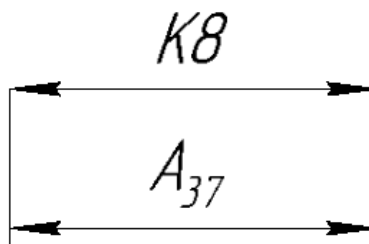


Рисунок 15 – Размерная схема для K_8

Для размера K_9 (см. рисунок 16): $TK_9 = 0,74 \geq TA_{21} + TA_{24} + TA_{31} + TA_{32} = 0,4 + 0,15 + 0,17 + 0,148 = 0,868$ мм, размер K_9 не может быть обеспечен с заданной точностью. Посчитаем этот размер вероятностным методом:

$$TA_{\Delta} = \sqrt{\sum TA_{i-1}^2}$$

$$TK_7 = \sqrt{TA_{21}^2 + TA_{31}^2 + TA_{32}^2 + TA_{24}^2} = 0.48 \text{ мм}$$

Таким образом размер K_9 может быть обеспечен с заданной точностью.

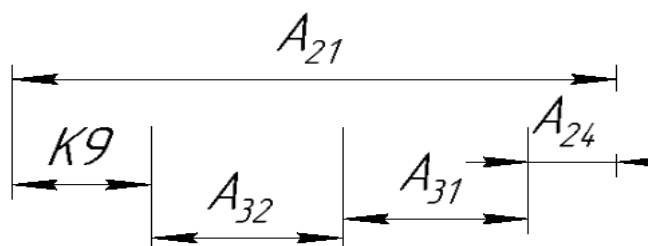
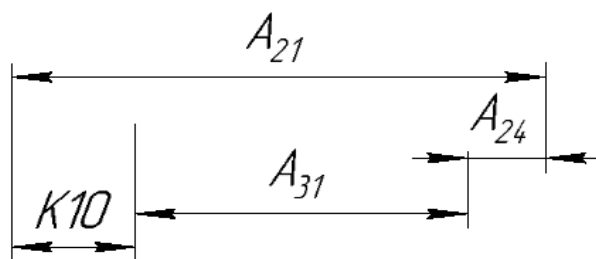


Рисунок 16 – Размерная схема для K_9

Для размера K_{10} (см. рисунок 17): $TK_{10} = 1 \geq TA_{21} + TA_{24} + TA_{31} = 0,4 + 0,15 + 0,17 = 0,72$ мм, размер K_{10} может быть обеспечен с заданной точностью.



5

Рисунок 17 – Размерная схема для K_{10}

Для размера K_{11} (см. рисунок 18): $TK_{11} = 0,25 \geq TA_{38} = 0,2$ мм, размер K_{11} может быть обеспечен с заданной точностью.

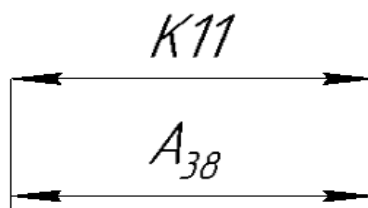


Рисунок 18 – Размерная схема для K_{11}

Для размера K_{12} (см. рисунок 18): $TK_{12} = 1 \geq TA_{39} + TA_{39,1} + TA_{24} + TA_{21} = 0,2 + 0,27 + 0,15 + 0,4 = 1,02$ мм, размер K_{12} не может быть обеспечен с заданной точностью. Посчитаем этот размер вероятностным методом:

$$TA_{\Delta} = \sqrt{\sum TA_{i-1}^2}$$

$$TK_{12} = \sqrt{TA_{21}^2 + TA_{39,1}^2 + TA_{39}^2 + TA_{24}^2} = 0,54 \text{ мм}$$

Таким образом размер K_{12} может быть обеспечен с заданной точностью.

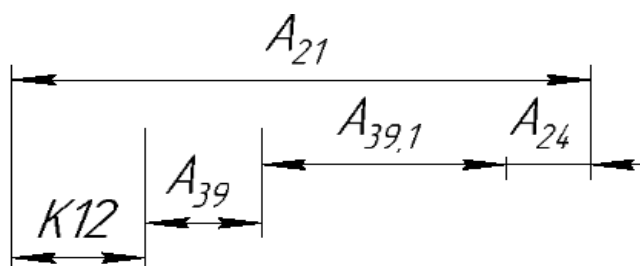


Рисунок 19 – Размерная схема для K_{12}

Для размера K_{12} (см. рисунок 18): $TK_{13} = 0,36 \geq TA_{39} = 0,2$ мм, размер K_{13} может быть обеспечен с заданной точностью.

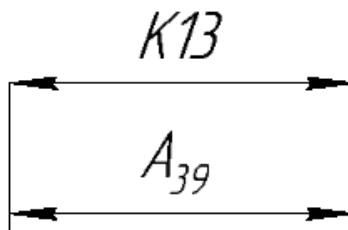


Рисунок 20 – Размерная схема для K_{13}

Для размера K_{12} (см. рисунок 18): $TK_{14} = 1,15 \geq TA_{39,1} = 0,27$ мм, размер K_{14} может быть обеспечен с заданной точностью.

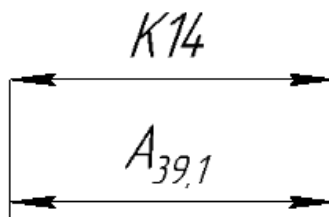


Рисунок 21 – Размерная схема для K_{14}

Сперва найдем технологические размеры из двухзвенных размерных цепей.

По рисунку 8: $A_{21} = K_1 = 405 \pm 0,775$ мм;

по рисунку 11: $A_{41} = K_4 = 16 \pm 0,215$ мм;

по рисунку 12: $A_{42} = K_5 = 14,14^{+0,43}$ мм;

по рисунку 13: $A_{34} = K_6 = 2 \pm 0,125 \times 45^\circ$ мм;

по рисунку 21: $A_{39,1} = K_{14} = 214 \pm 0,575$ мм.

K_2, K_8, K_{11}, K_{13} – выдерживаются непосредственно.

Определяем технологический размер $A_{1,1}$, совпадающий с припуском $Z_{1,1}$:

$$A_{1,1\min} = Z_{1,1\min} = 1,68 \text{ мм};$$

$$A_{1,1\max} = Z_{1,1\min} + TA_{1,1} = 1,68 + 0,3 = 1,98 \text{ мм};$$

$$A_{11}^c = \frac{A_{11\min} + A_{11\max}}{2} = \frac{1.68 + 1.98}{2} = 1.33 \text{ мм}$$

Учитывая, что размер $A_{1,1}$ не относится ни к отверстиям, ни к валам окончательно запишем: $A_{1,1} = 1,33 \pm 0,09$ мм.

Находим размер A_{24} :

$$K_{12}^c = A_{21}^c - (A_{39}^c + A_{39,1}^c + A_{24}^c)$$

$$K_{12}^c = K_{12} + \frac{BOK_{12} + HOK_{12}}{2} = 146 + \frac{0,5 - 0,5}{2} = 146 \text{ мм}$$

$$A_{21}^c = A_{21} + \frac{BOA_{21} + HOA_{21}}{2} = 405 + \frac{0,775 - 0,775}{2} = 405_{мм}$$

$$A_{39}^c = A_{39} + \frac{BOA_{39} + HOA_{39}}{2} = 7 + \frac{0,36 - 0}{2} = 7,18_{мм}$$

$$A_{39,1}^c = A_{39,1} + \frac{BOA_{39,1} + HOA_{39,1}}{2} = 214 + \frac{0,575 - 0,575}{2} = 214_{мм}$$

$$A_{24}^c = A_{21}^c - (A_{39}^c + A_{39,1}^c) - K_{12}^c = 405 - (7,18 + 214) - 146 = 37,82_{мм}$$

Окончательно запишем: $A_{24}^c = 37,82 \pm 0,075_{мм}$

Находим размер A_{31} :

$$K_{10}^c = A_{21}^c - (A_{31}^c + A_{24}^c)$$

$$K_{10}^c = K_{10} + \frac{BOK_{10} + HOK_{10}}{2} = 141 + \frac{0,5 - 0,5}{2} = 141_{мм}$$

$$A_{21}^c = A_{21} + \frac{BOA_{21} + HOA_{21}}{2} = 405 + \frac{0,775 - 0,775}{2} = 405_{мм}$$

$$A_{24}^c = A_{24} + \frac{BOA_{24} + HOA_{24}}{2} = 37,82 + \frac{0,075 - 0,075}{2} = 37,82_{мм}$$

$$A_{31}^c = A_{21}^c - (A_{24}^c + K_{10}^c) = 405 - (37,82 + 141) = 226,18_{мм}$$

Окончательно запишем: $A_{31}^c = 226,18 \pm 0,085_{мм}$

Находим размер A_{32} :

$$K_9^c = A_{21}^c - (A_{31}^c + A_{24}^c + A_{32}^c)$$

$$K_9^c = K_9 + \frac{BOK_9 + HOK_9}{2} = 67 + \frac{0,37 - 0,37}{2} = 67_{мм}$$

Размеры A_{31} , A_{24} , A_{21} возьмем из ранее найденных значений.

$$A_{32}^c = A_{21}^c - (A_{24}^c + K_9^c + A_{31}^c) = 405 - (37,82 + 67 + 226,18) = 74_{мм}$$

Окончательно запишем: $A_{32}^c = 74 \pm 0,074_{мм}$

Находим размер A_{33} :

$$K_7^c = A_{21}^c - (A_{31}^c + A_{24}^c + A_{32}^c + A_{33}^c)$$

$$K_7^c = K_7 + \frac{BOK_7 + HOK_7}{2} = 23 + \frac{0,26 - 0,26}{2} = 23_{мм}$$

Размеры A_{31} , A_{24} , A_{21} , A_{32} возьмем из ранее найденных значений.

$$A_{33}^c = A_{21}^c - (A_{24}^c + K_7^c + A_{31}^c + A_{32}^c) = 405 - (37,82 + 23 + 226,18 + 74) = 44 \text{ мм}$$

Окончательно запишем: $A_{33}^c = 44 \pm 0,068 \text{ мм}$

Находим размер A_{35} :

$$K_3^c = A_{35}^c - A_{51}^{c*}$$

$$K_3^c = K_3 + \frac{BOK_3 + HOK_3}{2} = 1 + \frac{0,125 - 0,125}{2} = 1 \text{ мм}$$

$$A_{51}^{c*} = A_{51} + \frac{BOA_{51} + HOA_{51}}{2} = 0,24 + \frac{0 - 0,01}{2} = 0,235 \text{ мм}$$

$$A_{35}^c = A_{51}^{c*} + K_3^c = 1 + 0,235 = 1,235 \text{ мм}$$

Окончательно запишем: $A_{33}^c = 1,24 \pm 0,125 \text{ мм}$

Находим размер A_{01} :

$$z_{21}^c = A_{01}^c - (A_{21}^c + A_{11}^c)$$

$$z_{21}^c = z_{21\min} + \frac{TA_{21} + TA_{11} + TA_{01}}{2} = 1,68 + \frac{0,4 + 0,3 + 0,9}{2} = 2,48 \text{ мм}$$

$$A_{11}^c = 1,33 \text{ мм}$$

$$A_{21}^c = 405 \text{ мм}$$

$$A_{01}^c = A_{21}^c + A_{11}^c + z_{21}^c = 405 + 1,33 + 2,48 = 408,81 \text{ мм}$$

Окончательно запишем: $A_{01} = 409 \pm 0,45 \text{ мм}$

7.ВЫБОР СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ

Средства технологического оснащения выбираем из учета универсальности и легкодоступности оборудования, а также обеспечения заданной точности изготовления детали. С учетом всех перечисленных свойств, выберем 2 основных станка: Токарно-винторезный станок С ЧПУ 16K20Ф3 и горизонтально-фрезерный станок 6Р80. Основные характеристики станков представлены в виде таблиц.

