

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа – Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки – 15.03.01. Машиностроение
Отделение школы – Материаловедения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование технологического процесса изготовления оправки и оснастки.

УДК № 621.81.229.324.001.6.

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л31	Матякубов Зохиджон Ибрахимович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коротков Владимир Сергеевич	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Старикова Екатерина Васильевна	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Юрий Митрофанович	д.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Ефременков Егор Алексеевич	к.т.н.		

Томск - 2018 г.

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
 Отделение школы Материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
Ефременков Е.А
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л31	Матякубов Зохиджон Ибрахимович

Тема работы:

«Проектирование технологического процесса изготовления оправки и оснастки»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	05.04.2018г №2348/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	-Чертеж детали; -Годовая программа выпуска.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	-Определение типа производства, форм и методов организации работ; -Анализ технологичности конструкции детали; -Выбор заготовки; -Разработка маршрута обработки детали; -Размерный анализ техпроцесса; -Выбор оборудования; -Расчет и назначение режимов обработки; -Нормирование технологического процесса; -Конструирование приспособления.
Перечень графического материала	-Чертеж детали; -Чертеж приспособления -Спецификация

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Технологический	Коротков Владимир Сергеевич
Конструктоский	Коротков Владимир Сергеевич
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Старикова Екатерина Васильевна
Социальная ответственность	Федорчук Юрий Митрофанович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коротков Владимир Сергеевич	К.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л31	Матякубов Зохиджон Ибрахимович		

Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
Р2	Применять глубокие знания в области современных технологий машиностроительного производства для решения междисциплинарных инженерных задач
Р3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с созданием и обработкой материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов машиностроения
Р4	Разрабатывать технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование и инструменты для обработки материалов и изделий, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства
Р5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных технологий обработки материалов, нанотехнологий, создания новых материалов в сложных и неопределенных условиях
Универсальные компетенции	
Р11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 144 ст., 40 рис., 24 табл., 16 источников и 5 приложений.

Объектом изучения является проектирования технологического процесса изготовления «Оправки».

Оправка – это деталь, предназначенная для установки и крепления сверла и фрез различных диаметров. Изготавливается из стали СТАЛЬ 40Х ГОСТ 4543-71.

Ключевые слова: Оправка, технологический процесс, режим резания, размерный анализ, технологическая оснастка.

Цель работы: проектирования технологического процесса изготовления оправки и оснастки; назначение режимов резания и инструмента для обработки детали; проектирование оснастки для фрезерной операции а именно для точения лысок детали оправка.

В результате изучения рассчитаны технологические размеры; даны рекомендации по выбору режимов резания, инструмента и оборудования.

При проектировании технологического процесса было выполнено: выбраны базы и схемы установки; разработана маршрутная и операционная технология; определены технологические допуски, припуски на операционные размеры; выбрано нужное оборудование с ЧПУ, приспособления и инструмент для обработки детали; рассчитаны режимы резания, и основные нормы времени.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Технологическая часть.....	10
1.1 Определения типа производства.....	10
1.2 Анализ технологичности конструкции детали	13
1.3 Анализ материала детали.....	13
1.4 Выбор исходной заготовки.....	19
1.5 Маршрутный технологический процесс изготовления детали «Оправка».....	20
1.6 Расчет припусков и диаметральных технологических размеров...24	
1.7 Расчет припусков и технологических размеров в осевом Направлении.....	37
1.8 Выбор средств технологического оснащения.....	45
1.9 Расчет режима резания.....	50
1.10 Расчет основного времени.....	81
2. Конструкторская часть.....	91
2.1 Описание работы приспособления.....	91
2.2 Определение силы закрепления заготовки.....	91
2.3 Выбор и расчет привода зажимного устройства.....	92
2.4 Расчет приспособления на точность.....	94
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	96
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	96
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	96
3.1.2 Анализ по технологии QuaD.....	97
3.2 Комплексный анализ научно-исследовательского проекта по разработке технологического процесса изготовления детали «ОПРАВКА» по средством SWOT-анализа.....	100
3.3 Планирование научно-исследовательской работы.....	101

3.4 Структура работ в рамках научного исследования.....	101
3.5 Определение трудоемкости выполнения работ.....	103
3.6 Разработка графика проведения научного исследования.....	106
3.7 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	109
3.7.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	110
3.7.2 Основная заработная плата исполнителей темы.....	111
3.7.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	113
3.7.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	114
3.7.5 Накладные расходы.....	115
3.7.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	115
3.8 Определение эффективности исследования.....	116
3.9 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	116
4. Социальная ответственность.....	121
4.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды.....	121
4.2 Микроклимат.....	121
4.3 Вредные вещества.....	123
4.4 Производственный шум.....	125
4.5 Расчет освещенности цеха.....	126
4.6 Электрическая безопасность.....	130
4.7 Движущиеся машины и механизмы.....	132
4.8 Экологическая безопасность.....	133
4.9 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	137
4.10 Пожаробезопасность.....	138
Заключение.....	142
Список литературы.....	143

Введение

Станкостроение является двигателем машиностроительного производства. Без качественного, надежного и высокопроизводительного оборудования невозможно выдерживать конкуренцию на международных и региональных рынках. В современных условиях импортозамещения возникает необходимость в изготовлении изделий, которые раньше закупались за рубежом. Поэтому основной задачей ВКР является разработка технологического процесса изготовления оправки, по качеству не уступающей зарубежным аналогом. Поставленная задача решается методом аналогов и прецедентов, методом максимума-минимума при анализе технологических размерных цепей с использованием САПР компас 3D. Разработанный технологический процесс предполагается использовать на томском электромеханическом заводе.

ВКР состоит из четырех частей: технологической, конструкторской, финансового менеджмента и социальной ответственности.

В технологической части произведен анализ материала, составлен технологический процесс, рассчитаны режимы резания, припуски на обработку и нормы времени.

В конструкторской части рассчитаны усилие зажима, рассчитан диаметр пневмоцилиндра и выполнен расчет приспособления на точность.

В части финансового менеджмента составлен SWOT анализ, произведены расчеты материальных затрат для разработки детали оправка.

В части социальной ответственности произведен расчет освещенности цеха и составлен план эвакуации рабочих в случае ЧС.

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1.Определение типа производства

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:

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

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

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

Годовой фонд времени работы оборудования определяем по таблице 2.1 [1,стр.22] при двухсменном режиме работы: $F_{\text{г}} = 4029$ ч.

Тогда

$$t_{\text{в}} = \frac{F_{\text{г}}}{N_{\text{г}}} = \frac{4029 \times 60}{2000} = 120,87 \text{ мин};$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса:

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{\text{ш.к}i}}{n}, \quad (2)$$

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

n – количество основных операций.

В качестве основных операций выберем 3 операции ($n=3$).

Штучно – калькуляционное время i - ой основной операции определяем по рекомендациям приложения 1 [4,стр.147]:

$$T_{ш.кi} = \varphi_{к.i} \cdot T_{oi} \quad (3)$$

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

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

Для первой операции (токарная с ЧПУ): $\varphi_{к.1} = 2,14$;

Для второй операции (токарной с ЧПУ): $\varphi_{к.2} = 2,14$;

Для третьей операции (шлифовальной): $\varphi_{к.4} = 2,10$;

Основное технологическое время определяем по рекомендациям приложения 1 [4, стр.146], где время зависит от длины и диаметра обрабатываемой поверхности, а также от вида обработки.

Основное технологическое время первой, токарной операции, определяем только для наиболее продолжительных по времени переходов (точение поверхности начерно и начисто, точение поверхности на проход (см. операционную карту)

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

где d – диаметр, мм ;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм .

Значения вышеперечисленных переменных определяем приближенно, по рис.1.

тогда

$$T_{o.1} = (0,1 \cdot 35 \cdot 10 + 0,17 \cdot 35 \cdot 10 + 0,1 \cdot 48 \cdot 15) \cdot 10^{-3} = 0,819 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции определяем по формуле (3):

$$T_{ш.к1} = \varphi_{к.1} \cdot T_{o.1} = 2,14 \cdot 0,819 = 1,75 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время второй, токарной с ЧПУ операции (см. операционную карту)

$$T_{0,2} = (0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l + 19 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3} \text{ мин.}$$

тогда

$$T_{0,2} = (0,17 \cdot 44,7 \cdot 126 + 0,17 \cdot 44 \cdot 8 + 19 \cdot 48 \cdot 10) \cdot 10^{-3} = 10,137 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции, формуле (3):

$$T_{ш.к2} = \varphi_{к.2} \cdot T_{0,2} = 2,14 \cdot 10,137 = 21,69 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время для третьей, шлифовальной операции (см. операционную карту):

$$T_{0,3} = (0,15 \cdot d \cdot l + 0,15 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3} \text{ мин.,}$$

тогда

$$T_{0,3} = (0,15 \cdot 44 \cdot 10 + 0,15 \cdot 44,7 \cdot 126) \cdot 10^{-3} = 0,910 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции, формуле (3):

$$T_{ш.к3} = \varphi_{к.3} \cdot T_{0,3} = 2,1 \cdot 0,910 = 1,911 \text{ мин.}$$

Средне штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса определяем по формуле (2):

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.кi}}{n} = \frac{T_{ш.к1} + T_{ш.к2} + T_{ш.к3}}{3} = \frac{1,75 + 21,69 + 1,911}{3} = 8,45 \text{ мин.}$$

Тип производства определяем по формуле (1):

$$K_{з.о} = \frac{t_e}{T_{cp}} = \frac{120,87}{8,45} = 14,3 \text{ мин.}$$

Так как $K_{з.о} = 14,3 \geq 10$, то тип производства среднесерийный.

1.2. Анализ технологичности конструкции детали

Технологичность конструкции детали обеспечивает минимальные трудоёмкость изготовления, материалоемкость и себестоимость.

Технологичность конструкции детали оценивается в зависимости от:

- вида производства и масштаба выпуска изделий
- уровня достижения технологических методов изготовления детали
- служебного назначения детали
- вида оборудования, инструмента, оснастки
- уровня механизации и автоматизации процессов организации производства.

От технологичности конструкции детали в значительной степени зависит выбор соответствующего варианта технологического процесса изготовления заготовки, механической обработки, оборудования, режимов резания, инструмента и оснастки.

Деталь технологична с точки зрения механической обработки. На детали не имеется труднодоступных мест. Всех наружных поверхностей можно обработать при много инструментальной наладке. Все поверхности детали обрабатывается и это снижает коэффициент использования материала.

1.3. АНАЛИЗ МАТЕРИАЛА ДЕТАЛИ

Деталь – Оправка для универсальных металлорежущих станков. Предназначена для установки и крепления Режущих инструментов. Изготавливается из стали **Сталь 40Х ГОСТ 4543-71**

Группа стали – хромистая

Массовая доля элементов, %								
Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Молибден	Алюминий	Титан	Ванадий
0,36-0,44	0,17-0,37	0,50-0,80	0,80-1,10	-	-	-	-	-

Ac ₁	Ac ₃ (Ac _m)	Ac ₃ (Arс _m)	Ar ₁	Мн
743	815	730	693	325
			Число твердости, НВ, не более	
Отожженный или высокоотпущенный прокат			217	
Нагартованный прокат			269	

температура отпуска, °С	Предел текучести, $\sigma_{0,2}$ МПа	Временное сопротивление σ_B , МПа	Относительное удлинение δ_5	Относительное сужение ψ	КСУ, Дж/см ²	НВ
			%			
200	1560	1760	8	35	29	55
300	1390	1610	8	35	20	2
400	1180	1320	9	40	49	49
500	910	1150	11	49	69	8
600	720	860	14	60	147	41
						7
						32
						6
						26
						5

Температура испытания, °С	Предел текучест и , $\sigma_{0,2}$ МПа	Временное сопротивлен ие σ_B , МПа	Относительн ое удлинение δ_5	Относительн ое сужение ψ	КСУ, Дж/см ²
			%		
Закалка 830 °С, масло. Отпуск 550 °С					
200	700	880	15	42	118
300	680	870	17	58	-
400	610	690	18	68	98
500	430	490	21	80	78
Образец диаметром 10 мм и длиной 50 мм, кованный и отожженный. Скорость деформирования 5 мм/мин. Скорость деформации 0,002 1/с					
700	140	175	33	78	-
800	54	98	59	98	-
900	41	69	65	100	-
1000	24	43	68	100	-
1100	11	26	68	100	-
1200	11	24	70	100	-

Сечение, мм	Предел текучести, $\sigma_{0,2}$	Временное сопротивление σ_B	Относительное удлинение δ_5	Относительное сужение ψ	КСУ, Дж/см ²	НВ
	МПа		%			
	не менее					
Закалка 840-860 °С, вода, масло. Отпуск 580-650 °С, вода, воздух						
101-200	490	655	15	45	59	212-248
201-300	440	635	14	40	54	197-235
301-500	345	590	14	38	49	174-217

Предел выносливости			Состояние стали
σ_{-1} , МПа	τ_{-1} , МПа	n	
363	-	10^6	$\sigma_B=690$ МПа.
470	-	10^6	$\sigma_B=940$ МПа.
509	-	-	$\sigma_{0,2}=870$ МПа, $\sigma_B=960$ МПа
333	240	$5 \cdot 10^5$	$\sigma_B=690$ МПа
372	-	-	Закалка 860 °С, мало, отпуск 580 °С

Температура, °С				Термообработка
20	-25	-40	-70	
Ударная вязкость КСУ, Дж/см ²				
160	148	107	85	Закалка 850 °С, масло. Отпуск 650 °С
91	82	-	54	Закалка 850 °С, масло. Отпуск 580 °С

Расстояние от торца, мм										Примечание
1,5	4,5	6	7,5	10,5	13,5	16,5	19,5	24	30	
Прокаливаемость										
50,5		45	39,		31,			24,5		Твердость для полос Ошибка! HRC ₉
-	Ошибка	-	5-	Ошибка	5-	Ошибка	27-	-	Ошибка	
60,5		57	57		50,		42,5	39,5		

Термообработка	Количество мартенсита, %	Критическая твердость HRC ₉	Критический диаметр, мм	
			в воде	в масле
Закалка	50	43-46	38-76	16-48
	90	49-53	23-58	6-35

Заменитель – стали: 45Х, 38ХА, 40ХН, 40ХС, 40ХФ, 40ХР.