Токарно- винторезный станок с ЧПУ

Модель 16K20Ф3

Основные данные:

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм:	
над станиной	400
над суппортом	220
Наибольший диаметр прутка, проходящего через отверстие в шпинделе, мм	53
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки, мм	1000
Шаг нарезаемой метрической резьбы	До 20
Частота вращения шпинделя, об/мин	12,5 – 2500
Число скоростей шпинделя	22
Подача суппорта, мм/мин:	
продольная	3 – 1200
поперечная	1,5 – 600
Число ступеней подач	Бесступенчатое регулирование
Скорость быстрого перемещения суппорта, мм/мин:	
продольного	4800
поперечного	2400
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	10
Габаритные размеры (без ЧПУ):	
длина	3360

ширина	1710
высота	1750
Масса, кг	4000

Горизонтально-фрезерный станок

Модель 6P80

Основные данные:

Размер рабочей поверхности стола	200×800
Наибольшее перемещение стола:	
продольное	500
поперечное	160
вертикальное	300
Расстояние от оси шпинделя до поверхности стола	20 – 320
Наибольший угол поворота стола, °	±45
Внутренний конус шпинделя по ГОСТ 15945–82	40
Число скоростей шпинделя	12
Частота вращения шпинделя, об/мин	50 – 2240
Число рабочих подач стола	12
Подача стола, мм/мин:	
продольная	25 – 1120
поперечная	25 – 1120
вертикальная	12,5 – 560
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	3
Габаритные размеры:	
длина	1525
ширина	1875
высота	1515
Масса, кг	1290

8. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

8.1 Токарная операция с ЧПУ: подрезка торца в размер $A_{11} = 1,33$ мм

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [4] – Т15К6.

Геометрические элементы лезвия четырехгранной пластинки:

$$\varphi = 45^\circ; \varphi_1 = 45^\circ.$$

1. Глубина резания: $t = Z^C = 15,5$ мм.

2. Подача по таблице 11 [4, с.266] для данной глубины резания:

$$s = 0,4 \text{ мм/об}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (8)$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=45$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 350$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$ – определены по таблице 17 [4].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}, \quad (9)$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПВ}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИВ}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1, 5, 6 [4]:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}. \quad (10)$$

Значение коэффициента K_r и показатель степени n_v для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 45 берем из таблицы 2 [4]:

$$K_r = 1,0, \quad n_v = 1,0;$$

$$K_{MV} = K_r \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25.$$

$$K_{MV} = 1,25; K_{PIV} = 0,9; K_{IV} = 1,0.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PIV} \cdot K_{IV} = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,125.$$

Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{350}{45^{0,2} \cdot 15,5^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 1,125 = 168 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 168}{3,14 \cdot 31} = 1726 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 31 \cdot 1726}{1000} \cdot 1,125 = 189 \text{ м/мин.}$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_y = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (11)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 243$; $n = -0,3$; $x = 0,9$; $y = 0,6$ – определены по таблице 22 [4].

Глубина резания в формуле: $t = Z^C = 15,5 \text{ мм.}$

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{фP} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (12)$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [4]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85.$$

$$K_{MP} = 0,85; K_{фP} = 1; K_{\gamma P} = 1,0; K_{\lambda P} = 1,0; K_{rP} = 0,82.$$

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{фP} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} = 0,85 \cdot 1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,82 = 0,7.$$

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_y = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 243 \cdot 15,5^{0,9} \cdot 0,4^{0,6} \cdot 189^{-0,3} \cdot 0,7 = 2400 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_y \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2400 \cdot 189}{1020 \cdot 60} = 7,4 \text{ кВт.}$$

5 Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{7,4}{0.85} = 8,7 \text{ кВт.}$$

Так как значение к.п.д. привода нам не известно, то принимаем худший вариант $\eta = 0,85$.

Проверка по мощности:

$$8,7 \leq 10 \text{ кВт}$$

8.2 Сверлильная операция: сверлить центровое отверстие Ø4 мм
Материал сверла – быстрорежущая сталь Р6М5.

центровочные свёрла А 4 мм GARANT

1. Глубина резания $t=8.9$ мм, $D=4$ мм
2. Подача по таблице 25 [4, с.277]: $S=0,09$ мм/об. По рекомендациям подуче принимаем $S=0,02$ мм/об.

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (16)$$

Период стойкости инструмента принимаем по таблице 30 [4]: $T=8$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 7,0$; $q = 0,4$; $m = 0,2$; $y = 0,7$ – определены по таблице 28 [4].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV}, \quad (17)$$

где K_{IV} - коэффициент, учитывающий глубину сверления.

$$K_{MV} = K_r \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^{0,9} = 1,22.$$

Значение коэффициента K_r и показатель степени n_v для сверла из быстрорежущей стали при обработке заготовки из стали 45 берем из таблицы 2 [4, с.262]: $K_r = 1,0$, $n_v = 0,9$.

По таблице 6 [4] $K_{IV} = 1,0$.

По табл. 31 [4]: $K_{IV} = 1$.

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV} = 1,22 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,22.$$

Скорость резания, формула (16):

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{7,0 \cdot 4^{0,4}}{8^{0,2} \cdot 0,2^{0,7}} \cdot 1,22 = 30,26 \text{ м / мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 30,26}{3,14 \cdot 4} = 2409 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 2409}{1000} = 30,25 \text{ м / мин.}$$

6. Определяем крутящий момент по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p. \quad (18)$$

Значения коэффициентов: $C_M = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$ – определены по таблице 32 [4].

Коэффициент $K_p = K_{MP} = 0,85$

Крутящий момент, формула (18):

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 4^2 \cdot 0,02^{0,8} \cdot 0,85 = 0,21 \text{ Н·м.}$$

7. Определяем осевую силу по формуле:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad (19)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 68$; $q = 1,0$; $y = 0,7$ – определены по таблице 32 [4].

Осевая сила по формуле (19):

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 4^{1,0} \cdot 0,02^{0,7} \cdot 0,85 = 150 \text{ Н.}$$

8. Мощность резания:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n_{\phi}}{9750} = \frac{0,21 \cdot 2409}{9750} = 0,1 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка 10 кВт, она достаточна для выполнения операции.

8.3 Токарная операция с ЧПУ: точить поверхность(черновая) в размер $D_{12} = 28,52 \text{ мм}$

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [4] – T15K6.

Геометрические элементы лезвия четырехгранной пластинки:

$$\varphi = 45^\circ; \varphi_1 = 45^\circ.$$

1. Глубина резания: $t = Z^C = 0,8$ мм.

2. Подача по таблице 11 [4] для данной глубины резания:

$$s = 0,4 \text{ мм/об}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (8)$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=45$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 350$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$ – определены по таблице 17 [4].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}, \quad (9)$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПВ}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИВ}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1, 5, 6 [4]:

$$K_{MV} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V}. \quad (10)$$

Значение коэффициента K_Γ и показатель степени n_V для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 45 берем из таблицы 2 [4]:

$$K_\Gamma = 1,0, \quad n_V = 1,0;$$

$$K_{MV} = K_\Gamma \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^{n_V} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25.$$

$$K_{MV} = 1,25; \quad K_{ПВ} = 0,9; \quad K_{ИВ} = 1,0.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ} = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,125.$$

Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{350}{45^{0,2} \cdot 0,8^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 1,125 = 262 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 262}{3.14 \cdot 28.32} = 2925 \text{ об/мин.}$$

Фактическое число оборотов шпинделя 2500 об/мин.

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 28,52 \cdot 2500}{1000} \cdot 1,125 = 224 \text{ м/мин.}$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (11)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 300$; $x = 1$; $y = 0,75$ $n = -0,15$ – определены по таблице 22 [4].

Глубина резания в формуле: $t = Z^C = 0,8 \text{ мм.}$

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (12)$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [4]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85.$$

$$K_{MP} = 0,85; K_{\phi P} = 1; K_{\gamma P} = 1,0; K_{\lambda P} = 1,0; K_{rP} = 0,82.$$

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} = 0,85 \cdot 1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,82 = 0,7.$$

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_y = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,8^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 224^{-0,15} \cdot 0,7 = 375 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{375 \cdot 224}{1020 \cdot 60} = 1,38 \text{ кВт.}$$

1. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,38}{0,85} = 1,63 \text{ кВт.}$$

Так как значение к.п.д. привода нам не известно, то принимаем худший вариант $\eta = 0,85$.

Проверка по мощности:

$$1,63 \leq 10 \text{ кВт}$$

Для размера D_{23} используем рассчитанный режим резания.

8.4 Токарная операция с ЧПУ: точить поверхность(черновая) $D_{24} = 15 \text{ мм}$

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [4] – T15K6.

Геометрические элементы лезвия четырехгранной пластинки:

$$\varphi = 45^\circ; \varphi_1 = 45^\circ.$$

1. Глубина резания: $t = Z^C = 3.38 \text{ мм}$. (проходов 4)

2. Подача по таблице 11 [4, с.266] для данной глубины резания:

$$s = 0,2 \text{ мм/об}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (8)$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=45 \text{ мин}$.

Значения коэффициентов: $C_V = 340$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,45$ – определены по таблице 17 [4].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}, \quad (9)$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПВ}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИВ}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1, 5, 6 [4]:

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

Значение коэффициента K_Γ и показатель степени n_v для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 45 берем из таблицы 2 [4]:

$$K_\Gamma = 1,0, \quad n_v = 1,0;$$

$$K_{MV} = K_\Gamma \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25.$$

$$K_{MV} = 1,25; K_{PIV} = 0,9; K_{IV} = 1,0.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PIV} \cdot K_{IV} = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,125.$$

Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{340}{45^{0,2} \cdot 3,38^{0,15} \cdot 0,4^{0,45}} \cdot 1,125 = 225 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 225}{3,14 \cdot 15} = 4700 \text{ об/мин.}$$

Примем число оборотов шпинделя 2500 об/мин.

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 15 \cdot 2500}{1000} \cdot 1,125 = 133 \text{ м/мин.}$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (11)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 300$; $n = -0,15$; $x = 1,0$; $y = 0,75$ – определены по таблице 22 [4].

Глубина резания в формуле: $t = Z^C = 3,38 \text{ мм.}$

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (12)$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [4]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85.$$

$$K_{MP} = 0,85; K_{\phi P} = 1; K_{\gamma P} = 1,0; K_{\lambda P} = 1,0; K_{rP} = 0,82.$$

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} = 0,85 \cdot 1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,82 = 0,7.$$

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 3,38^{0,9} \cdot 0,4^{0,6} \cdot 133^{-0,15} \cdot 0,7 = 1741 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1741 \cdot 133}{1020 \cdot 60} = 3,78 \text{ кВт.}$$

1. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{3.78}{0.85} = 4.45 \text{ кВт}.$$

Так как значение к.п.д. привода нам не известно, то принимаем худший вариант $\eta = 0,75$.

Проверка по мощности:

$$4.45 \leq 7.5 \text{ кВт}$$

Данный режим резания назначим и для получения размера $D_{33} = 16 \text{ мм}$.

(4 прохода)

8.5 Токарная операция с ЧПУ: точить поверхность (черновая) $D_{31} = 25,86 \text{ мм}$

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [4] – T15K6.

Геометрические элементы лезвия четырехгранной пластинки:

$$\varphi = 45^\circ; \varphi_1 = 45^\circ.$$

1. Глубина резания: $t = Z^C = 2,57 \text{ мм}$. (проходов 2)

2. Подача по таблице 11 [4] для данной глубины резания:

$$s = 0,4 \text{ мм/об}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (8)$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T = 45 \text{ мин}$.

Значения коэффициентов: $C_V = 340$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,45$ – определены по таблице 17 [4].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV}, \quad (9)$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

K_{PV} – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

K_{IV} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1, 5, 6 [4]:

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

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_v для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 45 берем из таблицы 2 [4]:

$$K_{\Gamma} = 1,0, \quad n_v = 1,0;$$

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25.$$

$$K_{MV} = 1,25; \quad K_{ПV} = 0,9; \quad K_{ИV} = 1,0.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,125.$$

Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{340}{45^{0,2} \cdot 2,57^{0,15} \cdot 0,4^{0,45}} \cdot 1,125 = 234 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 234}{3,14 \cdot 25,86} = 2880 \text{ об/мин.}$$

Примем число оборотов шпинделя 2500 об/мин.

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 25,86 \cdot 2500}{1000} \cdot 1,125 = 228 \text{ м/мин.}$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (11)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 300$; $n = -0,15$; $x = 1,0$; $y = 0,75$ – определены по таблице 22 [4].

Глубина резания в формуле: $t = Z^C = 2,57 \text{ мм.}$

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{TP} \quad (12)$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [4]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85.$$

$$K_{MP} = 0,85; K_{\phi P} = 1; K_{\gamma P} = 1,0; K_{\lambda P} = 1,0; K_{TP} = 0,82.$$

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{TP} = 0,85 \cdot 1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,82 = 0,7.$$

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P = 10 \cdot 300 \cdot 2,57^{0,9} \cdot 0,4^{0,6} \cdot 228^{-0,15} \cdot 0,7 = 1255 \text{ Н}.$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1255 \cdot 228}{1020 \cdot 60} = 4,67 \text{ кВт}.$$

1. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{4,67}{0,85} = 5,5 \text{ кВт}.$$

Так как значение к.п.д. привода нам не известно, то принимаем худший вариант $\eta = 0,85$.

Проверка по мощности:

$$5,5 \leq 10 \text{ кВт}$$

Данный режим резания назначим и для получения размера $D_{32} = 22,68 \text{ мм}$.

(2 прохода)

8.6 Токарная операция с ЧПУ: точение канавки в размер $A_{36} = 3 \text{ мм}$

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [4] – P18.

QD-LL1G33-25A канавочный резец sandvik coromant

1. Глубина резания: $t = Z^C = 1 \text{ мм}$.

2. Подача по таблице 11 [4, с.266] для данной глубины резания:

$$s = 0,4 \text{ мм/об}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (8)$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T = 7,5 \text{ мин}$.

Значения коэффициентов: $C_v = 23,7$; $m = 0,25$; $y = 0,66$ – определены по таблице 17 [4].

Коэффициент K_v :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV}, \quad (9)$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПV}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1, 5, 6 [4]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V}. \quad (10)$$

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_V для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 45 берем из таблицы 2 [4]:

$$K_{\Gamma} = 1,0, \quad n_V = 1,0;$$

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^{n_V} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25.$$

$$K_{MV} = 1,25; \quad K_{ПV} = 0,9; \quad K_{ИV} = 1,0.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,125.$$

Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{23,7}{7,5^{0,2} \cdot 1 \cdot 0,1^{0,35}} \cdot 1,125 = 40 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 40}{3,14 \cdot 22} = 579 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 22 \cdot 579}{1000} \cdot 1,125 = 45 \text{ м/мин.}$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_y = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (11)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 173$; $n = 0$; $x = 0,73$; $y = 0,67$ – определены по таблице 22 [4].

Глубина резания в формуле: $t = Z^C = 1 \text{ мм.}$

Коэффициент K_p :

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (12)$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [4]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85.$$

$$K_{MP} = 0,85; K_{\phi P} = 1; K_{\gamma P} = 1,0; K_{\lambda P} = 1,0; K_{rP} = 0,82.$$

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} = 0,85 \cdot 1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,82 = 0,7.$$

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_y = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P = 10 \cdot 173 \cdot 1^{0,9} \cdot 0,1^{0,6} \cdot 45^0 \cdot 0,7 = 304 \text{ Н}.$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_y \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{304 \cdot 45}{1020 \cdot 60} = 0,23 \text{ кВт}.$$

1. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,23}{0,85} = 0,27 \text{ кВт}.$$

Так как значение к.п.д. привода нам не известно, то принимаем худший вариант $\eta = 0,75$.

Проверка по мощности:

$$0,27 \leq 10 \text{ кВт}$$

Данный режим резания будем применять для точения канавок размером A_{37} и A_{38} .

8.7 Токарная операция с ЧПУ: точить фаску(чистовая) $A_{34} = 2 \times 45^\circ$ мм

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [4] – Т15К6.

Геометрические элементы лезвия четырехгранной пластинки:

$$\phi = 45^\circ; \phi_1 = 45^\circ.$$

1. Глубина резания: $t = Z^C = 2 \text{ мм}.$

2. Подача по таблице 11 [4, с.266] для данной глубины резания:

$$s = 0,2 \text{ мм/об}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (8)$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=45$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 340$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,45$ – определены по таблице 17 [4].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}, \quad (9)$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПВ}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИВ}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1, 5, 6 [4]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V}. \quad (10)$$

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_V для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 45 берем из таблицы 2 [4]:

$$K_{\Gamma} = 1,0, \quad n_V = 1,0;$$

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^{n_V} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25.$$

$$K_{MV} = 1,25; \quad K_{ПВ} = 0,9; \quad K_{ИВ} = 1,0.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ} = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,125.$$

Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{340}{45^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,4^{0,45}} \cdot 1,125 = 243 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 243}{3,14 \cdot 22} = 3500 \text{ об/мин.}$$

Примем число оборотов шпинделя 2500 об/мин.

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 22 \cdot 2500}{1000} \cdot 1,125 = 194 \text{ м/мин.}$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (11)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 300$; $n = -0,15$; $x = 1,0$; $y = 0,75$ – определены по таблице 22 [4].

Глубина резания в формуле: $t = Z^C = 2 \text{ мм.}$

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{TP} \quad (12)$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [4]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85.$$

$$K_{MP} = 0,85; K_{\phi P} = 1; K_{\gamma P} = 1,0; K_{\lambda P} = 1,0; K_{TP} = 0,82.$$

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{TP} = 0,85 \cdot 1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,82 = 0,7.$$

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 2^{0,9} \cdot 0,4^{0,6} \cdot 194^{-0,15} \cdot 0,7 = 1026 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1026 \cdot 194}{1020 \cdot 60} = 3,25 \text{ кВт.}$$

1. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{3,25}{0,85} = 3,82 \text{ кВт.}$$

Так как значение к.п.д. привода нам не известно, то принимаем худший вариант $\eta = 0,85$.

Проверка по мощности:

$$3,82 \leq 10 \text{ кВт}$$

Данный режим резания назначим и для получения фаски размером

$$D_{35} = 2 \times 45^\circ \text{ мм.}$$

8.8 Токарная операция с ЧПУ: нарезание резьбы М16-6g

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [4] – Т15К6.

1. Подача: $s = P = 2$ мм/об, где P – шаг резьбы.

2. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot i^x}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (13)$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=70$ мин.

Значения коэффициентов: $C_v = 244$; $m = 0,2$; $x = 0,23$; $y = 0,3$ – определены по таблице 17 [4].

Коэффициент K_v определяем по формуле:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{CV} \cdot K_{IV}, \quad (14)$$

где K_{CV} – коэффициент, учитывающий способ нарезания резьбы.

По табл. 1, 5, 6 [4]:

$K_{MV} = 1,25$; $K_{CV} = 1,0$; $K_{IV} = 1,0$.

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{CV} \cdot K_{IV} = 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,25.$$

Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_v \cdot i^x}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{244 \cdot 5^{0,23}}{70^{0,2} \cdot 2^{0,3}} \cdot 1,25 = 153 \text{ м/мин.}$$

3. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 153}{3,14 \cdot 16} = 3045 \text{ об/мин.}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 2500 \text{ об/мин.}$$

4. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 2500}{1000} = 125,6 \text{ м/мин.}$$

5. Определяем главную составляющую силы резания по формуле :

$$P_z = \frac{10 C_p P^y}{i^n} K_p, \quad (15)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 148$; $n = 0,71$; $y = 1,7$ – определены по таблице 51 [4].

Коэффициент $K_p = K_{MP} = 0,85$.

Главная составляющая силы резания, формула (15):

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot P^y}{i^n} \cdot K_p = \frac{10 \cdot 148 \cdot 2^{1,7}}{5^{0,71}} \cdot 0,85 = 1304 \text{ Н}$$

6. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1304 \cdot 125,6}{1020 \cdot 60} = 2,68 \text{ кВт.}$$

7. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{2,68}{0,85} = 3,15 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$3,15 \leq 10$$

8.10 Фрезерная операция. Фрезерование шпоночного паза в размер 28,28 мм.

Характеристика режущего инструмента:

Дисковая фреза $D_\phi = 30$ мм, $z = 8$, $B = 28,28$ мм. P6M5

1. Определяем глубину и ширину фрезерования:

$$t = 10 \text{ мм.}$$

2. Определяем подачу на зуб фрезы по таблице 33 [4, с.283]:

$$S_z = 0,15 \text{ мм/зуб.}$$

3. Скорость резания определим по формуле, м/мин:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v \quad (20)$$

Период стойкости инструмента принимаем по таблице 40 [4, с.290]:

$$T = 120 \text{ мин.}$$

Значения коэффициентов: $C_v = 68,5$; $q = 0,25$; $x = 0,3$; $m = 0,2$; $y = 0,2$; $u = 0,1$;

$p = 0,1$ – определены по таблице 39 [4, с.286].

Коэффициент K_v определяется по формуле (9):

$$K_{MV} = 1,25; K_{PV} = 0,9; K_{IV} = 1,0.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PIV} \cdot K_{IIV} = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,125.$$

Скорость резания, формула (20):

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{68,5 \cdot 22^{0,25}}{120^{0,2} \cdot 10^{0,3} \cdot 0,15^{0,2} \cdot 28,28^{0,1} \cdot 8^{0,1}} = 25 \text{ м / мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 22} = 362 \text{ об / мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 22 \cdot 362}{1000} = 25 \text{ м / мин.}$$

6. Определяем минутную подачу:

$$S_M = S_z \cdot z \cdot n_{cm} = 0,15 \cdot 8 \cdot 362 = 434 \text{ мм / мин.}$$

$$S_{Mct} = 434 \text{ мм / мин.}$$

$$S_{zфак} = \frac{S_{Mct}}{z \cdot n_{cm}} = \frac{434}{8 \cdot 362} = 0,15 \text{ мм / зуб.}$$

7. Главная составляющая силы резания, окружная сила:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \quad (21)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 261$; $x = 0,9$; $y = 0,8$; $u = 1,1$; $q = 1,1$; $w = 0,1$ – определены по таблице 41 [4].

По табл. 9 [4]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,3} = 0,94.$$

Окружная сила, формула (21):

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} = \frac{10 \cdot 261 \cdot 10^{0,9} \cdot 0,15^{0,8} \cdot 5^{1,1} \cdot 8}{22^{1,1} \cdot 362^{0,1}} = 494 \text{ Н.}$$

8. Крутящий момент:

$$M_{kp} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{494 \cdot 30}{200} = 74,1 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

9. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{494 \cdot 25}{1020 \cdot 60} = 0,2 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 3 кВт, она достаточна для выполнения операции.

8.11 Токарная операция с ЧПУ: точить поверхность(чистовая) $D_{51} = 28$ мм

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [4] – T15K6.

Геометрические элементы лезвия 4х-гранной пластинки:

$$\varphi = 93^\circ; \varphi_1 = 32^\circ.$$

1. Глубина резания: $t = Z^C = 0,17$ мм.

2. Подача по таблице 11 [4, с.266] для данной глубины резания:

$$s = 0,2 \text{ мм/об}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (8)$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=30$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 420$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,20$ – определены по таблице 17 [4].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV}, \quad (9)$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

K_{PV} – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

K_{IV} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1, 5, 6 [4]:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}. \quad (10)$$

Значение коэффициента K_r и показатель степени n_v для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 45 берем из таблицы 2 [4]:

$$K_r = 1,0, \quad n_v = 1,0;$$

$$K_{MV} = K_r \cdot \left(\frac{750}{600}\right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{600}\right)^1 = 1,25.$$

$$K_{MV} = 1,25; K_{ПV} = 0,9; K_{ИV} = 1,0.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,125.$$

Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{420}{30^{0,2} \cdot 0,17^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 1,125 = 397 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 397}{3,14 \cdot 28} = 4500 \text{ об/мин.}$$

Примем число оборотов шпинделя 2500 об/мин.