Температура ковки, °С:

начала 1250, конца 800.

Заготовки сечением до 350 мм охлаждаются на воздухе

Свариваемость – трудно свариваемая; способы сварки: РДС, ЭШС.

Необходимы подогрев и последующая термообработка. КТС – необходима последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием – в горячекатаном состоянии при

НВ 163-168, $\sigma_B=610$ МПа, $K_{V_{т.в. спл}}=0,95$, $K_{V_{б. ст}}=0,95$.

Флокеночувствительность – чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна.

Назначение: оси, валы, вал-шестерни, плунжеры, штоки, коленчатые и кулачковые валы, кольца, шпиндели, оправки, рейки, зубчатые венцы, болты,

полуоси, втулки и другие улучшаемые детали повышенной прочности.

По требованию потребителя, указанному в заказе, пачки, концы или торцы горячекатаных и кованых прутков, а по согласованию изготовителя с потребителем и калиброванных прутков из стали всех марок в зависимости от группы должны маркироваться краской в соответствии с таблицей

Группа стали	Цвет маркировки
Хромистая	Зеленый + желтый

Сортамент:

горячекатаная квадратная – ГОСТ 2591-88,
горячекатаная квадратная – ГОСТ 2590-88,
горячекатаная шестигранная – ГОСТ 2879-88,
горячекатаная полосовая – ГОСТ 103-76,
кованая круглая и квадратная – ГОСТ 1133-71,
калиброванная круглая – ГОСТ 7417-75,
калиброванная квадратная – ГОСТ 8559-75,
калиброванная шестигранная – ГОСТ 8560-78,
серебрянка – ГОСТ 14955-77

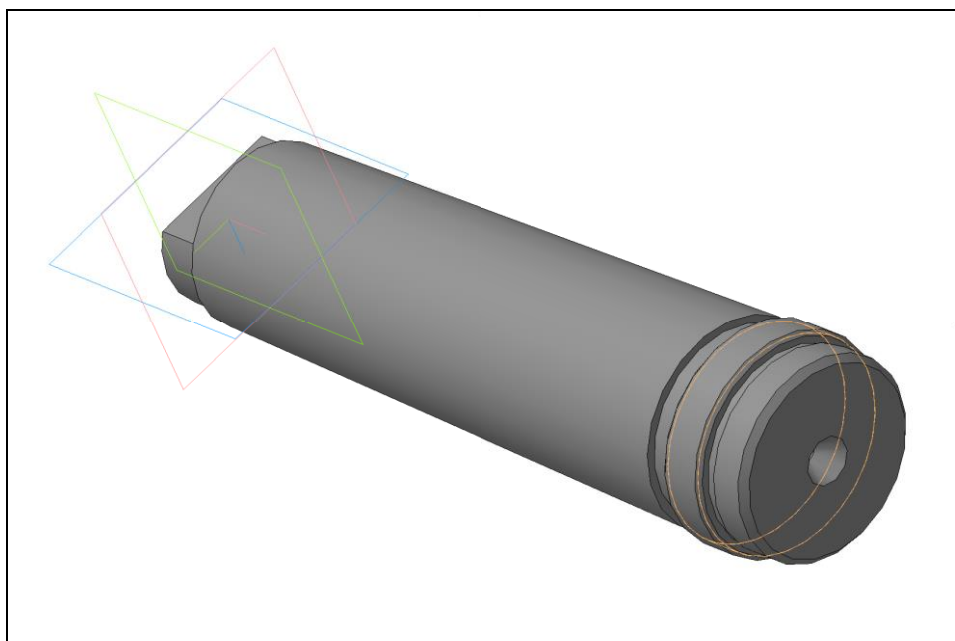


Рис- 2. Трехмерная модель “Оправки”.

Исходные данные:

1. Материал: Сталь 40X
2. H12, h12, $\pm IT12/2$
4. Размер притупления острых кромок R1

1.4 Выбор исходной заготовки

С учетом технологических свойств материала детали (материал детали сталь 40X), её габаритов и массы, требований к механическим свойствам (особых требований нет), а также типом производства (среднесерийное) выбираем в качестве исходной заготовки – прокат горячекатаный, рис. 2. Перепад диаметров получаемой детали небольшой.

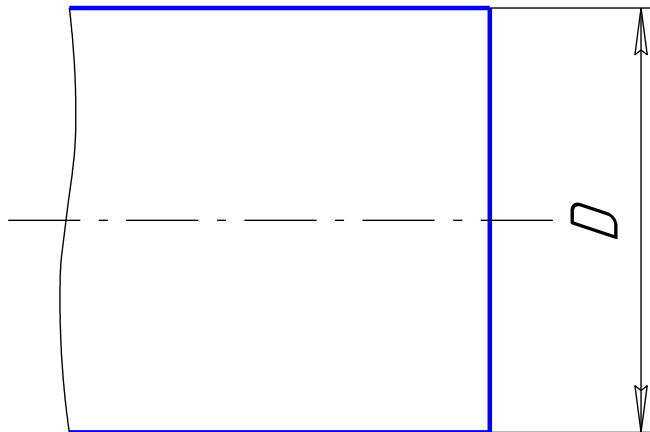


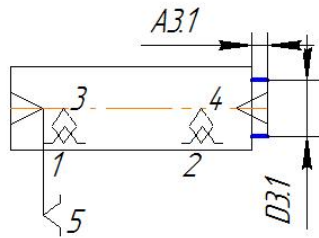
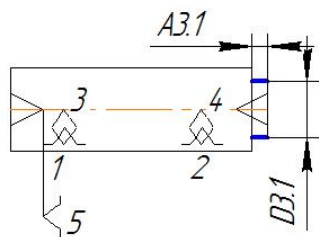
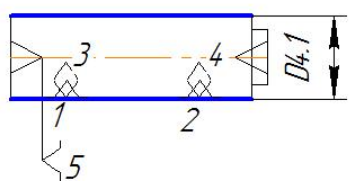
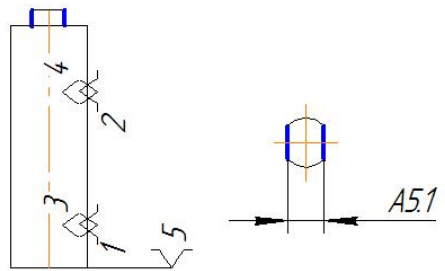
Рис- 3. Заготовка детали

1.5. Разработка маршрута технологии изготовления оправки.

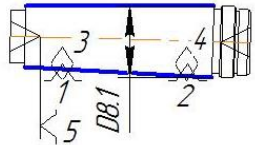
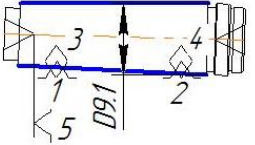
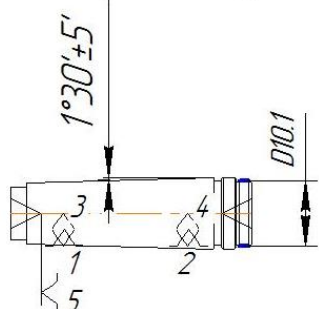
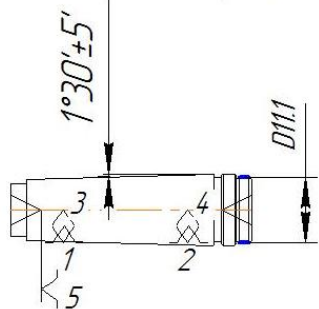
Маршрут технологии изготовления оправки представлен в виде табл.1, где также обозначены технологические базы и оборудование.

Таблица 1.

Номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз
Операция	Переход		
1	2	3	4
005	A	Заготовительная Выдвинуть пруток до упора и закрепить	
	1	Отрезать заготовку выдержав размер A1.1	
010	A	Фрезерно-центровая Установить и снять заготовку	<p>Центровые отверстия выполнены в виде формы А</p>
	1	Подрезать торцы А и В, выдерживая размер А2.1 на длине А*2.1	
	2	Центровать торец А и В согласно эскизу	

015	<p>A</p> <p>1</p> <p>2</p>	<p>Токарная с ЧПУ</p> <p>Установить и снять заготовку</p> <p>Точить шейку на длину A3.1 до диаметра D3.1 предварительно</p> <p>Точить шейку до диаметра D3.1 выдержать A3.1 окончательно</p>	<p>$\sqrt{Ra\ 50}$</p>  <p>$\sqrt{Ra\ 2,5}$</p> 
020	<p>A</p> <p>1</p>	<p>Токарная с ЧПУ</p> <p>Установить и снять заготовку</p> <p>Точить поверхность до диаметра D4,1 напроход</p>	<p>$\sqrt{Ra\ 3,2}$</p> 
025	<p>A</p> <p>1</p>	<p>Фрезерная</p> <p>Установить и снять заготовку</p> <p>Точить две лыски, выдерживая размер A5.1</p>	<p>$\sqrt{Rz\ 20}$</p> 

030	<p>Токарная с ЧПУ</p> <p>Установить и снять заготовку</p> <p>1 Точить конавку на длину A4.1 до диаметра D4.1 выдерживая A4.2</p> <p>2 Точить конавку на длину A4.3 до диаметра D4.2</p> <p>3 Точить шейку напроход, до диаметра D4.3 выдержав A4.4</p> <p>4 Точить фаски A4.5, A4.6 и A4.7</p> <p>5 Точить конус поверхность до диаметра D4.4</p> <p>6 Нарезать резьбу на поверхность до диаметра D4.5 выдержав параметры резьбы</p>	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 5.0}$</p>
035	<p>Термическая</p> <p>1 Закалить</p> <p>2 Отпустить до твердости HRC 34...42</p>	
040	<p>Притирочная</p> <p>Установить и снять заготовку</p> <p>1 Притиреть центры</p>	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 0.16}$</p>

045	<p>A</p> <p>1</p>	<p>Кругошлифовальная</p> <p>Установить и снять заготовку</p> <p>Предварительно шлифовать конус до диаметра D8.1</p>	<p>$\sqrt{Ra\ 1,25}$</p>  <p>$\sqrt{Ra\ 0,8}$</p> 
050	<p>A</p> <p>1</p> <p>1</p>	<p>Кругошлифовальная</p> <p>Установить и снять заготовку</p> <p>Предварительно шлифовать шейку до диаметра D10.1</p> <p>Окончательно шлифовать шейку до диаметра D11.1</p>	<p>$\sqrt{Ra\ 1,25}$</p>  <p>$\sqrt{Ra\ 0,8}$</p> 
055		Промыть деталь	
060		Технический контроль	
065		Нанесение антикоррозийного покрытия	

1.6. Расчет припусков и технологических размеров

При наличии допусков взаимного расположения поверхностей проектирование технологического процесса механической обработки вызывает определенные трудности. В случае обработки детали «оправка» взаимное расположение поверхностей достигается за счет взаимного расположения баз либо на одном установе. Выход из этой ситуации может быть таким. Сначала определяется последняя, заключительная операция технологического процесса механической обработки. А затем, обрабатывая базовые поверхности на этой операции, получим предпоследнюю операцию и т.д., пока не определится заготовительная операция. Такая же последовательность будет использована при расчете минимального припуска. Если обозначить заключительную операцию как n , то предпоследняя операция обозначится $n - 1$, предпоследняя $n - 2$, и т.д., а заготовительная как $n - m$. На заключительной операции механообработки обрабатывается самая точная поверхность, а базой для нее служит обычно поверхность на 1...2 качества грубее. При наличии допуска взаимного расположения между этими поверхностями как более точного, чем допуски на размеры этих поверхностей, базой выбирается поверхность, связанная допуском взаимного расположения. В нашем случае на чертеже проставлен допуск радиального биения 0.005 относительно оси симметрии детали, поэтому шлифование будем производить в центрах. Все допуски взаимного расположения поверхностей формируются на *последних* операциях технологического маршрута.

На детали выполнена канавка для выхода шлифовального круга при шлифовании конуса, что предотвращает износ круга по торцу и при этом исключается частая правка круга.

Минимальный припуск на обработку поверхностей вращения определяется по формуле:

$$2 \cdot Z_{i\min} = 2 \cdot (R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (4)$$

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, полученного на предшествующем переходе или операции, мкм;

ε_i - погрешность установки заготовки на выполняемом переходе, мкм.

Расчет припусков и технологических размеров поверхности $\varnothing 48$
 Расчет припусков на обработку производим по вышеуказанной формуле (4) и сводим их в таблицу 2.

Таблица 2

Переходы обработки поверхности и M48×1,5-6g	Элементы минимального припуска, мкм				Ошибка! припуск $2 \cdot Z_{\min}$, мкм	Допуск на переход TD, мкм	Средний размер в мм.	Технологический размер в мм.	Ошибка! на обработку в мм
	Rz	h	ρ	ε					
Заготовка	150	250	350			1400	50,5	$52^{+0,4}_{-1,0}$	
Однократное точение h14	50	50			1500	300	47,882	$47,882 \pm 0,086$	$4^{+0,668}_{-0,968}$

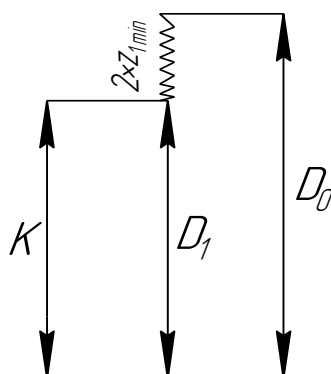


Рис- 4:

Шероховатость и глубину дефектного поверхностного слоя после механической обработки определяем в соответствии с рекомендациями [4, табл. 4.3..., стр. 63].