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 28 \cdot 2500}{1000} \cdot 1,125 = 247,3 \text{ м/мин.}$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (11)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 300$; $n = -0,15$; $x = 1,0$; $y = 0,75$ – определены по таблице 22 [4].

Глубина резания в формуле: $t = Z^C = 0,17 \text{ мм.}$

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{фP} \cdot K_{γP} \cdot K_{λP} \cdot K_{гP} \quad (12)$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [4]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,85.$$

$$K_{MP} = 0,85; K_{фP} = 1; K_{γP} = 1,0; K_{λP} = 1,0; K_{гP} = 0,82.$$

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{фP} \cdot K_{γP} \cdot K_{λP} \cdot K_{гP} = 0,85 \cdot 1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,82 = 0,7.$$

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,17^{0,9} \cdot 0,4^{0,6} \cdot 247,3^{-0,15} \cdot 0,7 = 108 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{108 \cdot 247,3}{1020 \cdot 60} = 0,44 \text{ кВт}.$$

1. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,44}{0,75} = 0,59 \text{ кВт}.$$

Так как значение к.п.д. привода нам не известно, то принимаем худший вариант $\eta = 0,75$.

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{ст} \cdot \eta;$$

$$0,59 \leq 7,5 \text{ кВт}$$

где $N_{ст}$ – мощность электродвигателя главного привода станка.

Данный режим резания назначим и для получения размера $D_{52}=25\text{мм}$,
 $D_{53}=22 \text{ мм}$, $D_{54}=15 \text{ мм}$.

8.12 Токарная операция с ЧПУ: нарезание резьбы Tr28×5 Lh-6g

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [4] – T15K6.

1. Подача: $s = P = 5 \text{ мм/об}$, где P – шаг резьбы.

2. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot i^x}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (13)$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=20 \text{ мин}$.

Значения коэффициентов: $C_V = 244$; $m = 0,2$; $x = 0,23$; $y = 0,3$ – определены по таблице 17 [4].

Коэффициент K_V определяем по формуле:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{CV} \cdot K_{IV}, \quad (14)$$

где K_{CV} – коэффициент, учитывающий способ нарезания резьбы.

По табл. 1, 5, 6 [4]:

$$K_{MV} = 1,25; K_{CV} = 1,0; K_{IV} = 1,0.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{CV} \cdot K_{IV} = 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,25.$$

Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_v \cdot i^x}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{244 \cdot 14^{0,23}}{20^{0,2} \cdot 5^{0,3}} \cdot 1,25 = 232 \text{ м/мин.}$$

3. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 232}{3,14 \cdot 28} = 2,638 \text{ об/мин.}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 2500 \text{ об/мин.}$$

4. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 28 \cdot 2500}{1000} = 219,8 \text{ м/мин.}$$

5. Определяем главную составляющую силы резания по формуле :

$$P_z = \frac{10 C_p P^y}{i^n} K_p, \quad (15)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 148$; $n = 0,71$; $y = 1,7$ – определены по таблице 51 [4].

Коэффициент $K_p = K_{MP} = 0,85$.

Главная составляющая силы резания, формула (15):

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot P^y}{i^n} \cdot K_p = \frac{10 \cdot 148 \cdot 2^{1,7}}{14^{0,71}} \cdot 0,85 = 628 \text{ Н}$$

6. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{628 \cdot 219,8}{1020 \cdot 60} = 2,26 \text{ кВт.}$$

7. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{2,26}{0,75} = 3,01 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{\text{ст}} \cdot \eta;$$

$$3,01 \leq 7,5$$

9. РАСЧЕТ ОСНОВНОГО ВРЕМЕНИ.

Расчёт производится по формуле:

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

- где T_0 - основное время на операцию (переход), мин;
 L - расчётная длина рабочего хода инструмента, мм;
 n - частота вращения шпинделя, мин⁻¹;
 S - 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.

Величина врезания инструмента:

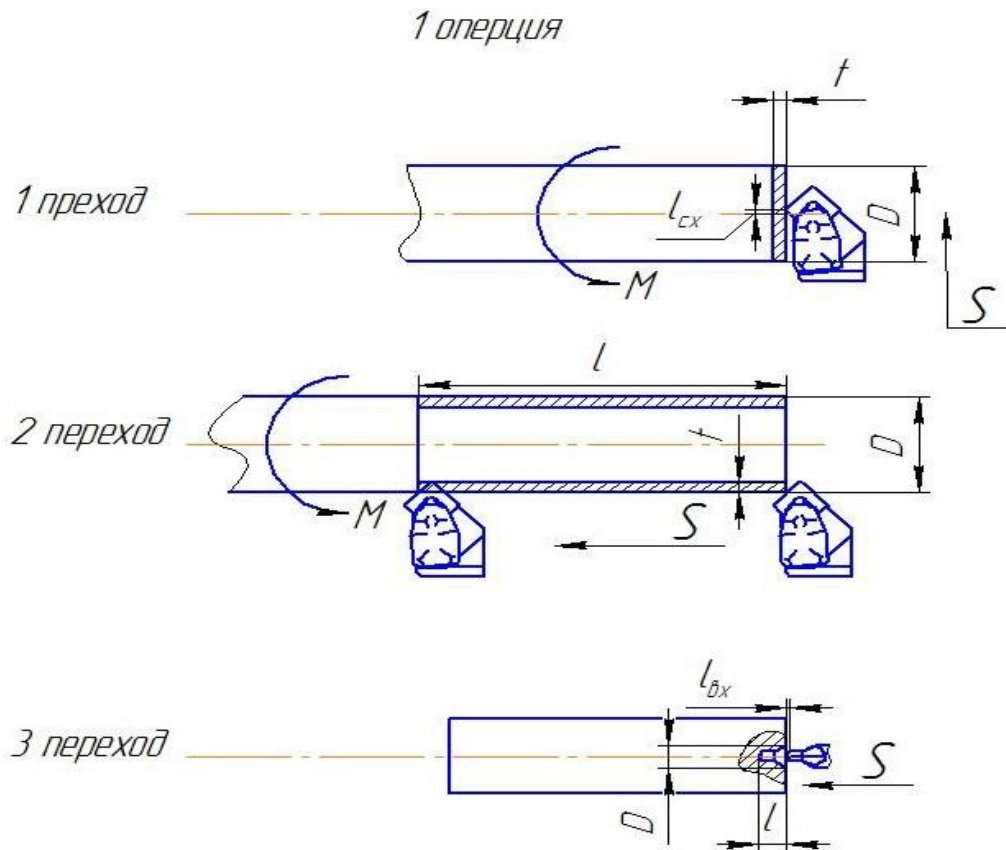
$$l_1 = \frac{t}{\operatorname{tg}(\varphi)}, \quad (13)$$

- где t - глубина резания, мм; φ - угол в плане;

Тогда окончательная формула для определения основного времени:

$$T_0 = (l + t/\operatorname{tg} \varphi + l_1 + l_2) \cdot i / (n \cdot S), \quad (14)$$

Основное время для 1 операции. Токарная с ЧПУ



Для удобства расчета, токарную операцию разбиваем на 3 перехода.

1 Переход. Состоит из подвода инструмента, подрезки торца и его отвода.

Тогда основное время рассчитывается по формуле:

$$T_0 = (l + l_{cx}) \cdot i / (n \cdot S) = (16 + 1) \cdot 1 / (1726 \cdot 0,4) = 0,025 \text{ мин.}$$

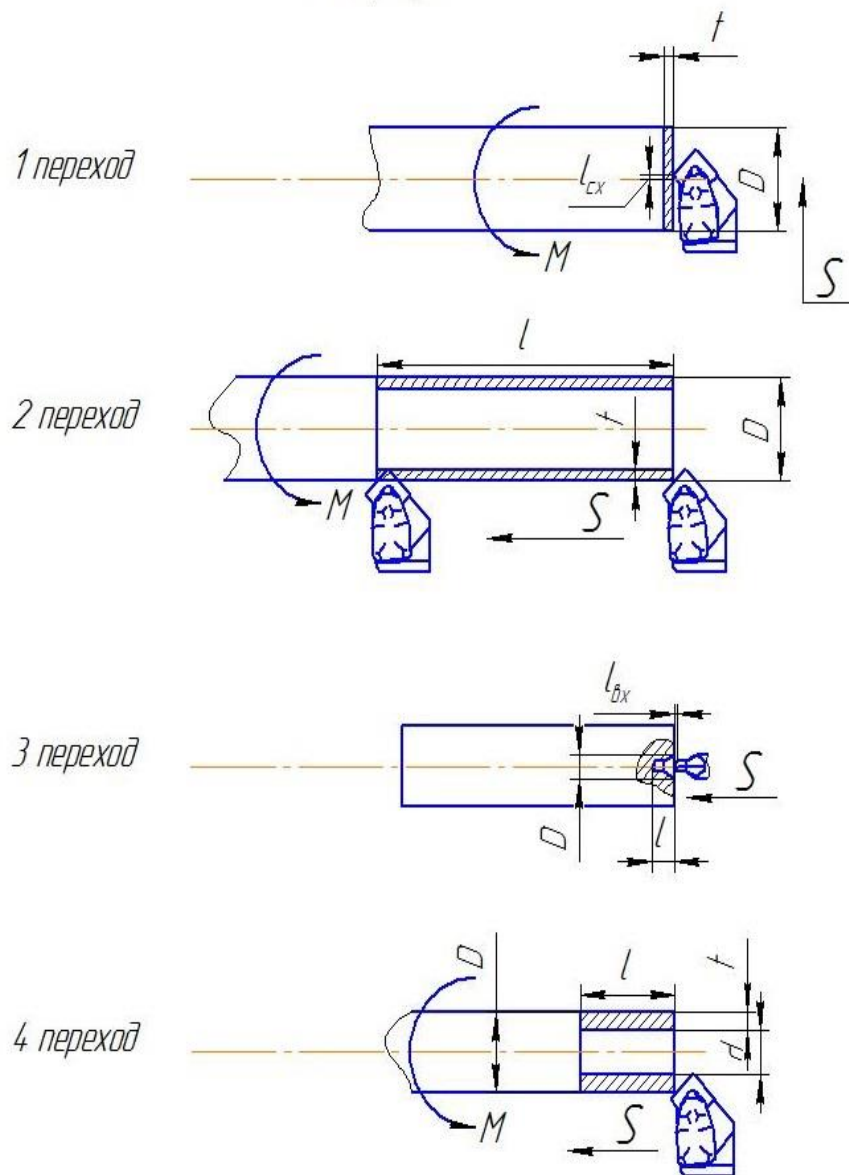
2 Переход. Состоит из продольного точения и отвода инструмента.

$$T_0 = (l) \cdot i / (n \cdot S) = (141) \cdot 1 / (2500 \cdot 0,4) = 0,14 \text{ мин.}$$

3 Переход. Состоит из сверления центровочного отверстия и отвода инструмента.

$$T_0 = (l + l_1) / (n \cdot S) = (8,9 + 1,16) / (2400 \cdot 0,02) = 0,21 \text{ мин.}$$

Основное время для 2 операции. Токарная с ЧПУ.
2 операция



Для удобства расчета, токарную операцию разбиваем на 4 перехода.

1 Переход. Состоит из подвода инструмента, подрезки торца и его отвода.