В суммарное пространственное отклонение поверхности заготовки включаем только коробление, которое определяется как произведение удельной кривизны заготовки на длину (таблица 9 [3, с. 95]). Для проката обычной точности $\Delta_k = 0,5$ мкм/мм. Вылет заготовки из патрона $L \approx 151$ мм. Таким образом:

$$\rho_{кор} = \rho_{\phi} = \Delta_k \cdot L = 151 \cdot 0,5 = 75,5 \text{ мкм.}$$

На фрезерно-центровальной операции необходимо учитывать пространственное отклонение, возникающее при установке детали на призму и погрешность зацентровки станка, которую примем равной 0,25 мм [7, стр. 178].

$$\rho_{ц} = 0,25 \sqrt{T^2 + 1} = 0,25T = 0,35 \text{ мм}$$

Общее пространственное отклонение

$$\rho_{общ.} = \sqrt{\rho_{\phi}^2 + \rho_{ц}^2} = \sqrt{0,0755^2 + 0,35^2} = 0,35 \text{ мм}$$

Остаточное суммарное пространственное отклонение поверхности после механической обработки определяется по эмпирической зависимости [1, с. 73]:

черновое точение: $\rho_1 = k_y \cdot \rho_{зар} = 0,06 \cdot 350 = 21$ мкм,

где k_y – коэффициент уточнения формы.

Погрешность установки заготовки на выполняемом переходе зависит только от погрешности закрепления (погрешности базирования нет).

Погрешность закрепления определяем по таблице 4.10 [1, с.76]: В данном случае $\varepsilon = 0$ мкм; так как обработка ведется в центрах.

Допуск и предельные отклонения на наружный диаметр цилиндра под резьбу назначаем в соответствии с [5, стр. 593]

$$D_1 = 48 \begin{matrix} -0,032 \\ -0,268 \end{matrix} \text{ мм};$$

Допуск и предельные отклонения на заготовку выбираем в соответствии с рекомендациями [3, прил. 5]:

$$D_{0-1,0}^{+0,4}$$

Минимальный припуск

$$2 \cdot z_{1\min} = 2 \cdot (Rz + h + \sqrt{\rho^2 + \varepsilon^2}) = 2 \cdot (150 + 250 + \sqrt{350^2 + 0^2}) = 1500 \text{ мкм};$$

$$D_1^c = D_1 + (BOD_1 + HOD_1)/2 = 48 + (-0,032 + (-0,268))/2 = 47,85 \text{ мм};$$

$$D_1 = 47,85 \pm 0,0118 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_1^c = (2 \cdot Z_{1\min} + 2 \cdot Z_{1\max})/2 = (2 \cdot Z_{1\min} + (2 \cdot Z_{1\min} + TD_0 + TD_1))/2 = \\ = (1,5 + (1,5 + 1,4 + 0,3))/2 = 2,35 \text{ мм};$$

$$D_0^c = D_1^c + 2 \cdot Z_1^c = 47,85 + 2,35 = 50,2 \text{ мм};$$

Вычислим номинальное значение D_0

$$D_0 = D_0^c - \frac{BOD_0 + HOD_0}{2} = 50,2 - \frac{0,4 - 1}{2} = 49,9 \text{ мм};$$

Расчётное значение этого звена составит

$$D_0 = 49,9 \begin{matrix} +0,4 \\ -1,0 \end{matrix} \text{ мм};$$

Примем в соответствии со стандартом

$$D_0 = 52 \begin{matrix} +0,4 \\ -1,0 \end{matrix} \text{ мм};$$

Фактическое значение припуска

$$2 \cdot Z_1 = D_0 - D_1 = 52 \begin{matrix} +0,4 \\ -1,0 \end{matrix} - 48 \begin{matrix} -0,032 \\ -0,268 \end{matrix} = 4 \begin{matrix} +0,668 \\ -0,968 \end{matrix} \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{1\max} = 4,668 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{1\min} = 3,032 \text{ мм};$$

Расчет припусков на обработку поверхности $\varnothing 44,7_{-0,025}$

Расчет припусков на обработку производим по вышеуказанной формуле (4) и сводим их в таблицу 3.

Таблица 3

Переходы обработки поверхности	Элементы минимального припуска, мкм				Минимальный Ошибка! $2 \cdot Z_{\min}$, мкм	Допуск на переход TD, мкм	Средний размер в мм.	Технологический размер в мм.	Припуск на обработку в мм.
	Rz	h	ρ	ε					
Заготовка	50	50	21			300			
Точение черновое h14	50	50	0,84		242	300	45,49	$45,49 \pm 0,15$	$2,36_{-0,268}^{+0,332}$
Термическая									
Шлифование Предварительное кб	10	20	2		201,68	100	45,09	$44,09 \pm 0,05$	$0,5_{-0,3}^{+0,1}$
Шлифование Ошибка!	5				64	25	44,687	$44,687 \pm 0,012$	$0,44_{-0,1}^{+0,025}$

Погрешность установки заготовки на выполняемом переходе зависит только от погрешности закрепления (погрешности базирования нет). Так как шлифование ведется в центрах, то погрешность установки в радиальном направлении равна нулю. Погрешность закрепления для операции точения, а также кривизна заготовки при расчете минимального припуска не учитываются, так как после снятия напуска они примут крайне малые значения.

Так как шлифование ведется после термообработки, то нужно учесть коробление заготовки. Для проката после обработки т.в.ч. $\Delta_k = 1$ мкм/мм, таблица 4.8 [1, с. 71]. Длина термически обрабатываемого участка

$L = 126$ мм. Таким образом:

$$\rho_{\text{терм}} = \Delta_k \cdot l = 1 \cdot 126 = 126 \text{ мкм.}$$

Но учитывая габаритные размеры заготовки, примем $\rho_{\text{терм}} = 50$ мкм.

Остаточные пространственные отклонения:

обтачивание до термической обработки - $\rho = 0,04 \cdot 21 \approx 0,84$ мкм;

шлифование после термической обработки - $\rho = 0,04 \cdot 50 = 2$ мкм;

Погрешность установки в радиальном направлении равна нулю, т.к. обработка ведётся в центрах.

При расчёте припуска на чистовое обтачивание величина h на предыдущей операции исключается из расчёта [7, стр.168].

Минимальный припуск форм. (4):

под черновое точение

$$2 \cdot Z_{1\text{min}} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{21^2 + 0^2}) = 242 \text{ мкм};$$

под шлифование предварительное

$$2 \cdot Z_{2\text{min}} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{0,84^2 + 0^2}) = 201,68 \text{ мкм};$$

под шлифование окончательное

$$2 \cdot Z_{3\text{min}} = 2 \cdot (10 + 20 + \sqrt{2^2 + 0^2}) = 64 \text{ мкм};$$

Размерная схема для определения диаметральных технологических размеров представлена на рис. 5.

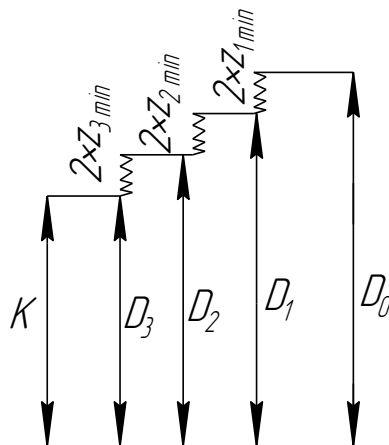


Рис- 5.
29

Допуски на технологические размеры назначаем в соответствии с рекомендациями [2, Прил.3, табл. 3.1.].

Технологический размер на окончательное шлифование:

$$2 \cdot Z_{3\max} = 2 \cdot Z_{3\min} + TD_3 + TD_2 = 0,064 + 0,025 + 0,1 = 0,189 \text{ мм};$$

$$D_3^C = D_3 + (BOD_3 + HOD_3)/2 = 44,7 + (0 + (-0,025))/2 = 44,6875 \text{ мм};$$

$$D_3 = 44,6875 \pm 0,0125 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_3^C = \frac{(2 \cdot Z_{3\min} + 2 \cdot Z_{3\max})}{2} = (0,64 + 0,189)/2 = 0,41 \text{ мм};$$

$$D_2^C = D_3^C + 2Z_3^C = 44,6875 + 0,41 = 45,09 \text{ мм};$$

$$\text{Запишем } D_2 = 45,09 \pm 0,05 \text{ мм};$$

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то запишем $D_2 = 45,14_{-0,1} \text{ мм};$

Фактическое значение припуска

$$2 \cdot Z_2 = D_2 - D_3 = 45,14_{-0,1} - 44,7_{-0,025} = 0,44_{-0,1}^{+0,025} \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{2\max} = 0,46 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{2\min} = 0,34 \text{ мм};$$

Технологический размер на предварительное шлифование:

$$2 \cdot Z_{2\max} = 2 \cdot Z_{2\min} + TD_2 + TD_1 = 0,201 + 0,1 + 0,3 = 0,601 \text{ мм};$$

$$D_2^C = D_2 + (BOD_2 + HOD_2)/2 = 45,14 + (0 + (-0,1))/2 = 45,09 \text{ мм};$$

$$D_2 = 45,09 \pm 0,05 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_2^C = \frac{(2 \cdot Z_{2\min} + 2 \cdot Z_{2\max})}{2} = (0,201 + 0,601)/2 = 0,4 \text{ мм};$$

$$D_1^C = D_2^C + 2Z_2^C = 45,09 + 0,4 = 45,49 \text{ мм};$$

$$\text{Запишем } D_1 = 45,49 \pm 0,15 \text{ мм};$$

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то запишем $D_1 = 45,64_{-0,3} \text{ мм};$

Фактическое значение припуска

$$2 \cdot Z_2 = D_1 - D_2 = 45,64_{-0,3} - 45,14_{-0,1} = 0,5_{-0,3}^{+0,1} \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{2\max} = 0,6 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{2\min} = 0,2 \text{ мм};$$

Технологический размер на черновое точение:

$$2 \cdot Z_{1\max} = 2 \cdot Z_{1\min} + TD_1 + TD_0 = 0,242 + 0,3 + 0,3 = 0,842 \text{ мм};$$

$$D_1^C = D_1 + (BOD_1 + HOD_1)/2 = 45,64 + (0 + (-0,3))/2 = 45,49 \text{ мм};$$

$$D_1 = 45,49 \pm 0,15 \text{ мм};$$

$$2 \cdot z_1 = D_0 - D_1 = 48_{-0,268}^{+0,032} - 45,64_{-0,3} = 2,36_{-0,268}^{+0,332} \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{1\max} = 2,69 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{1\min} = 2,09 \text{ мм};$$

Расчёт припусков на обработку поверхности Ø 44_{-0,025}

Расчет припусков на обработку производим по вышеуказанной формуле (4) и сводим их в таблицу 4.

Таблица 4

Переходы обработки поверхности Ø 44 _{-0,02}	Элементы минимального припуска, мкм				Ошибка! припуск $2 \cdot Z_{\min}$, мкм	Допуск на переход TD, мкм	Средний размер в мм.	Ошибка! размер в мм.	Припуски на Ошибка! в мм.
	Rz	h	ρ	ϵ					
Заготовка	50	50	21			300			
Обтачивание Черновое h14	50	50	0,84		242	300	44,5	44,5 ± 0,15	3,25 _{-0,26} ^{+0,33}
Термическая									
Шлифование Предварительное кб	10	20	0		201,68	100	44,1	44,1 ± 0,15	0,5 _{-0,3} ^{+0,1}

Шлифование Окончательно е	5				60	25	43,987	43,987 ± 0,012	0,3 ^{+0,025} _{-0,3}
---------------------------------	---	--	--	--	----	----	--------	----------------	---------------------------------------

Шероховатость и глубину дефектного поверхностного слоя после механической обработки определяем в соответствии с рекомендациями [4, табл. 4.3., стр. 63].

Так как обработка ведётся в центрах, то погрешность установки в радиальном направлении равна нулю. Пространственные отклонения складываются из остаточных отклонений.

Погрешность установки заготовки на выполняемом переходе зависит только от погрешности закрепления (погрешности базирования нет). Так как шлифование ведётся в центрах, то погрешность установки в радиальном направлении равна нулю. Погрешность закрепления для операции точения, а также кривизна заготовки при расчете минимального припуска не учитываются, так как после снятия напуска они примут крайне малые значения.

Так как шлифование ведётся после термообработки, то нужно учесть коробление заготовки. Для проката после обработки т.в.ч. $\Delta_k = 1$ мкм/мм, таблица 4.8 [1, с. 71]. Длина термически обрабатываемого участка $L = 8$ мм. Таким образом:

$$\rho_{\text{терм}} = \Delta_k \cdot L = 1 \cdot 8 = 8 \text{ мкм.}$$

Но учитывая габаритные размеры заготовки, пренебрежем величиной $\rho_{\text{терм}}$.

Остаточные пространственные отклонения:

обтачивание до термической обработки - $\rho = 0,04 \cdot 21 \approx 0,84$ мкм;

шлифование после термической обработки - $\rho = 0,04 \cdot 8 = 0,32$ мкм; (этой величиной пренебрегаем).

Минимальный припуск форм. (4):

под черновое точение

$$2 \cdot Z_{1\min} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{21^2 + 0^2}) = 242 \text{ мкм};$$

под шлифование предварительное

$$2 \cdot Z_{2\min} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{0,84^2 + 0^2}) = 201,68 \text{ мкм};$$

под шлифование окончательное

$$2 \cdot Z_{3\min} = 2 \cdot (10 + 20 + \sqrt{0^2 + 0^2}) = 60 \text{ мкм};$$

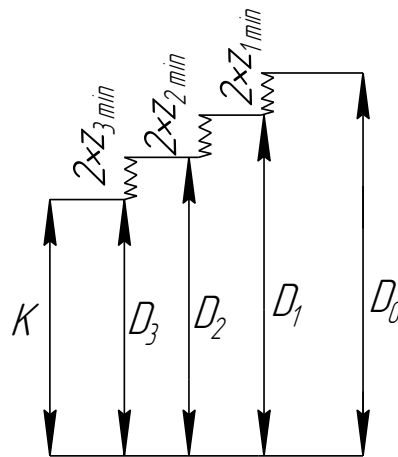


Рис- 6.