Тогда основное время рассчитывается по формуле:

$$T_0 = (l + l_{cx}) \cdot i / (n \cdot S) = (16+1) \cdot 1 / (1796 \cdot 0,4) = 0,025 \text{ мин.}$$

2 Переход. Состоит из продольного точения и отвода инструмента.

$$T_0 = (l) \cdot i / (n \cdot S) = (264) \cdot 1 / (2500 \cdot 0,4) = 0,26 \text{ мин.}$$

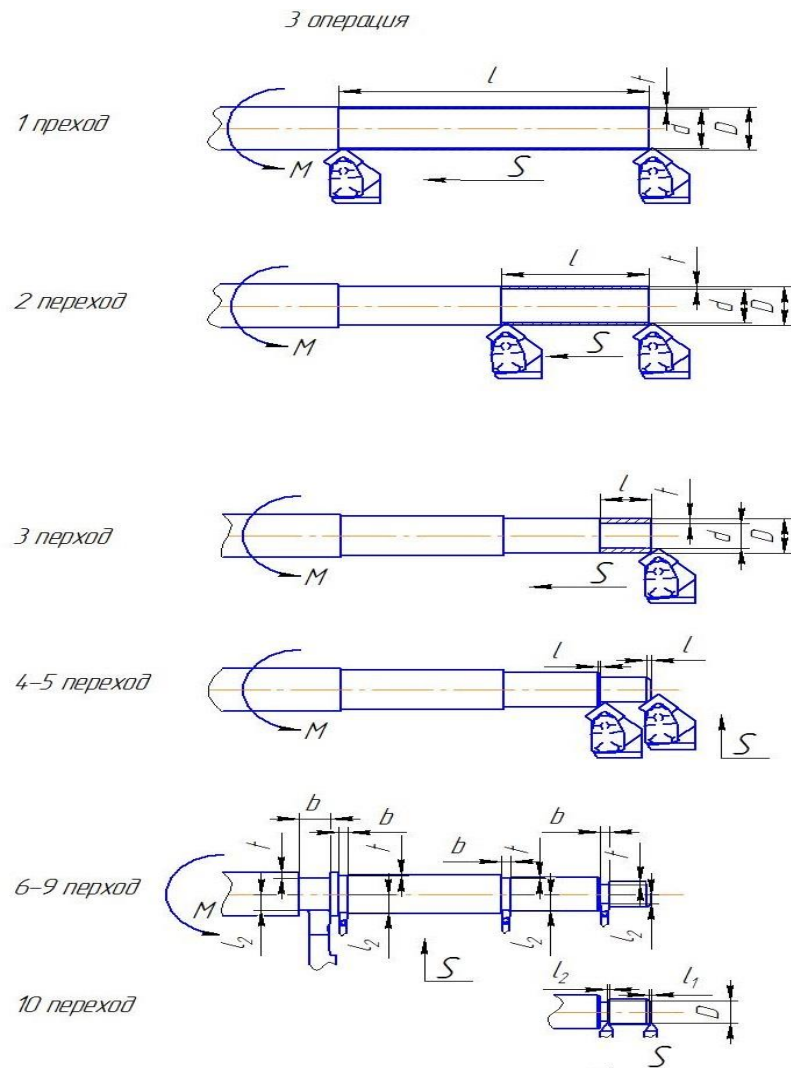
3 Переход. Состоит из сверления центровочного отверстия и отвода инструмента.

$$T_0 = (l+l_1) / (n \cdot S) = (8.9+1.16) / (2400 \cdot 0,02) = 0,21 \text{ мин}$$

4 Переход. Состоит и продольного точения, и отвода инструмента.

$$T_0 = (l) \cdot i / (n \cdot S) = (38) \cdot 2 / (2500 \cdot 0,4) = 0,08 \text{ мин.}$$

Основное время для 3 операции. Токарная с ЧПУ.



Для удобства расчета, токарную операцию разбиваем на 10 переходов.

1 Переход. Состоит из продольного точения и отвода инструмента.

$$T_0 = (l) \cdot i / (n \cdot S) = (141) \cdot 2 / (2500 \cdot 0,4) = 0,28 \text{ мин.}$$

2 Переход. Состоит из продольного точения и отвода инструмента.

$$T_0 = (l) \cdot i / (n \cdot S) = (67) \cdot 2 / (2500 \cdot 0,4) = 0,14 \text{ мин}$$

3 Переход. Состоит и продольного точения, и отвода инструмента.

$$T_0 = (l) \cdot i / (n \cdot S) = (23) \cdot 2 / (2500 \cdot 0,4) = 0,05 \text{ мин.}$$

4 Переход. Снять фаску

$$T_0 = (l) \cdot i / (n \cdot S) = (2) \cdot 1 / (2500 \cdot 0,1) = 0,008 \text{ мин.}$$

5 Переход. Снять фаску

$$T_0 = (l) \cdot i / (n \cdot S) = (1) \cdot 1 / (2500 \cdot 0,1) = 0,008 \text{ мин.}$$

6 Переход. Точить канавку

$$T_0 = (l) \cdot i / (n \cdot S) = (3) \cdot 1 / (523 \cdot 0,4) = 0,014 \text{ мин.}$$

7 Переход. Точить канавку

$$T_0 = (l) \cdot i / (n \cdot S) = (3) \cdot 1 / (523 \cdot 0,4) = 0,014 \text{ мин.}$$

8 Переход. Точить канавку

$$T_0 = (l) \cdot i / (n \cdot S) = (3) \cdot 1 / (523 \cdot 0,4) = 0,014 \text{ мин.}$$

9 Переход. Точить канавку

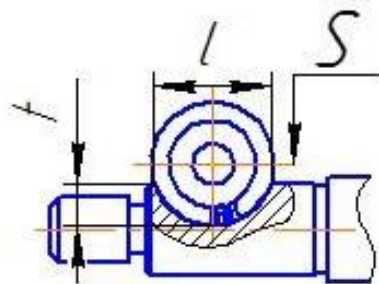
$$T_0 = (l) \cdot i / (n \cdot S) = (7) \cdot 2 / (373 \cdot 0,5) = 0,075 \text{ мин.}$$

10 Переход. Нарезать резьбу

$$T_0 = (l) \cdot (i+0,5) / (n \cdot P) = (22) \cdot 10 / (2500 \cdot 2) = 0,044 \text{ мин.}$$

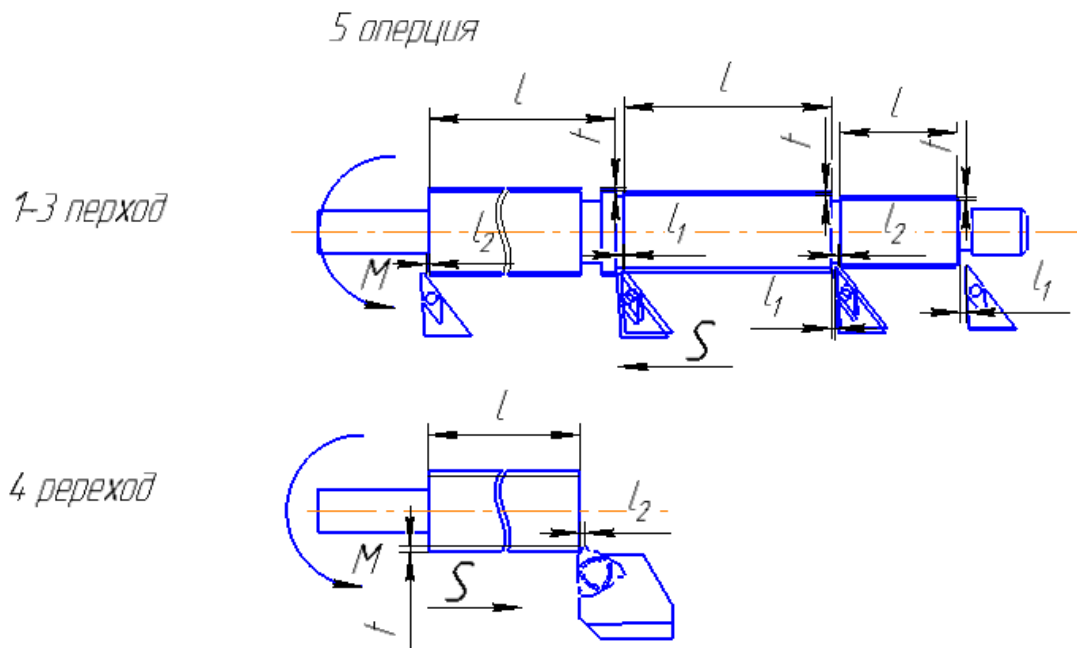
Основное время для 4 операции. Фрезерная.

4 операция



$$T_0 = (l) \cdot i / (n \cdot S) = (28,28) \cdot 1 / (362 \cdot 0,15) = 0,52 \text{ мин.}$$

Основное время для 5 операции. Токарная в центрах.



1 Переход. Состоит из продольного точения по контуру.

$$T_0 = (l) \cdot i / (n \cdot S) = (43) \cdot 1 / (2500 \cdot 0,2) = 0,086 \text{ мин.}$$

2 Переход. Состоит из продольного точения по контуру.

$$T_0 = (l) \cdot i / (n \cdot S) = (73) \cdot 1 / (2500 \cdot 0,2) = 0,015 \text{ мин}$$

3 Переход. Состоит и продольного точения по контуру.

$$T_0 = (l) \cdot i / (n \cdot S) = (228) \cdot 1 / (2500 \cdot 0,2) = 0,46 \text{ мин.}$$

4 Переход. Нарезать резьбу.

$$T_0 = (l) \cdot (i+0,5) / (n \cdot P) = (214) \cdot 14 / (2500 \cdot 5) = 0,24 \text{ мин.}$$

Для расчёта штучно – калькуляционного времени воспользуемся методикой, изложенной в [1].

$$T_{шт-к} = \frac{T_{n-3}}{n} + T_0 + (T_{в.у} + T_{у.п.} + T_{и.з.}) + T_{об.от} \quad (1)$$

где T_0 -основное время на операцию, мин;

$T_{в.}$ -вспомогательное время, мин;

$$T_{в} = T_{в.у} + T_{у.п.} + T_{и.з.} \quad (2)$$

где $T_{в.у}$ - время на установку и снятие детали, мин;

$T_{у.п.}$ - время связанное с выполнением вспомогательных ходов и перемещений при обработке поверхности, мин;

$T_{и.з.}$ – время связанное с измерениями.

$T_{обсл/от}$ - время обслуживания рабочего места и отдых, мин;

$$T_{об.от} = T_{оп} + П_{об.от} / 100 \quad (3)$$

$П_{об.от}$ – процент от основного времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности.

$T_{пз}$ - подготовительно-заключительное время;

Номер и наименование операции	T_o	$T_{вс}$			$T_{оп}$	$T_{обс/от}$	$T_{п-з}$	$T_{шт-к}$
		$T_{ву}$	$T_{уп}$	$T_{из}$				
1	0,375	0,23	1,545	0,22	2,346	0,152	0,002	4,87
2	0,575	0,23	1,545	0,22	2,346	0,152	0,002	5,07
3	0,647	0,23	1,582	0,4	2,811	0,182	0,003	5,855
4	0,520	0,053	0,3	0,17	0,807	0,056	0,0046	1,91
5	0,801	0,023	1,16	0,22	2,367	0,154	0,0032	4,73

10.КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.