Технологический размер на окончательное шлифование:

$$2 \cdot Z_{3\max} = 2 \cdot Z_{3\min} + TD_3 + TD_2 = 0,06 + 0,025 + 0,1 = 0,185 \text{ мм};$$

$$D_3^C = D_3 + (BOD_3 + HOD_3)/2 = 44 + (0 + (-0,025))/2 = 43,9875 \text{ мм};$$

$$D_3 = 43,9875 \pm 0,0125 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_3^C = \frac{(2 \cdot Z_{3\min} + 2 \cdot Z_{3\max})}{2} = \frac{(0,06 + 0,185)}{2} = 0,12 \text{ мм};$$

$$D_2^C = D_3^C + 2Z_3^C = 43,9875 + 0,12 = 44,1 \text{ мм};$$

$$\text{Запишем } D_2 = 44,1 \pm 0,05 \text{ мм};$$

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то запишем $D_2 = 44,15_{-0,1}^+ \text{ мм};$

Фактическое значение припуска

$$2 \cdot Z_2 = D_2 - D_3 = 44,15_{-0,1}^+ - 44_{-0,025} = 0,15_{-0,1}^{+0,025} \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{1\max} = 0,175 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{1\min} = 0,05 \text{ мм};$$

Технологический размер на предварительное шлифование :

$$2 \cdot Z_{2\max} = 2 \cdot Z_{2\min} + T D_2 + T D_1 = 0,201 + 0,1 + 0,3 = 0,601 \text{ мм};$$

$$D_2^C = D_2 + (BOD_2 + HOD_2)/2 = 44,15 + (0 + (-0,1))/2 = 44,1 \text{ мм};$$

$$D_2 = 44,1 \pm 0,05 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_2^C = \frac{(2 \cdot Z_{2\min} + 2 \cdot Z_{2\max})}{2} = \frac{(0,201 + 0,601)}{2} = 0,401 \text{ мм};$$

$$D_1^C = D_2^C + 2Z_2^C = 44,1 + 0,401 = 44,5 \text{ мм};$$

$$\text{Запишем } D_1 = 44,5 \pm 0,15 \text{ мм};$$

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то запишем $D_1 = 44,65_{-0,3} \text{ мм};$

Фактическое значение припуска

$$2 \cdot Z_2 = D_1 - D_2 = 44,65_{-0,3} - 44,15_{-0,1} = 0,5_{-0,3}^{+0,1} \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{2\max} = 0,6 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{2\min} = 0,2 \text{ мм};$$

Технологический размер на обтачивание:

$$2 \cdot Z_{1\max} = 2 \cdot Z_{1\min} + T D_1 + T D_0 = 0,242 + 0,3 + 0,3 = 0,842 \text{ мм};$$

$$D_1^C = D_1 + (BOD_2 + HOD_2)/2 = 44,65 + (0 + (-0,3))/2 = 44,6 \text{ мм};$$

$$D_1 = 44,6 \pm 0,15 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_1 = D_0 - D_1 = 48_{-0,268}^{-0,032} - 44,75_{-0,3} = 3,25_{-0,268}^{+0,332} \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{1\max} = 3,58 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{1\min} = 2,98 \text{ мм};$$

Расчёт припусков на обработку поверхности $\text{Ø } 35_{-0,025}$

Расчет припусков на обработку производим по вышеуказанной формуле (4)

и сводим их в таблицу 5.

Таблица 5

Переходы обработки поверхности	Элементы минимального припуска, мкм				Ошибка! припуск $2 \cdot Z_{\min}$, мкм	Допуск на переход TD, мкм	Ошибка! размер в мм.	Технологический размер в мм.	Припуски на обработку в мм.
	Rz	h	ρ	ε					
Заготовка	150	250	350			1400			
Ошибка! черновое h14	50	50	14		1500	300	35,37	$35,37 \pm 0,15$	$16,48_{-1}^{+0,7}$
Ошибка! Чистовое h10	20	30			228	25	34,98	$34,98 \pm 0,012$	$0,53_{-0,3}^{+0,025}$

Остаточные пространственные отклонения [4, стр.73]:

обтачивание черновое - $\rho = 0,04 \cdot 350 = 14$ мкм.

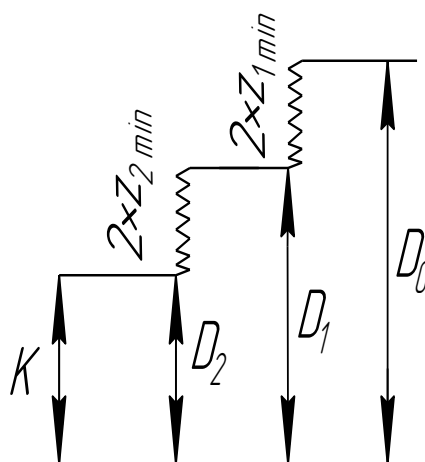


Рис- 7.

Минимальный припуск формула (4):

под чистовое обтачивание

$$2 \cdot Z_{1\min} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{14^2 + 0^2}) = 228 \text{ мкм};$$

Минимальный припуск под черновое обтачивание, формула (4):

$$2Z_{1\min} = 2(R_{Z_0} + h_0 + \sqrt{\rho_0^2 + \varepsilon_1^2}) = 2(150 + 250 + \sqrt{350^2 + 0^2}) = 1500 \text{ мкм}.$$

Технологический размер на чистовое обтачивание:

$$2 \cdot Z_{1\max} = 2 \cdot Z_{1\min} + T D_2 + T D_1 = 0,228 + 0,025 + 0,3 = 0,553 \text{ мм};$$

$$D_2^C = D_2 + (BOD_2 + HOD_2)/2 = 35 + (0 + (-0,025))/2 = 34,987 \text{ мм};$$

$$D_2 = 34,987 \pm 0,0125;$$

$$2 \cdot Z_1^C = \frac{(2 \cdot Z_{1\min} + 2 \cdot Z_{1\max})}{2} = \frac{(0,228 + 0,553)}{2} = 0,39 \text{ мм};$$

$$D_1^C = D_2^C + 2Z_2^C = 34,987 + 0,39 = 35,377 \text{ мм};$$

$$\text{Запишем } D_1 = 35,377 \pm 0,15 \text{ мм};$$

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то запишем $D_1 = 35,527_{-0,3} \text{ мм};$

Фактическое значение припуска

$$2 \cdot Z_1 = D_1 - D_0 = 35,527_{-0,3} - 35_{-0,025} = 0,53_{-0,3}^{+0,025} \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{2\max} = 0,54 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{2\min} = 0,23 \text{ мм}$$

Технологический размер на черновое обтачивание:

$$2 \cdot Z_{2\max} = 2 \cdot Z_{2\min} + T D_1 + T D_0 = 1,5 + 0,3 + 1,4 = 3,2 \text{ мм};$$

$$D_1^C = D_1 + (BOD_1 + HOD_1)/2 = 35,527 + (0 + (-0,3))/2 = 35,37 \text{ мм};$$

$$D_1 = 35,37 \pm 0,15;$$

$$2 \cdot Z_1 = D_0 - D_1 = 52_{-1}^{+0,4} - 35,52_{-0,3} = 16,48_{-1}^{+0,7} \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{1\max} = 17,18 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{1\min} = 15,48 \text{ мм}$$

1.7. Расчет припусков и технологических размеров в осевом направлении.

Расчёт припуска на подрезку торца.

Минимальный припуск:

$$Z_{\min} = Rz + h + \rho_{i-1} \quad (5)$$

Расчет припусков на обработку производим по формуле (5) и сводим их в таблицу 6.

Таблица 6

Переходы обработки поверхности	Элементы минимального припуска, мкм			Минимальный припуск $2 \cdot Z_{\min}$, мкм
	$Rz+h$	ρ	ε	
Заготовка	200	36		
Подрезка торца				236

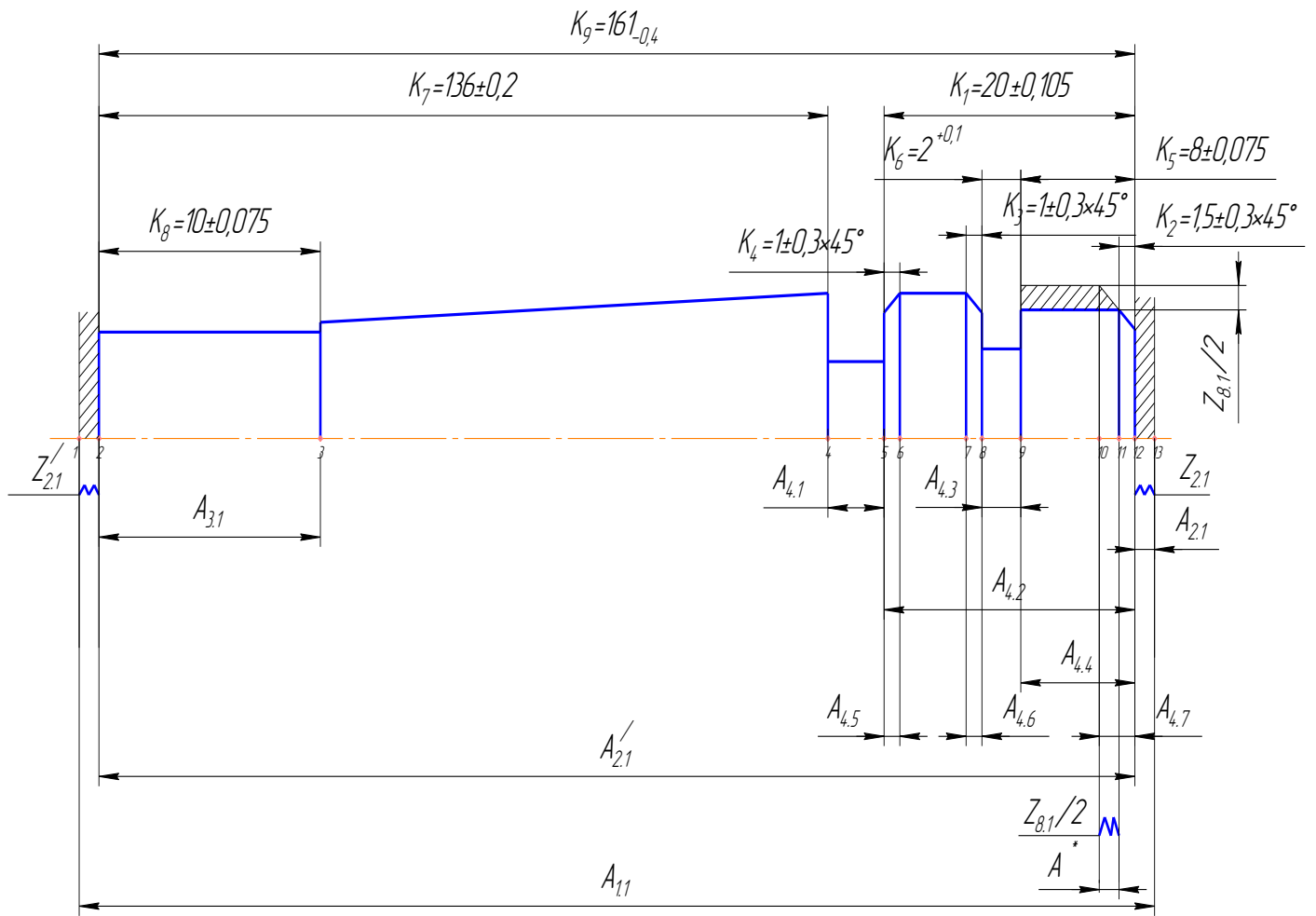


Рис- 8. Размерная схема осевых размеров

Граф технологических размерных цепей

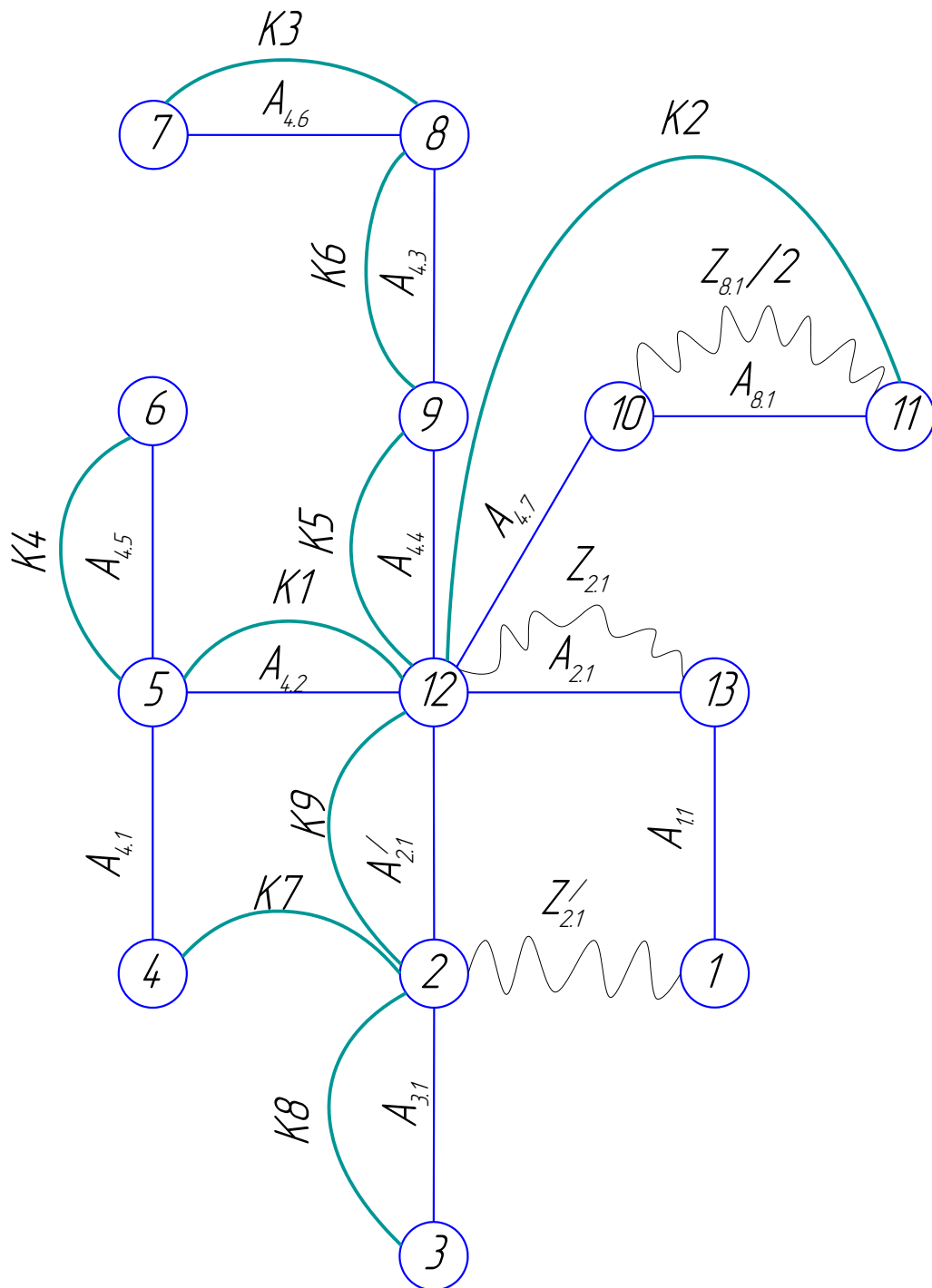


Рис- 9. Граф технологических размерных цепей.

Для расчета строится размерная схема технологического процесса изготовления оправки в продольном направлении (рис- 8) и граф технологических размерных цепей (рис- 9), облегчающих их выявление.

На данном этапе обработки погрешность установки равна нулю [6, стр. 108], а общее пространственное отклонение ρ_{i-1} равно отклонению расположения ρ_n - отклонение от перпендикулярности. Параметры $Rz + h$ и ρ_n определим в соответствии с рекомендациями [4, стр.64].

$$Z_{2.1\min} = 0,2 + 0,036 = 0,236 \text{ мм}$$

При такой схеме обработки этот припуск будет являться технологическим размером ($Z_{2.1\min} = A_{2.1}$), $Z'_{2.1}$ - замыкающим звеном.

Для торца $Z'_{2.1\min}$ (см. рисунок 7) принимаем минимальный припуск на обработку такой же как для торца $Z_{2.1\min}$: $Z'_{2.1\min} = 236 \text{ мкм}$.

Допуски на технологические размеры :

$$TA_{4.3} = 0,1$$

$$TA_{4.4} = 0,1$$

$$TA_{4.2} = 0,2$$

$$TA_{4.1} = 0,1$$

$$TA_{3.1} = 0,1$$

$$TA_{4.5} = 0,2$$

$$TA_{4.6} = 0,2$$

$$TA'_{2.1} = 0,25$$

$$TA_{1.1} = 0,3$$

$$TA_{4.7} = 0,2$$

$$TA^* = 0,2$$

Допуски на линейные конструкторские размеры:

$$TK_1 = 0,21$$

$$TK_2 = 0,6$$

$$TK_3 = 0,6$$

$$TK_4 = 0,6$$

$$TK_5 = 0,15$$

$$TK_6 = 0,1$$

$$TK_7 = 0,4$$

$$TK_8 = 0,15$$

$$TK_9 = 0,4$$

Расчёт начинаем с проверки условия:

$$K_i \geq \sum TA_i, \quad (6)$$

Для размера K_1 (см. рис. 9): $TK_1 = 0,21 \geq TA_{4.2} = 0,2$ мм.

т. е. размер K_1 может быть обеспечен с заданной точностью (выдерживается непосредственно).

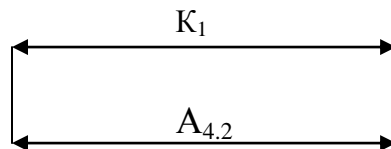


Рис- 9.Размерная схема для K_1

Для размера K_2 (см. рис. 10): $TK_2 = 0,6 \geq TA_{4.7} + TA^* = 0,2 + 0,2 = 0,4$ мм, размер K_2 может быть обеспечен с заданной точностью.

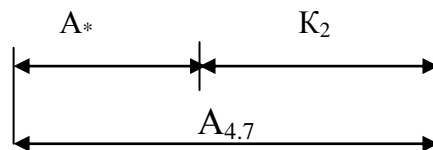


Рис-10.Размерная схема для K_2

Для размера K_3 (см. рис. 11): $TK_3 = 0,6 \geq TA_{4.6} = 0,2$ мм, размер K_3 может быть обеспечен с заданной точностью.

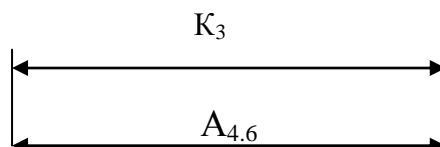


Рис- 11.Размерная схема для K_3

Для размера K_4 (см. рис. 12): $TK_4 = 0,6 \geq T A_{4.5} = 0,2$ мм, размер K_4 может быть обеспечен с заданной точностью.

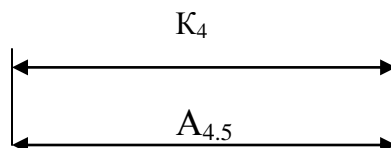


Рис.12.Размерная схема для K_4

Для размера K_5 (см. рис. 13): $TK_5 = 0,15 \geq T A_{4.4} = 0,1$ мм, размер K_5 может быть обеспечен с заданной точностью.

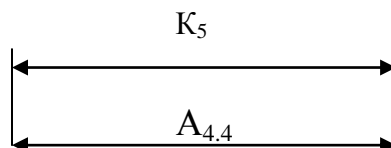


Рис.13.Размерная схема для K_5

Для размера K_6 (см. рис. 14): $TK_6 = 0,1 \geq T A_{4.3} = 0,1$ мм, размер K_6 может быть обеспечен с заданной точностью. Точность обеспечивается режущим инструментом.

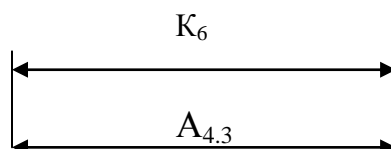


Рис.14.Размерная схема для K_6

Для размера K_7 (см. рис.15):

$$TK_7 = 0,4 \geq TA_{4.2} + TA_{4.1} + TA_{/2.1} = \sqrt{0,1^2 + 0,2^2 + 0,25^2} = \sqrt{0,1125} = 0,33 \text{ мм,}$$

размер K_7 может быть обеспечен с заданной точностью.

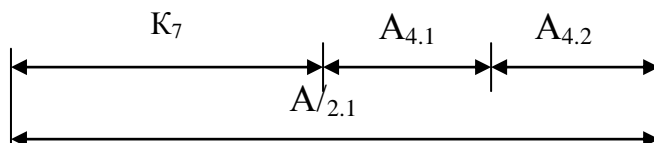


Рис.15.Размерная схема для K_7

Для размера K_8 (см. рис.16):

$TK_8=0,15 \geq TA_{3.1}=0,1$ мм, размер K_8 может быть обеспечен с заданной точностью.

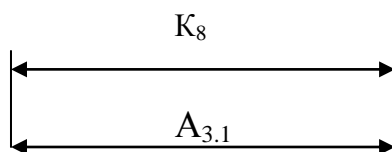


Рис.16.Размерная схема для K_8

Для размера K_9 (см. рис.17):

$TK_9=0,4 \geq TA_{/2.1}=0,25$ мм, размер K_9 может быть обеспечен с заданной точностью.

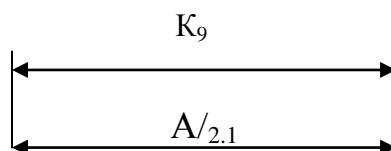


Рис.17.Размерная схема для K_9

Расчет технологических размеров начинаем с конца технологического процесса.

При шлифовании наружной поверхности $\varnothing 44$ происходит изменение размера фаски. Указанное изменение при угле фаски 45° может быть принято равным половине удаляемого при шлифовании припуска на диаметр.

$$Z = 0,51^{+0,0125}_{-0,3} \text{ мм.}$$

Учитывая, что $Z = 0,51^{+0,0125}_{-0,3}$ мм. имеем

$$A^* = \frac{Z}{2} = 0,255^{+0}_{-0,15} \approx 0,25^{+0}_{-0,15} \text{ мм. Для размера } K_2 \text{ (см. рисунок 10):}$$

Находим $A_{4.7}$ (рис. 9):

$$K_2^c = A_{4.7}^c - A^{*c}$$

$$K_2^c = K_2 + \frac{BOK_2 + HOK_2}{2} = 1,5 + \frac{0,3 - 0,3}{2} = 1,5 \text{ мм.}$$

$$A^{*c} = A^* + \frac{BOA_{7.1} + HOA_{7.1}}{2} = 0,25 + \frac{0 - 0,15}{2} = 0,175 \text{ мм.}$$

$$A_{4.7}^c = K_2^c + A^{*c} = 1,5 + 0,175 = 1,675 \text{ мм.}$$

После округления номинального значения окончательно запишем

$A_{4.7} = 1,675 \pm 0,1 \text{ мм}$. (размер не относится ни к отверстиям, ни к валам).

Находим $A_{4.6}$ (рис. 11):

$$A_{4.6} = K_3 = 1 \pm 0,1 \text{ мм}$$

Находим $A_{4.5}$ (рис. 12):

$$A_{4.5} = K_4 = 1 \pm 0,1 \text{ мм}$$

Находим $A_{4.1}$ (рис. 15):

$$A_{4.1}^c = A'^c_{2.1} - A_{4.2}^c - K_7$$
$$A'^c_{2.1} = 161 + \frac{0,125 - 0,125}{2} = 161 \text{ мм}$$
$$A_{4.2}^c = 20 + \frac{0,1 - 0,1}{2} = 20 \text{ мм}$$
$$K_7^c = 136 + \frac{0,2 - 0,2}{2} = 136 \text{ мм}$$
$$A_{4.1}^c = 161 - 136 - 20 = 5 \text{ мм}$$

Окончательно запишем $A_{4.1} = 5 \pm 0,05 \text{ мм}$. Размер не относится ни к отверстиям, ни к валам.

Находим $A'^c_{2.1}$ (рис. 17):

$$A'^c_{2.1} = K_9 = 161 \pm 0,125 \text{ мм}$$

Находим $A_{4.2}$ (рис. 15):

$$A_{4.2} = K_1 = 20 \pm 0,1 \text{ мм}$$

Находим $A_{4.4}$ (рис. 13):

$$A_{4.4} = K_5 = 8 \pm 0,5$$

Размер не относится ни к отверстиям, ни к валам.

Находим $A_{4.3}$ (рис. 14):

$$A_{4.3} = K_6 = 2 \pm 0,05 \text{ мм}$$

Находим $A_{3.1}$ (рис. 16):

$$A_{3.1} = K_8 = 10 \pm 0,075$$

Размер не относится ни к отверстиям, ни к валам.

Находим $A_{2,1}$:

$$Z_{2,1}^c = A_{2,1}^c$$

$$Z_{2,1}^c = Z_{2,1 \min} + \frac{TA_{2,1}}{2} = 0,236 + \frac{0,3}{2} = 0,386 \text{ мм.}$$

$$A_{2,1}^c = 0,386 \text{ мм.}$$

Окончательно запишем $A_{2,1} = 0,386 \pm 0,15 \text{ мм}$. Размер не относится ни к отверстиям, ни к валам.

Находим $A_{1,1}$ (рис. 18):

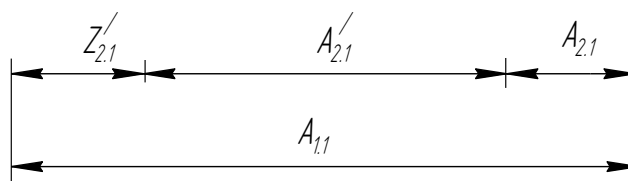


Рис.18.Размерная схема для $A_{1,1}$

$$A_{1,1}^c = A_{2,1}^c + Z_{2,1}^c + A_{2,1}^c \text{ мм.}$$

$$A_{2,1}^c = 0,386 + \frac{0,15 - 0,15}{2} = 0,386 \text{ мм.}$$

$$A_{2,1}^{c/} = 161 \text{ мм.}$$

$$Z_{2,1}^{c/} = Z_{2,1 \min} + \frac{TA_{2,1} + TA_{2,1} + TA_{11}}{2} = 0,386 + \frac{0,25 + 0,3 + 0,3}{2} = 0,811 \text{ мм.}$$

$$A_{1,1}^c = 161 + 0,811 + 0,386 = 162,19 \text{ мм.}$$

Окончательно запишем $A_{1,1} = 162,19 \pm 0,15 \text{ мм}$. Размер не относится ни к отверстиям, ни к валам.