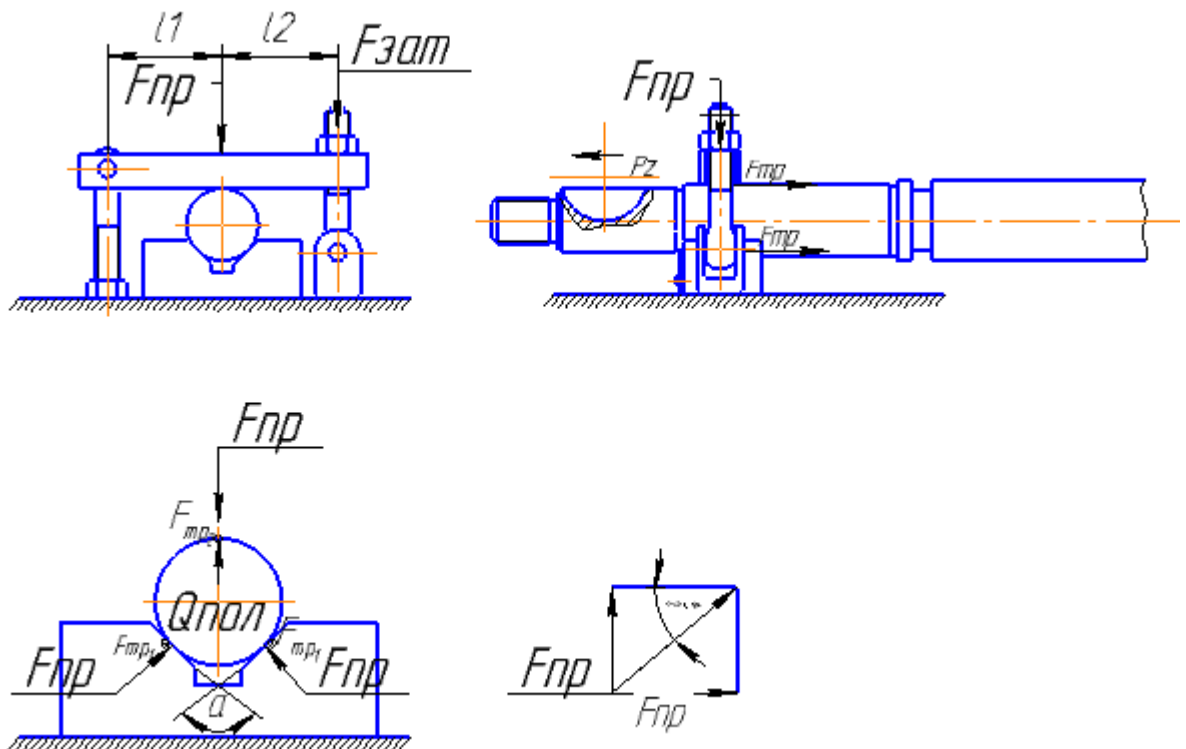
Основным содержанием конструкторской части является расчет и проектирование станочного приспособления.

Существует большое разнообразие конструкций приспособлений, классифицирующихся по типу станков, степени специализации, уровню механизации, виду привода. Во всех приспособлениях выделяются отдельные конструктивные группы элементов: установочные, зажимные, направляющие, самоцентрирующие. Это способствует разработке конструкции приспособлений и упрощает проектирование. В данном случае конструкторская часть будет полностью посвящена разработке специального приспособления для закрепления ходового винта и получения на нем шпоночного паза.

Для фрезерования шпоночного паза (4 операция переход 1) базирование осуществляется по наружной цилиндрической поверхности диаметром 25 мм и уступу заготовки. Для реализации такой схемы базирования предлагается использовать специальное наладочное приспособление, состоящие из: призмы ГОСТ 12195-66, специально спроектированного прижима и центра. Призма устанавливается на специально спроектированную пластину к которой крепится болтами и штифтами. Сама пластина крепится болтами за Т-образные пазы на

горизонтально-фрезерном станке 6Р80. Затем устанавливается центр на такую же пластину и крепится к ней болтами. Пластина крепится к Т-образным пазам. После закрепления приспособления на столе горизонтально-фрезерного станка, заготовка устанавливается в призму и с помощью прижима закрепляют ее. Для полной неподвижности, заготовка пожимается центром. Для открепления заготовки необходимо ослабить винт прижима, снять прижим с заготовки, ослабить винт центра, снять заготовку.

10.1. Расчёт усилия закрепления.



Основное уравнение силы резания P_z :

$$P_z = 2F_{мп1} \cdot f + F_{мп2} \cdot f$$

Где $F_{тр1}$ – Сила трения между стенкой призмы и заготовкой,

$F_{тр2}$ – Сила трения между прижимом и заготовкой,

f – Коэффициент трения.

Их основного уравнения:

$$F_{мп1} = F_{np} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$F_{мп2} = F_{np}$$

Где F_{np} – Сила прижатия заготовки,

α – угол призмы

Подставим данные выражения в основную формулу и найдем F_{np} :

$$Pz = 2F_{np} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot f + F_{np} \cdot f \Rightarrow$$

$$Pz = F_{np} \cdot f \left(\sin \frac{\alpha}{2} + 1 \right) \Rightarrow$$

$$F_{np} = \frac{Pz}{f \cdot \left(\sin \frac{\alpha}{2} + 1 \right)}$$

$$F_{np} = \frac{494}{0,08 \cdot (\sin 45^\circ + 1)} = 3745(H)$$

Имея силу прижатия, находим $F_{зат}$;

Где k – коэффициент запаса.

$$F_{зат} = \frac{F_{np} \cdot k}{2} = \frac{3745 \cdot 1,5}{2} = 2809(H)$$

Определим $M_{зат}$ (Болт М8); где $M_{зат}$ - момент затягивания гайки, $F_{зат}$ - сила затягивания, d_2 - средний диаметр болта, φ – угол трения резьбы, ψ – угол подъема резьбы.

$$M_{зат} = F_{зат} \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \operatorname{tg}(\psi + \varphi) = 2809 \cdot \frac{7,350}{2} \cdot \operatorname{tg}(2,5^\circ + 10^\circ) = 2,05(H \cdot m)$$

Окончательно найдем усилие затяжки $P_{зат}$; где l - длина рычага для затяжки гайки. Так как по расчетам гайка М8, длина рычага ключа для завинчивания равна 100 мм.

$$P_{зат} = \frac{M_{зат}}{l} = \frac{2,05}{0,1} = 20,53(H)$$

Так же определим силу, действующую на винт, для крепления упора

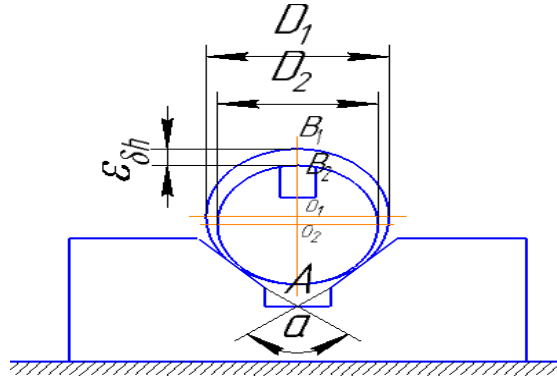
$$F_{болта} = \frac{Pz \cdot h}{h_1} = \frac{494 \cdot 20}{5} = 1976(H)$$

Так как упор крепится на 2 винта:

$$F_{1болта} = \frac{F_{болта}}{2} = \frac{1976}{2} = 988(H)$$

10.2 Расчёт погрешности закрепления.

Погрешность, возникающая при закреплении детали в призмы. Так как базирующей является не подвижная призма, рассчитаем погрешность при фрезеровании шпоночного паза.



$$\Delta h_1 = \varepsilon \delta h_1 = AB_1 - AB_2 = \left(\frac{D_1}{2} + \frac{D_1}{2 \sin(\frac{\alpha}{2})} \right) - \left(\frac{D_2}{2} + \frac{D_2}{2 \sin(\frac{\alpha}{2})} \right) = (D_1 - D_2) \cdot \left(1 + \sin(\frac{\alpha}{2}) \right) =$$

$$= \Delta D (1 + \sin(\frac{\alpha}{2})) = 0.16 \cdot \left(1 + \sin(\frac{90}{2}) \right) = 0.264 = 0.264 \text{ (мм)}$$

Приспособление обеспечивает необходимую точность изготовления шпоночного паза.

11. ФИНАНСОВЫЙ МЕНДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.

11.1 Расчет затрат по статье «сырье и материалы»

Затраты на основные материалы для каждого (i -го) вида в отдельности рассчитываются по формуле

$$C_{\text{Мoi}} = w_i \cdot \Pi_{\text{Mi}} \cdot (1 + k_{\text{ТЗ}}), \quad (1)$$

где w_i – норма расхода материала i -го вида на изделие (деталь); Π_{Mi} – цена материала i -го вида, ден. ед./кг., $i = 1, \dots, I$; $k_{\text{ТЗ}}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов ($k_{\text{ТЗ}} = 0,06$)¹.

Общая величина данных затрат равна

$$C_{\text{Мoi}} = 1,5 \cdot 50 \cdot (1 + 0,06) = 79,5$$

11.2 Расчет затрат по статье «возвратные отходы»

Данная статья включает стоимость отходов по цене их реализации на сторону, данная величина исключается из производственной себестоимости продукции. Расчет выполняется по формуле

$$C_{\text{от}} = M_{\text{от}} \cdot \Pi_{\text{от}} = (B_{\text{чр}} - B_{\text{чст}}) \cdot (1 - \beta) \cdot \Pi_{\text{от}},$$

где $M_{\text{от}}$ – количество отходов в физических единицах, получаемых при изготовлении единицы продукции; $\Pi_{\text{от}}$ – цена отходов, ден.ед.; $B_{\text{чр}}$ – масса заготовки; $B_{\text{чст}}$ – чистая масса детали; β – доля безвозвратных потерь (принять 0,02).

$$C_{\text{от}} = 0,23 \cdot 11,5 = (1,530 - 1,3) \cdot (1 - 0,02) \cdot 11,5 = 2,6$$

11.3 Расчет затрат по статье «основная заработная плата производственных рабочих»

$$C_{\text{озп}} = \sum_{i=1}^{K_o} \frac{t_i^{\text{шт.к}}}{60} \cdot \text{ЧТС}_i \cdot k_{\text{пр}},$$

где $t_i^{\text{шт.к}}$ – штучное время выполнения i -й операции, мин;

K_0 – количество операций в процессе;

ЧТС_i – часовая тарифная ставка на i -й операции;

$k_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий доплаты, выплаты и премии, предусмотренные законодательством о труде. При проектировании следует принять его равным 1,4.

В нижеприведенной табл. указаны рекомендуемые значения ЧТС.

$$C_{\text{озп1}} = \frac{4,846 \cdot 1,4 \cdot 65,05}{60} = 7,36$$

$$C_{\text{озп2}} = \frac{4,846 \cdot 1,4 \cdot 65,05}{60} = 7,36$$

$$C_{\text{озп3}} = \frac{5,80 \cdot 1,4 \cdot 65,05}{60} = 8,8$$

$$C_{\text{озп4}} = \frac{1,81 \cdot 1,4 \cdot 65,05}{60} = 2,75$$

$$C_{\text{озп5}} = \frac{4,684 \cdot 1,4 \cdot 65,05}{60} = 7,11$$

Таблица

Разрядные коэффициенты и часовые тарифные ставки

Разряд	1	2	3	4	5	6
Разрядный коэффициент	1	1,275	1,626	2,074	2,645	3,375
ЧТС, руб.	40	51	65,05	82,96	105,81	135,0

11.4 Расчет затрат по статье «дополнительная заработная плата производственных рабочих»

$$C_{\text{дзп}} = C_{\text{озп}} \cdot k_{\text{д}},$$

где $C_{\text{озп}}$ – основная зарплата, ден. ед.;

k_d – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату. При проектировании следует принять его равным 1,1.

$$C_{ДПЗ1} = 7,36 \cdot 1,1 = 8,1$$

$$C_{ДПЗ2} = 7,36 \cdot 1,1 = 8,1$$

$$C_{ДПЗ3} = 8,8 \cdot 1,1 = 9,68$$

$$C_{ДПЗ4} = 2,75 \cdot 1,1 = 3,02$$

$$C_{ДПЗ} = 7,11 \cdot 1,1 = 7,82$$

11.5 Расчет затрат по статье «налоги, отчисления в бюджет и внебюджетные фонды»

$$C_H = (C_{озп} + C_{дзп}) \cdot (C_{с.н} + C_{стр}) / 100,$$

где $C_{озп}$ – основная зарплата производственных рабочих, ден. ед.;

$C_{дзп}$ – дополнительная зарплата производственных рабочих, ден. ед.;

$C_{с.н.}$ – ставка социального налога (принять 30 %);

$C_{стр}$ – ставка страховых взносов по прочим видам обязательного страхования (принять 0,7%);

$$C_H = (33,38 + 36,72) \cdot (30 + 0,7) / 100 = 21,52$$

11.6 расчет затрат по статье «расходы по содержанию и эксплуатации машин и оборудования»

Эта статья является комплексной и включает следующие виды расходов:

- a.** амортизация оборудования и ценного инструмента (оснастки), обозначение C_a ;
- b.** эксплуатация оборудования (кроме расходов на ремонт);
- c.** ремонт оборудования;
- d.** прочие расходы.

Порядок расчета отдельных элементов данной статьи при выполнении ВКР следующий.

Элемент «а» (амортизация оборудования и ...) определяется на основе норм амортизации и балансовой стоимости соответствующего оборудования, для расчета ее годовой величины используется следующая формула

$$A_{\text{год}} = \sum_{i=1}^T \Phi_i \cdot H_{ai} + \sum_{j=1}^m \Phi_j \cdot H_{aj}, \quad (3)$$

где Φ_i – первоначальная (балансовая) стоимость единицы оборудования i -го типа, $i = 1, \dots, T$;

T – количество типов используемого оборудования;

Φ_j – то же для j -готипа оснастки $j=1, \dots, m$;

m – количество типов используемой оснастки;

$H_{обi}$ и $H_{оснj}$ – соответствующие нормы амортизации.

Норма амортизации в общем виде определяется по формуле

Наименование оборудования	Цена, руб.
Токарно-винторезный станок с ЧПУ 16K20Ф3	2650000
Горизонтально-фрезерный станок 6P80	1000000
3-кулачковый патрон	25000
Центры	6 760

$$A_{\text{год}} = 3650000 \cdot 0,14 + 31760 \cdot 0,33 = 5214808$$

$$H_a = \frac{1}{T_{\text{ти}}},$$

где $T_{\text{пи}}$ – срок полезного использования, лет,

Для оснастки принять следующие значения $T_{\text{пи}}$ центры вращающиеся – 1 год;
патроны трёх кулачковые самоцентрирующиеся – 3 года.

$$H_{\text{а.ц.в.}} = \frac{1}{1} = 1;$$

$$H_{\text{а.п.с.}} = \frac{1}{3} = 0,33;$$

Расчет средней загрузки оборудования

$$I_{\text{кр}} = \frac{N_{\text{в}} \cdot \sum_{i=1}^P t_i^{\text{шт.к.}}}{\sum_{i=1}^P F_i},$$

где $N_{\text{в}}$ – годовой объем выпуска изделия (детали), шт.;

P – количество операций в технологическом процессе;

$t_{\text{шт.к.}}$ – штучно-калькуляционное время на i -й операции процесса, $i = 1, \dots, P$;

F_i – действительный годовой фонд времени работы оборудования, используемого на i -й операции с учетом принятого количества рабочих смен.

$$I_{\text{кр}} = \frac{5000 \cdot 21,993}{124200} = 0,88$$

Если $I_{\text{кр}} \geq 0,6$, то $C_{\text{а}} = A_{\text{год}}/N_{\text{в.}}$

$$C_{\text{а}} = 5214808/5000 = 104,29$$

Элемент «b» (эксплуатация оборудования) включает в себя:

$$C_{\text{экс}} = (C_{\text{озп}} + C_{\text{дзп}} + C_{\text{н}}) \cdot 0,4;$$

$$C_{\text{экс}} = (33,38 + 36,72 + 21,52) \cdot 0,4 = 36,64$$

- стоимость материалов, расходуемых для обеспечения работы оборудования, принимается в размере 20% от величины амортизации, т.е.

$$C_{\text{мэкс}} = C_{\text{а}} \cdot 0,2;$$

$$C_{\text{мэкс}} = 104,29 \cdot 0,2 = 20,86$$

- затраты на электроэнергию:

$$C_{\text{эл.п}} = \Pi_{\text{э}} \cdot K_{\text{п}} \cdot \sum_{i=1}^P W_i \cdot K_{\text{вi}} \cdot t_i^{\text{шт.к}},$$

где $\Pi_{\text{э}}$ – тариф на электроэнергию ден. ед. / кВт.ч.;

$K_{\text{п}}$ – коэффициент, учитывающий потери мощности в сети (1,05);

W_i – мощность электропривода оборудования, используемого на i -й операции;

$K_{\text{ми}}$ – коэффициент загрузки оборудования по мощности (при невозможности определения с помощью расчета принимается равным 0,6–0,7);

$K_{\text{вi}}$ – коэффициент загрузки электропривода оборудования по времени, принимается равным 0,6 – 0,7 от $t_i^{\text{шт.к}}$.

$$C_{\text{эл.п.}} = 5,2 \cdot 1,05 \cdot 13 \cdot 0,7 \cdot 29,933 = 1487$$

Элемент «с» (ремонт оборудования)

$$C_{\text{рем}} = C_{\text{озп}} \cdot (1,0 - 1,2).$$

$$C_{\text{рем}} = 33,38 \cdot 1,2 = 40,06$$

Нижнее значение интервала (0,1–0,12) принимается для мелко и среднесерийного производства, верхнее – для крупносерийного и массового.

Элемент «ф» (погашение стоимости инструментов и ...), в эту группу включаются все виды технологического оснащения универсального характера со сроком службы менее одного года. Расчет производится по формуле

$$C_{\text{ион}} = \frac{(1 + k_{\text{тз}}) \cdot \sum_{i=1}^P \Pi_{\text{иi}} \cdot t_{\text{рез.i}} \cdot m_i}{T_{\text{ст.и.i}} \cdot n_i},$$

где $\Pi_{\text{иi}}$ – цена инструмента, используемого на i -й операции, $i = 1, \dots, P$;

$t_{\text{рез.i}}$ – время работы инструмента, применяемого на i -й операции, мин.; m_i – количество одновременно используемых инструментов;

$T_{ст.и.i}$ – период стойкости инструмента (время резания между переточками), мин.;

n_i – возможное количество переточек (правок) инструмента;

$k_{тз}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов ($k_{тз}=0,06$).

$$C_1 = \frac{(1+0,06) \cdot 760 \cdot 0,42 \cdot 1}{8 \cdot 1} = 42,3$$

$$C_2 = \frac{(1+0,06) \cdot 900,63 \cdot 0,009 \cdot 1}{70 \cdot 4} = 0,03$$

$$C_3 = \frac{(1+0,06) \cdot 322,9 \cdot 0,117 \cdot 1}{8 \cdot 10} = 0,5$$

$$C_4 = \frac{(1+0,06) \cdot 2140,8 \cdot 0,507 \cdot 1}{30 \cdot 2} = 19,17$$

$$C_5 = \frac{(1+0,06) \cdot 1430 \cdot 0,473 \cdot 1}{45 \cdot 4} = 3,98$$

$$C_6 = \frac{(1+0,06) \cdot 2500 \cdot 0,42 \cdot 1}{120 \cdot 3} = 3,1$$

№	Инструмент	Стойкость (мин)	Цена(руб.)
1	Резец проходной	30	2140,8
2	Резец подрезной	45	1430
3	Резец резьбонарезной	70	900,63
4	Резец отрезной	8	322,9
5	Сверло центровочное	8	760
6	Фреза цилиндрическая	120	3120

11.7. Расчет затрат по статье «общецеховые расходы»

$$C_{оп} = C_{озп} \cdot k_{оп} = C_{озп} \cdot (0,5 - 0,8).$$

$$C_{on} = 33,38 \cdot 0,6 = 20,03$$

11.8. Расчет затрат по статье «общехозяйственные расходы»

$$C_{ox} = C_{озп} \cdot k_{ox}$$

$$C_{ox} = 33,38 \cdot 0,5 = 16,69$$

11.9. Расчет затрат по статье «расходы на реализацию (внепроизводственные)»

$$C_{пр.} = C_{ox} + C_{оп} + (\sum C_{ион}) + C_{рем} + C_{эл.п} + C_{экс} + C_a + C_n + C_{дзп} + C_{озп} + C_{от} + C_{п} = 1948 \text{ руб.};$$

$$C_{реал.} = C_{пр.} \cdot 0,01 = 19,48 \text{ руб}$$

Рассчитаем стоимость специального приспособления:

$$P_{прис.} = S_{прис} / N_{вып}$$

$$P_{прис.} = 96000 / 5000 = 19,2$$

11.10. Расчет прибыли

Прибыль от реализации изделия в зависимости от конкретной ситуации может определяться различными способами. Если исполнитель работы не располагает данными для применения «сложных» методов, то прибыль следует принять в размере 5÷20 % от полной себестоимости проекта.

$$P = (C_{пр} + C_{реал.}) \cdot 0,2$$

$$P = (1948 + 19,48) \cdot 0,2 = 393,5 \text{ руб.}$$

11.11 Расчет НДС

$$H = (C_{пр.} + C_{реал.} + P) \cdot 0,18$$

$$H = (1948 + 19,48 + 393,5) \cdot 0,18 = 377,8 \text{ руб.}$$

11.12 Цена изделия

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС.

$$S = C_{пр} + C_{реал.} + P + H + P_{прис.}$$

$$S = 1948 + 19,48 + 393,5 + 377,8 + 19,2 = 2758 \text{ руб.}$$

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Л21	Возовиков Данилу Максимовичу

Институт	кибернетики	Кафедра	ТАМП
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования и области его применения	Объектом исследования является участок цеха, в котором производится обработка детали, а также содержащиеся в данном цеху станки и сопутствующее оборудование.
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность	—Подвижные части производственного оборудования — Опасность поражения электрическим током —Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны. —Повышенный уровень шума на рабочем месте —Повышенный уровень вибрации —Недостаточная освещенность рабочей зоны
2. Экологическая безопасность	—Влияние деятельности на ОС: литосферу, атмосферу и гидросферу
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	—Возгорание в цехе/производственном участке
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	—Возможное наличие угроз жизни —Обеспечение работника мерами защиты —Рабочее место

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Мезенцева И. Л.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л21	Возовиков Данил Максимович		

12. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

ВВЕДЕНИЕ.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка эффективного технологического процесса изготовления детали типа «Винт». Деталь – Винт – представляет собой тело вращения, изготавливаемое из стали 45. Данная деталь применяется в вертикально-сверлильных станках. В зависимости от марки станка, винт может использоваться как вертикальная направляющая, по которой перемещается стол, либо для перемещения сверлильной головки. В работе будет рассмотрено воздействие вредных факторов на человека и окружающую среду в процессе производства детали.

В процессе обработки детали возможно проявление следующих вредных и опасных факторов. Рабочее место не оснащено необходимыми средствами безопасности, то станочник подвергается опасности травмирования сливной стружкой, обрабатываемым изделием, режущим инструментом, поражение электрическим током. В течении вспомогательного времени происходит основное физическое напряжение рабочего, вызываемое многочисленными повторяющимися ручными операциями, особенно при работе на универсальном оборудовании. К вредным факторам возникающих в цеху можно отнести: повышенный уровень шума, недостаточную освещённость рабочей зоны, загрязнённый воздух, негативное воздействие СОЖ, отклонение показателей микроклимата. Данные факторы могут пагубно повлиять на здоровье станочника.

12.1 Производственная безопасность.

12.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования.

При производстве ходового винта на участке цеха используется следующее оборудование: токарный станок с ЧПУ, фрезерный станок. Производственные условия на участке характеризуются наличием следующих опасных и вредных факторов (по ГОСТ 12.0.003-74.).

Табл. 1. Опасные и вредные факторы при изготовлении детали «Винт».