1.8. Выбор средств технологического оснащения Фрезерно-отрезной станок. Модель 8631

Наибольший размер срезаемого материала в мм;	
Круглого (диаметр)	110
Квадратного (сторона квадрата)	100
Диаметр пинольного диска в мм;	350

Пределы скорости резания в м/мин;	6,5-50
Пределы подач пильного диска мм/мин;	12-600
Скорость подвода и отвода диска в м/мин;	3,0-3,5
Мощность главного электродвигателя в кВт;	3,5

**Фрезерно-центровально-обточной станок.
Модель 2Г942.04**

Пределы длины обрабатываемых деталей, мм:	100-500
Пределы диаметров устанавливаемых в тисках деталей, мм	20-160
Диаметры применяемых центровочных сверл, мм	
стандартных типа А и R	3,15-10
стандартных типа В	2-8
Специальных	до 12
Наибольший диаметр сверления, мм	16
Наибольший диаметр фрезерования, мм	150
Наибольший диаметр устанавливаемой фрезы, мм:	160
наибольший диаметр подрезаемого торца (по стали 45, НВ 207), мм	55
Наибольший диаметр подрезаемой кольцевой поверхности (по стали 45, НВ 207), мм	100/80
Наибольший диаметр обточки шеек, мм	100
Наибольший диаметр растачиваемых отверстий, мм	100
Длина обточек шеек, мм	40
Количество шпинделей	4

Пределы частот вращения шпинделей:	
сверлильного	159...1588 об/мин
фрезерного	130...740 об/мин
Пределы бесступенчатых подач сверлильного шпинделя, мм/мин	20...2000
Ход пиноли сверлильного шпинделя, мм	100
Габарит полуавтоматов, мм:	
Длина	3970...5470
Ширина	1750
Высота	2000
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	36,28
Максимальная мощность, кВт:	
Фрезерной бабки	11
Сверлильной бабки	4

Токарно- винторезный станок с ЧПУ

Модель 160НТ

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм:	200
Наибольший диаметр прутка, проходящего через отверстие в шпинделе, мм	50
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки, мм	120
Шаг нарезаемой метрической резьбы	До 20
Частота вращения шпинделя, об/мин	5 – 6000
Число скоростей шпинделя	22
Подача суппорта, мм/мин:	1-15000
Число ступеней подач	Бесступенчатое регулирование
Скорость быстрого перемещения суппорта, мм/мин:	

Продольного	4800
Поперечного	2400
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	12/18,5
Габаритные размеры (без ЧПУ):	

Горизонтально-фрезерный станок

Модель 6P80

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	3,5
Габаритные размеры:	
Длина	1525

Ширина	1875
Высота	1515
Масса, кг	1290

**Круглошлифовальный станок [9, стр. 236]
Модель 3А12**

Станок предназначен для шлифования наружных и внутренних цилиндрических и конических поверхностей.

Наибольший диаметр устанавливаемого изделия в мм	200
Наименьший и наибольший рекомендуемый диаметр наружного шлифования в мм	8—180
Расстояние между центрами в мм	500
Пределы диаметров шлифуемых отверстий в мм	25—50
Длина обрабатываемого отверстия в мм	75
Высота центров над столом в мм	120
Наибольшее перемещение стола в мм:	
от руки	550
Автоматическое	500
Наибольший угол поворота стола в градусах	6(-7)
Наименьший автоматический ход стола в мм	3
Пределы подач стола в м/мин	0,1—6
Угол поворота салазок шлифовальной бабки в градусах	±60
Наибольший диаметр шлифовального круга в мм	300
Число оборотов шпинделя шлифовальной бабки в минуту:	
при наружном шлифовании	2500
при внутреннем шлифовании	17200

Наибольшее поперечное перемещение шлифовальной бабки в мм	170
Величина быстрого подвода шлифовальной бабки в мм	25
Наибольший угол поворота шлифовальной бабки в градусах	±90
Угол поворота передней бабки в градусах	±30 (—90)
Пределы подач шлифовального круга на один ход стола в мм	0,002—0,038
Пределы чисел оборотов шпинделя передней бабки в Минуту	100—1000
Мощность главного электродвигателя в кВт	2,8
Суммарная мощность электродвигателей в кВт	6,3
Габариты станка (длина X ширина X высота) в мм	2000X X1500X 1400
Вес станка в кг	2600

1.9. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

Отрезная операция: отрезка заготовки Ø52 мм.

Характеристика режущего инструмента: [10, с.290]-P6M5

Инструмент: отрезная фреза $D_{\phi}=40$ мм, $z = 48$, [10, с.183]:

1. Определяем глубину и ширину фрезерования:

$$t = 5 \text{ мм.}$$

$$B = 3 \text{ мм.}$$

2. Определяем подачу на зуб фрезы по таблице 38 [10, с.284]:

$$S_z = 0,07 \text{ мм/зуб.}$$

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

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v \quad (7)$$

Период стойкости инструмента принимаем по таблице 40 [10, с.290]:

$$T=60 \text{ мин.}$$

Значения коэффициентов:

$C_v = 200$; $q = 0,25$; $x = 0,3$; $m = 0,2$; $y = 0,2$; $u = 0,2$;
 $p = 0,1$ – определены по таблице 39 [10, с.290].

Коэффициент K_v определяется по формуле (8):

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} \quad (8):$$

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

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,99.$$

Скорость резания, формула (7):

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{200 \cdot 40^{0,25}}{60^{0,2} \cdot 5^{0,3} \cdot 0,07^{0,2} \cdot 3^{0,2} \cdot 48^{0,1}} = 129,96 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 129,96}{3,14 \cdot 52} = 795,9 \frac{\text{об}}{\text{мин.}}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 750 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 52 \cdot 750}{1000} = 122,46 \frac{\text{м}}{\text{мин.}}$$

6. Определяем минутную подачу:

$$S_m = S_z \cdot Z \cdot n_{\text{ст}} = 0,07 \cdot 48 \cdot 750 = 2520 \frac{\text{мм}}{\text{мин.}}$$

$$S_{\text{Мст}} = 2500 \text{ мм/мин.}$$

$$S_{Z\phi} = \frac{S_{\text{Мст}}}{Z \cdot n_{\text{ст}}} = \frac{2500}{48 \cdot 750} = 0,069 \frac{\text{мм}}{\text{зуб}}$$

7. Главная составляющая силы резания, окружная сила:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мп}} \quad (9)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 261$; $x = 0,9$; $y = 0,8$; $u = 1,1$; $q = 1,1$;
 $w = 0,1$ – определены по таблице 41 [10, с.291].

По табл. 9 [10, с.264]:

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

Окружная сила, формула (21):

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} = \frac{10 \cdot 261 \cdot 5^{0,9} \cdot 0,07^{0,8} \cdot 3^{1,1} \cdot 48}{40^{1,1} \cdot 750^{0,1}} \cdot 0,94 = 1647 \text{ Н.}$$

8. Крутящий момент:

$$M_{kp} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{1647 \cdot 40}{2 \cdot 100} = 330 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

9. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1647 \cdot 122,46}{1020 \cdot 60} = 3,29 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка 3,5 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Фрезерная операция: подрезка торца $Z_{2,1}$ Ø52 мм.

Характеристика режущего инструмента:

Инструмент: торцевая фреза $D_\phi=63$ мм, $z = 14$, $L = 40$ мм. [10, с.187]:

1. Определяем глубину и ширину фрезерования:

$$t = 0,38 \text{ мм.}$$

$$B = 52 \text{ мм.}$$

2. Определяем подачу на зуб фрезы по таблице 38 [10, с.283]:

$$S_z = 0,14 \text{ мм/зуб.}$$

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

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v \quad (7)$$

Период стойкости инструмента принимаем по таблице 40 [10, с.290]:

$$T=180 \text{ мин.}$$

Значения коэффициентов: $C_v = 64,7$; $q = 0,25$; $x = 0,1$; $m = 0,2$; $y = 0,4$;

$u = 0,15$;

$p = 0$ – определены по таблице 39 [10, с.288].

Коэффициент K_v определяется по формуле (8):

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} \quad (8):$$

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

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,99.$$

Скорость резания, формула (7):

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{64,7 \cdot 63^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 0,38^{0,1} \cdot 0,14^{0,4} \cdot 52^{0,15} \cdot 14^0} \cdot 0,99 = 87,64 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 87,64}{3,14 \cdot 52} = 536,7 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 500 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 52 \cdot 500}{1000} = 81,64 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем минутную подачу:

$$S_m = S_z \cdot Z \cdot n_{\text{ст}} = 0,14 \cdot 14 \cdot 500 = 980 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}.$$

$$S_{\text{Мст}} = 1000 \text{ мм/мин.}$$

$$S_{z\phi} = \frac{S_{\text{Мст}}}{Z \cdot n_{\text{ст}}} = \frac{1000}{14 \cdot 500} = 0,14 \frac{\text{мм}}{\text{зуб}}.$$

7. Главная составляющая силы резания, окружная сила:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мп}} \quad (9)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 218$; $x = 0,92$; $y = 0,78$; $u = 1$; $q = 1,15$;
 $w = 0$ – определены по таблице 41 [10, с.291].

По табл. 9 [10, с.264]:

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

Окружная сила, формула (21):

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мп}} = \frac{10 \cdot 218 \cdot 0,38^{0,92} \cdot 0,14^{0,78} \cdot 52^1 \cdot 14}{63^{1,15} \cdot 250^0} \cdot 0,94 = 1095 \text{ Н.}$$

8. Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{1095 \cdot 63}{2 \cdot 100} = 345 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

9. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1095 \cdot 40,82}{1020 \cdot 60} = 0,73 \text{ кВт}.$$

Мощность электродвигателя станка 36,28 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Фрезерная операция: подрезка торца $Z/_{2,1}$ Ø52 мм.

Характеристика режущего инструмента:

Инструмент: торцевая фреза $D_\phi=63$ мм, $z = 14$, $L = 40$ мм.

1. Определяем глубину и ширину фрезерования:

$$t = 0,81 \text{ мм}.$$

$$B = 52 \text{ мм}.$$

2. Определяем подачу на зуб фрезы по таблице 38 [10, с.283]:

$$S_z = 0,14 \text{ мм/зуб}.$$

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

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v \quad (7)$$

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

$$T=180 \text{ мин}.$$

Значения коэффициентов: $C_v = 64,7$; $q = 0,25$; $x = 0,1$; $m = 0,2$; $y = 0,4$;

$u = 0,15$;

$p = 0$ – определены по таблице 39 [10, с.288].

Коэффициент K_v определяется по формуле (8):

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} \quad (8):$$

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

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,99.$$

Скорость резания, формула (14):

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{64,7 \cdot 63^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 0,81^{0,1} \cdot 0,14^{0,4} \cdot 52^{0,15} \cdot 14^0} \cdot 0,99 = 109,16 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 109,16}{3,14 \cdot 52} = 668 \frac{\text{об}}{\text{мин.}}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 500 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 52 \cdot 500}{1000} = 81,64 \frac{\text{м}}{\text{мин.}}$$

6. Определяем минутную подачу:

$$S_m = S_z \cdot Z \cdot n_{\text{ст}} = 0,14 \cdot 14 \cdot 500 = 980 \frac{\text{мм}}{\text{мин.}}$$

$$S_{\text{Мст}} = 1000 \text{ мм/мин.}$$

$$S_{Z\phi} = \frac{S_{\text{Мст}}}{Z \cdot n_{\text{ст}}} = \frac{1000}{14 \cdot 500} = 0,14 \frac{\text{мм}}{\text{зуб.}}$$

7. Главная составляющая силы резания, окружная сила:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мп}} \quad (9)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 218$; $x = 0,92$; $y = 0,78$; $u = 1$; $q = 1,15$; $w = 0$ – определены по таблице 41 [10, с.291].

По табл. 9 [10, с.264]:

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

Окружная сила, формула (21):

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мп}} = \frac{10 \cdot 218 \cdot 0,81^{0,92} \cdot 0,14^{0,78} \cdot 52^1 \cdot 14}{63^{1,15} \cdot 250^0} \cdot 0,94 = 2190 \text{ Н.}$$

8. Крутящий момент:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{2190 \cdot 63}{2 \cdot 100} = 689,8 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

9. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2190 \cdot 40,82}{1020 \cdot 60} = 1,46 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка 36,28 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Сверлильная операция: центровые отверстия Ø5 мм.

Материал сверла – быстрорежущая сталь Р6М5.

1. Глубина резания $t = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 5 = 2,5$ мм.
2. Подача по таблице 25 [10, с.277]: $S=0,07$ 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 [10, с.279]: $T=15$ мин.

Значения коэффициентов: $C_v = 7,0$; $q = 0,4$; $m = 0,2$; $y = 0,7$ – определены по таблице 28 [4, с.278].

Коэффициент K_v :

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

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

$$K_{MV} = K_r \cdot \left(\frac{750}{600}\right)^{n_v} = 0,95 \cdot \left(\frac{750}{600}\right)^{1,45} = 1,31.$$

Значение коэффициента K_r и показатель степени n_v для сверла из быстрорежущей стали при обработке заготовки из стали 40Х берем из таблицы 2 [10, с.262]: $K_r = 0,95$, $n_v = 1,45$.

По таблице 6 [10, с.263] $K_{IV} = 1,0$.

По табл. 31 [10, с.280]: $K_{IIV} = 1$.

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV} = 1,31 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,31.$$

Скорость резания, формула (16):

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{7,0 \cdot 5^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0,1^{0,7}} \cdot 1,31 = 53,6 \text{ м / мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 53,6}{3,14 \cdot 5} = 3414 \text{ об/мин.}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 1500 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 1500}{1000} = 23,55 \text{ м/мин.}$$

6. Определяем крутящий момент по формуле:

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

Значения коэффициентов: $C_M = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$ – определены по таблице 32 [10, с. 281].

Коэффициент $K_p = K_{MP} = 0,85$

Крутящий момент, формула (18):

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 5^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 0,85 = 1,16 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

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 [10, с.281].