Оборуд.	Вредные и опасные факторы	Меры защиты
---------	---------------------------	-------------

Механическая обработка Токарно-винторезный станок с ЧПУ 16K20Ф3	1. Незащищённые подвижные элементы производственного оборудования	1. Ограждение зоны обработки
	2. Опасный уровень напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека	2. $U=380В$, $J=10А$, $f=50Гц$ Применение контурного заземления $R_3 \leq 4Ом$
	3. Повышенный уровень шума на рабочем месте $УЗД=97дБА$ $ПДУ=80дБА$	3. Использование звукопоглощающих покрытий $\alpha \geq 0,5$, защитных кожухов, перфорированных экранов
	4. Повышенный уровень вибрации $f=18Гц$ $ПДУ=92дБ$	4. Упругая подвеска, амортизация, индивидуальные средства защиты (антивибрационные пояса, спец. одежда, поглощающая обувь, коврик)
	5. Стружкообразование материала стали 45	5. Индивидуальные средства защиты: очки, использование стружколомов, использование автоматической уборки стружки
	6. Недостаточная освещенность рабочей зоны	6. Применение комбинированной системы освещения с использованием люминесцентных ламп типа ЛБ и ЛД
	7. Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны	7. Использование принудительной вытяжной вентиляции
	8. Недопустимые метеорологические условия для помещения рабочей зоны	8. Использование приточно-вытяжной вентиляции, системы воздушного отопления
	9. Возможность возникновения ЧС – пожаропасность	9. Первичные средства пожаротушения – пенные и углекислотные огнетушители,

		ящики с песком.
--	--	-----------------

— Загрязненный воздух рабочей зоны. Процесс резания сопровождается пылевыведением, которое возникает за счет скалывания режущей части инструмента, образование стружки и появление пылевых частиц обрабатываемого материала. Также в процессе резания испаряется СОЖ. Следствием этого может быть травма глаз и легочные заболевания (пневмокониозы), вызванные длительным воздействием пыли на органы дыхания. В качестве средства коллективной защиты для этого типа вредного фактора используется вентиляция.

Источником шума являются металлорежущие станки и находящиеся в этом же цехе сборочное оборудование. Предельно допустимый уровень шума в цехе не более 80дБА, что соответствует ГОСТ 12.1.003-83. Воздействие шума на организм может проявляться в виде специфического поражения органа слуха в сочетании с нарушениями со стороны различных органов и систем. Также монотонный шум может привести к ослаблению внимания станочника. Допустимые уровни шума на рабочих местах относятся к широкополосному шуму. В качестве защиты можно использовать звукопоглощающие покрытия с $\alpha \geq 0,5$, защитные кожухи, перфорированные экраны.

Источником вибраций в основном является сборочное оборудование, а причиной возникновения вибрации при работе станков являются неуравновешенные силовые воздействия. Вибрация вызывает у работающих раздражительность, бессонницу, головную боль, ноющие боли в руках людей, имеющих дело с вибрирующим инструментом. При длительном воздействии вибрации перестраивается костная ткань: на рентгенограммах можно заметить полосы, похожие на следы перелома — участки наибольшего напряжения, где размягчается костная ткань. Возрастает проницаемость мелких кровеносных сосудов, нарушается нервная регуляция, изменяется чувствительность кожи. При работе с ручным механизированным инструментом может возникнуть акроасфиксия (симптом мертвых пальцев) — потеря чувствительности,

побеление пальцев, кистей рук. При воздействии общей вибрации более выражены изменения со стороны центральной нервной системы: появляются головокружения, шум в ушах, ухудшение памяти, нарушение координации движений, вестибулярные расстройства, похудение. Вибрация нормируется в соответствии с ГОСТ 12.1.012-90. В качестве меры защиты могут выступать: спец. одежда, поглощающая обувь, коврики.

— Недостаточная освещенность рабочей зоны приводит к перенапряжению органов зрения, в результате чего снижается острота зрения, и человек быстро устает. Причиной плохой освещенности в цехе является снижение уровня естественной освещенности в связи с загрязнением остекленных поверхностей световых проемов, стен и потолков. Недостаточная освещенность рабочей зоны приводит к перенапряжению органов зрения, в результате чего снижается острота зрения, и человек быстро устает. Средство коллективной и индивидуальной защиты — установка источников освещения по СНиП 23-05-95. Нормы освещенности для высокой точности обработки указаны в таблице 1

Т а б л и ц а 1

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение				Естественное освещение		Совмещенное освещение	
						Освещенность, лк		Сочетание нормируемых величин показателя ослепленности и коэффициента пульсации	КЕО e_n , %				
						при системе комбинированного освещения			при системе общего освещения	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
						всего	в том числе от общего						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III	а	Малый	Темный	2000 1500	200 200	500 400	40 20	15 15	—	—	3,0	1,2
			б	Малый Средний	Средний Темный	1000 750	200 200	300 200	40 20	15 15				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	750 600	200 200	300 200	40 20	15 15				
			г	Средний Большой » Средний	Светлый » Средний	400	200	200	40	15				

12.1.2 Мероприятия по уменьшению вредного воздействия факторов при обработке детали «ходовой винт».

- Ограждение опасных зон: движущихся частей станков и механизмов, режущих инструментов, обрабатываемого материала, токоведущих частей электрооборудования, зоны выделения стружки.
- Применение предохранительных устройств: от перегрузки станка, от перехода движущихся узлов за установленные пределы, от внезапного падения или повышения напряжения электрического тока.
- Использование системы дистанционного управления: управление станком осуществляется с помощью стойки ЧПУ, которая включает в себя клавиатуру для ввода команд и дисплей. Стойка ЧПУ расположена вне опасной зоны станка.
- Использование сигнализации безопасности: цветовой и знаковой.
- Использование средств индивидуальной защиты: очки, спец.одежда, головные уборы, специальная обувь.
- Применение профилактических испытаний станка и его узлов: на механическую прочность, на электрическую проводимость, на надёжность срабатывания предохранительных устройств-блокировок.
- Использование и применение специальных средств обеспечения безопасности: защитное контурное заземление $R_3 \leq 4 \text{ Ом}$, средства дробления сливной стружки в процессе резания, искусственное освещение станков, ограничители шума $УЗД=97\text{дБА}$, $ПДУ=80\text{дБА}$ и вибрации $f=18\text{Гц}$, $ПДУ=92\text{дБ}$, манипуляторы с программным управлением.
- Активную роль на безопасность работы оказывает вентиляция и отопление. Согласно ГОСТ 12.1.005-88 устанавливается комплекс оптимальных и допустимых метеорологических условий для помещения рабочей зоны, включающий значение температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха. Допустимые и оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне помещения цеха приведены в таблице 2.

Табл. 2

Категория работы	Период года	Температура, °C		Относительная влажность, %		Скорость воздуха, м/с	
		оптим	допуст	оптим	допустимая	оптимальн	допустим
Средней тяжести , Па	Холод- ный	18-20	17-23	40-60	не более 75	не более 0,2	не более 0,3
	Тёплый	21-23	18-27	40-60	не более 55 при 28°C 60 при 27°C 65 при 26°C 70 при 25°C 75 при 24°C	не более 0,3	0,2-0,4

12.2 Экологическая безопасность

12.2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.

Механическая обработка металлов на станках сопровождается выделением пыли, стружки, туманов масел и эмульсий, которые через вентиляционную систему выбрасываются из помещений.

— При обработке деталей на металлорежущих станках от 15 до 20% массы заготовки превращается в металлическую стружку, поэтому возникает важная проблема уборки стружки от станков и последующей ее утилизации и переработки. Деталь «ходовой винт» изготовлена из Стали 45, стружка после обработки идет на брикетирование и переработку.

12.2.2 Мероприятия по защите окружающей среды.

— В цехе для ликвидации тяжелого ручного труда и снижения травматизма процесс уборки стружки механизирован. Метод уборки стружки осуществляется с помощью СОЖ (гидротранспортировка), которая сначала удаляет стружку из зоны резания в наклонный желоб, установленный с уклоном в 1° под станком, а далее перемещающей стружку по наклонным желобам в отстойник, оттуда эмульсия вновь подается насосом к станку. Из отстойника стружка, попадает на транспортер, движется в специальное помещение, находящееся за пределами цеха и перегружается в специальные

металлические ящики. После полного заполнения ящики со стружкой с помощью самоходного погрузчика отвозятся на специальные площадки со всего завода и централизованно поступают на переработку. При транспортировании стружки на специальные перерабатывающие предприятия происходят потери металла до 20-25% в результате коррозии и в виде прямых потерь, что загрязняет окружающую среду.

— Также огромное значение имеет очистка вентиляционных выбросов от механических примесей. Это происходит аппаратами мокрого и сухого пылеулавливания, волокнистыми фильтрами и электрофильтрами.

— Защита от тончайшей пыли и металлоабразивной стружки, а также от выбросов вредных газов осуществляется вытяжными трубами, воздухоборниками, отсосами. Воздух, проходя через многочисленные фильтры, очищается, а пыль и грязь поступает в отходы.

— Очистку вентиляционных выбросов от механических примесей осуществляют аппаратами мокрого и сухого пылеулавливания, волокнистыми фильтрами.

— Загрязнение водных ресурсов металлорежущими станками может произойти при чистке станков и его узлов. Такая чистка производится на специальном месте оборудованном стоком с фильтрами, задерживающими грязь, масла, кислоты.

На предприятиях машиностроительной промышленности очистка сточных вод осуществляется, как правило, в отстойниках, шлаконакопителях, нефти - и масло ловушках. Очищенные воды в большинстве случаев используются в системах оборотного водоснабжения. При этом вода основного источника или из других циклов водопользования идёт на компенсацию потерь оборотной воды.

12.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

12.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.

Из возможных чрезвычайных ситуаций техногенного характера может быть выделено возгорание в цехе/производственном участке при несоблюдении

предписанных норм пожарной безопасности или же вследствие короткого замыкания или проблем с токопроводящим оборудованием.

Поэтому следует проводить профилактические мероприятия, а также проводить инструктажи рабочих. В каждом цехе должны быть предусмотрены меры эвакуации, например, запасные выходы. Так же обязаны присутствовать средства пожаротушения. В доступном месте должны висеть инструкции по действиям при пожаре с указанием последовательности действий, а также планов эвакуации с телефонами спецслужб, куда стоит сообщить о возникновении чрезвычайной ситуации.

12.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

12.4.1 Мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Так как данный вид работ подразумевает возможное наличие угроз жизни. Таких как: работа в запылённом помещении, работа с подвижными частями механизмов, следует обеспечить работника всеми необходимыми мерами защиты – рабочими перчатками, для уменьшения травм от острых краёв металла; очками, для исключения попадания инородных тел в глаза и область глаз; спец.одеждой, как мерой индивидуальной защиты работника, а также другими средствами защиты в зависимости от выполняемой сотрудником работы. Каждому работнику должно быть предоставлено рабочее место с учётом специфики работы – если это сборочное место, то оно должно быть оснащено всем необходимым для сборки инструментом, должно быть удобным, а также освещённым в зависимости от размера собираемой детали; если это место работника-токаря, то рядом должны находиться инструментальные шкафы со всем необходимым инструментом, перед станком должна быть ровная и удобная поверхность, уровень света также должен быть достаточен для работы, чтобы сотруднику не приходилось подключать другие источники света.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
2. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. – 100 с.
3. Мягков В.Д., Палей М.А., Романов А.Б., Брагинский В.А. Допуски и посадки. Справочник. В 2-х ч. Том 2. – Л.: Машиностроение, 1983. – 448 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 /Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова.— 4-е изд., перераб. и доп.— М.: Машиностроение, 1985. 496 с.
5. Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя: В 3 т. Т. 1. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.: ил.
6. Справочник инструментальщика /И.А. Ординарцев, Г.В. Филлипов, А.Н. Шевченко и др., Под общей редакцией И.А.Ординарцева.-Л.: Машиностроение. Ленингр. Отделение .1987.-846 с.