Осевая сила по формуле (19):

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 5^{1,0} \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,85 = 576,6 \text{ Н.}$$

8. Мощность резания:

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n_{\text{ф}}}{9750} = \frac{1,16 \cdot 1500}{9750} = 0,17 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка 36,28 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Токарная операция с ЧПУ: обтачивание поверхности Ø48 мм (черновая)

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [10, с. 116] – Т15К6.

1. Глубина резания: $t = Z^C = 1,92$ мм. (в 2 прохода)
2. Подача по таблице 11 [4, с.266] для данной глубины резания:
 $s = 0,9$ 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: $T=15$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 340$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,45$ – определены по таблице 17 [10, с.269].

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 [10, с.261]:

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

Значение коэффициента K_r и показатель степени n_v для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40Х берем из таблицы 2 [10, с.262]:

$$K_r = 0,95, \quad n_v = 1,0;$$

$$K_{MV} = K_r \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^{n_v} = 0,95 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,18.$$

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

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,99.$$

Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{340}{15^{0,2} \cdot 1,92^{0,15} \cdot 0,9^{0,45}} \cdot 0,99 = 189,47 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 189,47}{3,14 \cdot 48} = 1257 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 1250 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 48 \cdot 1250}{1000} = 188,4 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

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

Значения коэффициентов: $C_p = 300$; $n = -0,15$; $x = 1,0$; $y = 0,75$ – определены по таблице 22 [10, с.273].

Глубина резания в формуле: $t = Z_{\text{max}} = 1,16$ мм (в два прохода).

Коэффициент K_p :

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

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [10, с.264]:

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

$K_{MP} = 0,85$; $K_{\varphi P} = 0,89$; $K_{\gamma P} = 1,0$; $K_{\lambda P} = 1,0$; $K_{\Gamma P} = 0,93$.

$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\Gamma P} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,7$.

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,16^1 \cdot 0,9^{0,75} \cdot 188,4^{-0,15} \cdot 0,7 = 1021,4 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1021,4 \cdot 188,4}{1020 \cdot 60} = 3,14 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{3,14}{0,75} = 4,18 \text{ кВт.}$$

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

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{\text{ст}} \cdot \eta;$$
$$4,18 < 18,5$$

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

Токарная операция с ЧПУ: обтачивание поверхности Ø44,7 мм (черновая)

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [10, с. 116] – Т15К6.

1. Глубина резания: $t = Z^C = 1,195$ мм.
2. Подача по таблице 11 [10, с.266] для данной глубины резания:
 $s = 0,9$ 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: $T=15$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 340$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,45$ – определены по таблице 17 [10, с.269].

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 [10, с.261]:

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

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_V для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40Х берем из таблицы 2 [10, с.262]:

$$K_{\Gamma} = 0,95, \quad n_V = 1,0;$$

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^{n_V} = 0,95 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,18.$$

$$K_{MV} = 1,11; \quad K_{ПВ} = 0,9; \quad K_{ИВ} = 1,0.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,99.$$

Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{340}{15^{0,2} \cdot 1,195^{0,15} \cdot 0,9^{0,45}} \cdot 0,99 = 204,33 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 204,33}{3,14 \cdot 44,7} = 1455,77 \frac{\text{об}}{\text{мин.}}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 1250 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 44,7 \cdot 1250}{1000} = 175,44 \frac{\text{м}}{\text{мин.}}$$

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 [10, с.273].

Глубина резания в формуле: $t = Z_{\text{max}} = 1,34 \text{ мм}$

Коэффициент K_p :

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

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [10, с.264]:

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

$K_{MP} = 0,85$; $K_{\phi P} = 0,89$; $K_{\gamma P} = 1,0$; $K_{\lambda P} = 1,0$; $K_{rP} = 0,93$.

$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,7$.

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,34^1 \cdot 0,9^{0,75} \cdot 175,44^{-0,15} \cdot 0,7 = 11925 \text{ Н}.$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{11925 \cdot 175,44}{1020 \cdot 60} = 3,41 \text{ кВт}.$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{3,41}{0,75} = 4,54 \text{ кВт}.$$

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

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{ст} \cdot \eta$$

$$4,54 < 18,5$$

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

Токарная операция с ЧПУ: обтачивание поверхности Ø44 мм (черновая).

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [10, с. 116] – Т15К6.

1. Глубина резания: $t = Z^C = 1,64$ мм.

2. Подача по таблице 11 [10, с.266] для данной глубины резания:

$$s = 0,9 \text{ мм/об}$$

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: $T=15$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 340$; $m = 0,20$; $x = 0,15$; $y = 0,45$ – определены по таблице 17 [10, с.269].

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 [10, с.261]:

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

Значение коэффициента K_T и показатель степени n_V для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 45 берем из таблицы 2 [10, с.262]:

$$K_T = 0,95, \quad n_V = 1,0;$$

$$K_{MV} = K_T \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^{n_V} = 0,95 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,18.$$

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

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,99.$$

Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{340}{15^{0,2} \cdot 1,64^{0,15} \cdot 0,9^{0,45}} \cdot 0,99 = 194,7 \text{ м/мин.}$$

4. Расчетное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 194,7}{3,14 \cdot 44} = 1409 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 1250 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 44 \cdot 1250}{1000} = 172,7 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

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 [10, с.273].

Глубина резания в формуле: $t = Z_{\text{max}} = 1,79$ мм.

Коэффициент K_p :

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

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [10, с.264]:

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

$K_{MP} = 0,85$; $K_{\varphi P} = 0,89$; $K_{\gamma P} = 1,0$; $K_{\lambda P} = 1,0$; $K_{rP} = 0,93$.

$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,7$.

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,79^1 \cdot 0,9^{0,75} \cdot 172,7^{-0,15} \cdot 0,7 = 1596 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1596 \cdot 172,7}{1020 \cdot 60} = 4,5 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{4,5}{0,75} = 6 \text{ кВт.}$$

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

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{CT} \cdot \eta$$

$$6 < 18,5$$

где N_{CT} – мощность электродвигателя главного привода станка.

Токарная операция с ЧПУ: обтачивание поверхности Ø35 мм (черновая)

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [10, с. 116] – Т15К6.

1. Глубина резания: $t = Z^C = 1,63$ мм. (за пять проходов)
2. Подача по таблице 11 [10, с.266] для данной глубины резания:
 $s = 0,9$ 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: $T=15$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 340$; $m = 0,20$; $x = 0,15$; $y = 0,35$ – определены по таблице 17 [10, с.269].

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 [10, с.261]:

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

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 [10, с.262]:

$$K_r = 0,95, \quad n_v = 1,0;$$

$$K_{MV} = K_r \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^{n_v} = 0,95 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,18.$$

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

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,99.$$

Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{340}{15^{0,2} \cdot 1,63^{0,15} \cdot 0,9^{0,35}} \cdot 0,99 = 192,7 \text{ м / мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 192,7}{3,14 \cdot 35} = 1753,4 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка :

$$n_{\text{ст}} = 1750 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 1750}{1000} = 192,32 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

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 [10, с.273].

Глубина резания в формуле: $t = Z_{\text{max}} = 1,71$ мм. (за пять проходов)

Коэффициент K_p :

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

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [10, с.264]:

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

$$K_{MP} = 0,85; \quad K_{\varphi P} = 0,89; \quad K_{\gamma P} = 1,0; \quad K_{\lambda P} = 1,0; \quad K_{rP} = 0,93.$$

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,7.$$

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,71^1 \cdot 0,9^{0,75} \cdot 192,32^{-0,15} \cdot 0,7 = 1501 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1501 \cdot 192,32}{1020 \cdot 60} = 4,7 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{4,7}{0,75} = 6,26 \text{ кВт.}$$

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

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{ст} \cdot \eta$$

$$6,26 < 10$$

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

Токарная операция с ЧПУ: обтачивание поверхности Ø35 мм (чистовая).

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [10, с. 116] – Т15К6.

1. Глубина резания: $t = Z^C = 0,19$ мм.
2. Подача по таблице 11 [10, с.266] для данной глубины резания:
 $s = 0,5$ 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: $T=15$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 350$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$ – определены по таблице 17 [10, с.269].

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 [10, с.261]:

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

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 [10, с.262]:

$$K_{\Gamma} = 0,95, \quad n_V = 1,0;$$

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^{n_V} = 0,95 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,18.$$

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

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,99.$$

Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{350}{15^{0,2} \cdot 0,19^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 0,99 = 339,3 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 339,3}{3,14 \cdot 35} = 3087 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 3000 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 3000}{1000} = 329,7 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

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 [10, с.273].

Глубина резания в формуле: $t = Z_{\text{max}} = 0,27 \text{ мм}$.

Коэффициент K_P :

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

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [10, с.264]:

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

$K_{MP} = 0,85$; $K_{\varphi P} = 0,89$; $K_{\gamma P} = 1,0$; $K_{\lambda P} = 1,0$; $K_{rP} = 0,93$.

$K_P = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,7$.

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V = 10 \cdot 300 \cdot 0,27^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 329,7^{0,15} \cdot 0,7 = 140 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{140 \cdot 329,7}{1020 \cdot 60} = 0,75 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,75}{0,75} = 1 \text{ кВт.}$$

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

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{ст} \cdot \eta$$

$$1 < 18,5$$

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

Фрезерная операция: фрезерование лысок.

Характеристика режущего инструмента: (Т15К6)

Инструмент: дисковая фреза $D_{\phi} = 63$ мм, $z = 16$, $d = 22$ мм. [10, с.181]

1. Определяем глубину и ширину фрезерования:

$$t = 10 \text{ мм.}$$

$$B = 8 \text{ мм}$$

$$B = 0,5 \cdot (D_{зар} - H_{дет}) = 0,5 \cdot (35 - 20) = 7,5 \text{ мм.}$$

2. Определяем подачу на зуб фрезы по таблице 38 [10, с.286]:

$$S_z = 0,14 \text{ мм/зуб.}$$

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

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v \quad (7)$$

Период стойкости инструмента принимаем по таблице 40 [10, с.290]:

$$T=120 \text{ мин.}$$

Значения коэффициентов: $C_v = 740$; $q = 0,2$; $x = 0,4$; $m = 0,35$; $y = 0,4$;

$u = 0$;

$p = 0$ – определены по таблице 39 [10, с.287].

Коэффициент K_v определяется по формуле (8):

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} \quad (8):$$

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

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,99.$$

Скорость резания, формула (14):

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{740 \cdot 63^{0,2}}{120^{0,35} \cdot 10^{0,4} \cdot 0,14^{0,4} \cdot 7,5^0 \cdot 16^0} = 238 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 238}{3,14 \cdot 35} = 2165 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 2000 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 2000}{1000} = 220 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем минутную подачу:

$$S_m = S_z \cdot Z \cdot n_{\text{ст}} = 0,14 \cdot 16 \cdot 2000 = 4480 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}.$$

$$S_{\text{Мст}} = 2200 \text{ мм/мин.}$$

$$S_{Z\text{ффак}} = \frac{S_{\text{Мст}}}{Z \cdot n_{\text{ст}}} = \frac{4480}{16 \cdot 2000} = 0,14 \frac{\text{мм}}{\text{зуб}}.$$

7. Главная составляющая силы резания, окружная сила:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \quad (9)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 261$; $x = 0,9$; $y = 0,8$; $u = 1,1$; $q = 1,1$; $w = 0,1$ – определены по таблице 41 [10, с.291].

По табл. 9 [10, с.264]:

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

Окружная сила, формула (21):

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} = \frac{10 \cdot 261 \cdot 10^{0,9} \cdot 0,14^{0,8} \cdot 7,5^{1,1} \cdot 16}{63^{1,1} \cdot 2000^{0,1}} = 2957,9 \text{ Н.}$$

8. Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{2957,9 \cdot 63}{2 \cdot 100} = 932 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

9. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{932 \cdot 220}{1020 \cdot 60} = 3,35 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка 3,5 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Шлифовальная операция: предварительное шлифование поверхности Ø44,7 мм

Выбираем характеристику круга на основе монокорунда для чистового шлифования, т.к. он [15, стр. 339] обеспечивает стойкость в 1,5-2 раза выше, чем круги из белого электрокорунда [15, стр.340] – ПП 200×100×51 25А 40 С1 8К ГОСТ 2424-83.

1. По выбранному диаметру круга и паспортным данным станка определяем скорость вращения круга:

$$V_K = \frac{\pi \cdot D_K \cdot n_K}{1000 \cdot 60},$$

где D_K - диаметр круга; n_K - частота вращения шпинделя.

Тогда:

$$V_K = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 2500}{1000 \cdot 60} = 26,16 \text{ м/с}$$

1. Скорость детали принимаем в соответствии с рекомендациями приведенными в таблице 55 [10, с. 301]: $V_{\text{заг}} = 30 \text{ м/с}$.

$$n_3 = \frac{1000 \cdot v_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 44,7} = 213,73 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n_3 = 200 \text{ об/мин}$, тогда:

$$v_3 = \frac{\pi D_3 n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 44,7 \cdot 200}{1000} = 28,07 \text{ м/с.}$$

3. Глубину резания выбираем по таблице 55 [10, с. 301]: $t = 0,015$

4. Радиальную подачу выбираем по таблице 55 [10, с. 301]: $s = 5 \text{ мм/об}$.

$$S_B = S_{Bt} \cdot K_{SB},$$

$$K_{SB} = K_M \cdot K_D \cdot K_T \cdot K_{VK} \cdot K_h \cdot K_{IT} \cdot K_R \quad \text{где}$$

K_M – коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

K_R – коэффициент, учитывающий радиус галтели детали;

K_D – коэффициент, учитывающий диаметр шлифовального круга;

K_T – коэффициент, учитывающий стойкость круга;

K_{VK} – коэффициент, учитывающий скорость круга;

K_h – коэффициент, учитывающий припуск на обработку;

K_{IT} – коэффициент, учитывающий точность обработки.

$$K_M = 0,66; K_D = 0,42; K_T = 0,72; K_{VK} = 1,0; K_h = 1,16; K_{IT} = 0,5; K_R = 1,0$$

$$S_B = 5 \cdot 0,66 \cdot 0,42 \cdot 0,72 \cdot 1,0 \cdot 1,16 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,57 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$$

5. Радиальную подачу на двойной ход выбираем по таблице 162 [15, с. 345]: $S_{2XT} = 0,031 \text{ мм}$.

$$S_{2X} = S_{2XT} \cdot K_{S2X},$$

$$K_{S2X} = K_M \cdot K_D \cdot K_T \cdot K_{VK} \cdot K_h \cdot K_{IT} \cdot K_R$$

$$K_M = 0,66; K_D = 0,42; K_T = 0,72; K_{VK} = 1,0; K_h = 1,16; K_{IT} = 0,5; K_R = 1,0$$

$$S_{xt} = 0,031 \cdot 0,66 \cdot 0,42 \cdot 0,72 \cdot 1,0 \cdot 1,16 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,0036 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$$

5. Эффективная мощность, кВт, при шлифовании периферией круга:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot b^z, \quad (13)$$

где d – диаметр шлифования; значения коэффициента C_N и показателей степени по таблице 56 [10, стр. 303].

$$C_N = 2,65; r = 0,5; x = 0,5; y = 0,55.$$

Тогда:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y = 2,65 \cdot 28,07^{0,5} \cdot 0,015^{0,5} \cdot 0,57^{0,55} = 1,2 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{ст} \cdot \eta$$

где $N_{ст} = 2,8$ кВт – мощность главного электродвигателя в кВт;

$\eta = 0,9$ – КПД привода.

$$1,2 < 2,52.$$

Шлифовальная операция: окончательное шлифование поверхности Ø44,7 мм

Выбираем характеристику круга на основе монокорунда для чистового шлифования, т.к. он [15, стр. 339] обеспечивает стойкость в 1,5-2 раза выше, чем круги из белого электрокорунда [15, стр.340] – ПП 200×100×51 25А 25 С1 5К ГОСТ 2424-83.

1. По выбранному диаметру круга и паспортным данным станка определяем скорость вращения круга:

$$V_K = \frac{\pi \cdot D_K \cdot n_K}{1000 \cdot 60},$$

где D_K - диаметр круга; n_K - частота вращения шпинделя.

Тогда:

$$V_K = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 2500}{1000 \cdot 60} = 26,16 \text{ м/с}$$

2. Скорость детали принимаем в соответствии с рекомендациями приведенными в таблице 55 [10, с. 301]: $V_{\text{заг}} = 30 \text{ м/мин.}$

$$n_3 = \frac{1000 \cdot v_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 44,7} = 213,73 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n_3 = 200 \text{ об/мин}$, тогда:

$$v_3 = \frac{\pi D_3 n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 44,7 \cdot 200}{1000} = 28,07 \text{ м/с.}$$

3. Глубину резания выбираем по таблице 55 [10, с. 301]: $t = 0,01$

4. Радиальную подачу выбираем по таблице 55 [10, с. 301]: $s = 2,5 \text{ мм/об.}$

$$S_B = S_{Bt} \cdot K_{SB},$$

$$K_{SB} = K_M \cdot K_D \cdot K_T \cdot K_{VK} \cdot K_h \cdot K_{IT} \cdot K_R \quad \text{где}$$

K_M – коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

K_R – коэффициент, учитывающий радиус галтели детали;

K_D – коэффициент, учитывающий диаметр шлифовального круга;

K_T – коэффициент, учитывающий стойкость круга;

K_{VK} – коэффициент, учитывающий скорость круга;

K_h – коэффициент, учитывающий припуск на обработку;

K_{IT} – коэффициент, учитывающий точность обработки.

$$K_M = 0,66; K_D = 0,42; K_T = 0,72; K_{VK} = 1,0; K_h = 1,16; K_{IT} = 0,5; K_R = 1,0$$

$$S_B = 2,5 \cdot 0,66 \cdot 0,42 \cdot 0,72 \cdot 1,0 \cdot 1,16 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,28 \frac{\text{мм}}{\text{об.}}$$

5. Радиальную подачу на двойной ход выбираем по таблице 162 [15, с. 345]: $S_{2XT} = 0,031 \text{ мм.}$

$$S_{2X} = S_{2XT} \cdot K_{S2X},$$

$$K_{S2X} = K_M \cdot K_D \cdot K_T \cdot K_{VK} \cdot K_h \cdot K_{IT} \cdot K_R$$

$$K_M = 0,66; K_D = 0,42; K_T = 0,72; K_{VK} = 1,0; K_h = 1,16; K_{IT} = 0,5; K_R = 1,0$$

$$K_{xt} = 0,031 \cdot 0,66 \cdot 0,42 \cdot 0,72 \cdot 1,0 \cdot 1,16 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,0036 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$$

6. Эффективная мощность, кВт, при шлифовании периферией круга:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot b^z, \quad (13)$$

где d – диаметр шлифования; значения коэффициента C_N и показателей степени по таблице 56 [10, стр. 303].

$$C_N = 1,3; r = 0,75; x = 0,85; y = 0,7.$$

Тогда:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y = 1,3 \cdot 28,07^{0,75} \cdot 0,01^{0,85} \cdot 0,28^{0,7} = 0,12 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{cm} \cdot \eta$$

где $N_{cm} = 2,8$ кВт – мощность главного электродвигателя в кВт;

$$\eta = 0,9 \text{ – КПД привода.}$$

$$0,12 < 2,52.$$

Шлифовальная операция: предварительное шлифование поверхности Ø44 мм.

Выбираем характеристику круга на основе монокорунда для чистового шлифования, т.к. он [15, стр. 339] обеспечивает стойкость в 1,5-2 раза выше, чем круги из белого электрокорунда [15, стр.340] – ПП 200×10×32 43А 40 С1 8К ГОСТ 2424-83.

1. По выбранному диаметру круга и паспортным данным станка определяем скорость вращения круга:

$$V_K = \frac{\pi \cdot D_K \cdot n_K}{1000 \cdot 60},$$

где D_K - диаметр круга; n_K - частота вращения шпинделя.

$$\text{Тогда: } V_K = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 2500}{1000 \cdot 60} = 26,16 \text{ м/с}$$

3. Скорость детали принимаем в соответствии с рекомендациями приведенными в таблице 55 [10, с. 301]: $V_{\text{заг}} = 30$ м/мин.

$$n_3 = \frac{1000 \cdot v_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 44} = 217 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n_3 = 200$ об/мин, тогда:

$$v_3 = \frac{\pi D_3 n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 44 \cdot 200}{1000} = 27,63 \text{ м/с.}$$

3. Глубину резания выбираем по таблице 55 [10, с. 301]: $t = 0,015$

4. Продольную подачу выбираем по таблице 55 [10, с. 301]: $s = 5$ мм/об.

$$S_B = S_{Bt} \cdot K_{SB},$$

$$K_{SB} = K_M \cdot K_D \cdot K_T \cdot K_{VK} \cdot K_h \cdot K_{IT} \cdot K_R \quad \text{где}$$

K_M – коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

K_R – коэффициент, учитывающий радиус галтели детали;

K_D – коэффициент, учитывающий диаметр шлифовального круга;

K_T – коэффициент, учитывающий стойкость круга;

K_{VK} – коэффициент, учитывающий скорость круга;

K_h – коэффициент, учитывающий припуск на обработку;

K_{IT} – коэффициент, учитывающий точность обработки.

$$K_M = 0,66; K_D = 0,42; K_T = 0,72; K_{VK} = 1,0; K_h = 1,16; K_{IT} = 0,5; K_R = 1,0$$

$$S_B = 5 \cdot 0,66 \cdot 0,42 \cdot 0,72 \cdot 1,0 \cdot 1,16 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,57 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

5. Радиальную подачу на двойной ход выбираем по таблице 162 [15, с. 345]: $S_{2XT} = 0,031$ мм.

$$S_{2X} = S_{2XT} \cdot K_{S2X},$$

$$K_{S2X} = K_M \cdot K_D \cdot K_T \cdot K_{VK} \cdot K_h \cdot K_{IT} \cdot K_R$$

$$K_M = 0,66; K_D = 0,42; K_T = 0,72; K_{VK} = 1,0; K_h = 1,16; K_{IT} = 0,5; K_R = 1,0$$

$$K_{S2X} = 0,031 \cdot 0,66 \cdot 0,42 \cdot 0,72 \cdot 1,0 \cdot 1,16 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,0036 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

6. Эффективная мощность, кВт, при шлифовании периферией круга:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot b^z, \quad (13)$$

где d – диаметр шлифования; значения коэффициента C_N и показателей степени по таблице 56 [10, стр. 303].

$$C_N = 2,65; r = 0,5; x = 0,5; y = 0,55.$$

Тогда:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y = 2,65 \cdot 27,63^{0,5} \cdot 0,015^{0,5} \cdot 0,57^{0,55} = 1,21 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{cm} \cdot \eta$$

где $N_{cm} = 2,8$ кВт – мощность главного электродвигателя в кВт;

$\eta = 0,9$ – КПД привода.

$$1,21 < 2,52$$

Шлифовальная операция: окончательное шлифование поверхности Ø44 мм.

Выбираем характеристику круга на основе монокорунда для чистового шлифования, т.к. он [15, стр. 339] обеспечивает стойкость в 1,5-2 раза выше, чем круги из белого электрокорунда [15, стр.340] – ПП 200×10×32 43А 25 С1 5К ГОСТ 2424-83.

1. По выбранному диаметру круга и паспортным данным станка определяем скорость вращения круга:

$$V_K = \frac{\pi \cdot D_K \cdot n_K}{1000 \cdot 60},$$

где D_K - диаметр круга; n_K - частота вращения шпинделя.

$$\text{Тогда: } V_K = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 2500}{1000 \cdot 60} = 26,16 \text{ м/с}$$

4. Скорость детали принимаем в соответствии с рекомендациями приведенными в таблице 55 [10, с. 301]: $V_{заг} = 30$ м/мин.

$$n_3 = \frac{1000 \cdot v_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 44} = 217 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n_3 = 200$ об/мин, тогда:

$$v_3 = \frac{\pi D_3 n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 44 \cdot 200}{1000} = 27,63 \text{ м/мин.}$$

3. Глубину резания выбираем по таблице 55 [10, с. 301]: $t = 0,01$

4. Продольную подачу выбираем по таблице 55 [10, с. 301]: $s = 2,5$ мм/об.

$$S_B = S_{Bt} \cdot K_{SB},$$

$$K_{SB} = K_M \cdot K_D \cdot K_T \cdot K_{VK} \cdot K_h \cdot K_{IT} \cdot K_R \quad \text{где}$$

K_M – коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

K_R – коэффициент, учитывающий радиус галтели детали;

K_D – коэффициент, учитывающий диаметр шлифовального круга;

K_T – коэффициент, учитывающий стойкость круга;

K_{VK} – коэффициент, учитывающий скорость круга;

K_h – коэффициент, учитывающий припуск на обработку;

K_{IT} – коэффициент, учитывающий точность обработки.

$$K_M = 0,66; K_D = 0,42; K_T = 0,72; K_{VK} = 1,0; K_h = 1,16; K_{IT} = 0,5; K_R = 1,0$$

$$S_B = 2,5 \cdot 0,66 \cdot 0,42 \cdot 0,72 \cdot 1,0 \cdot 1,16 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,28 \text{ мм/об.}$$

5. Радиальную подачу на двойной ход выбираем по таблице 162 [15, с. 345]: $S_{2XT} = 0,031$ мм.

$$S_{2X} = S_{2XT} \cdot K_{S2X},$$

$$K_{S2X} = K_M \cdot K_D \cdot K_T \cdot K_{VK} \cdot K_h \cdot K_{IT} \cdot K_R$$

$$K_M = 0,66; K_D = 0,42; K_T = 0,72; K_{VK} = 1,0; K_h = 1,16; K_{IT} = 0,5; K_R = 1,0$$

$$K_{S2X} = 0,031 \cdot 0,66 \cdot 0,42 \cdot 0,72 \cdot 1,0 \cdot 1,16 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,0036 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$$

6. Эффективная мощность, кВт, при шлифовании периферией круга:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot b^z, \quad (13)$$

где d – диаметр шлифования; значения коэффициента C_N и показателей степени по таблице 56 [10, стр. 303].

$$C_N = 1,3; r = 0,75; x = 0,85; y = 0,7.$$

Тогда:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y = 1,3 \cdot 27,63^{0,75} \cdot 0,01^{0,85} \cdot 0,28^{0,7} = 0,12 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{ct} \cdot \eta$$

где $N_{ct} = 2,8$ кВт – мощность главного электродвигателя в кВт;

$\eta = 0,9$ – КПД привода.

$$0,12 < 2,52$$

Токарная операция с ЧПУ: нарезание резьбы М48х1,5 – 6g

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [10, с. 116] – Т15К6.

1. Подача: $s = P = 1,5$ мм/об, где P – шаг резьбы.
2. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot i^x}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (14)$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=15$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 244$; $m = 0,2$; $x = 0,23$; $y = 0,3$ – определены по таблице 17 [10, с.269].

Коэффициент K_V определяем по формуле:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{CV} \cdot K_{IV}, \quad (7)$$

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

По табл. 1, 5, 6 [10, с.261]:

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

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{CV} \cdot K_{IV} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,99.$$

Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V \cdot i^x}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{244 \cdot 5^{0,23}}{15^{0,2} \cdot 1,5^{0,3}} \cdot 0,99 = 182,6 \text{ м/мин}.$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 182,6}{3,14 \cdot 48} = 1211,5 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{ст} = 1250 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n_{ст}$ для нарезания резьбы:

$$n_{ст} = 500 \text{ об/мин.}$$

6. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 48 \cdot 500}{1000} = 75,36 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

5. Определяем главную составляющую силы резания по формуле :

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

Значения коэффициентов: $C_p = 148$; $n = 0,71$; $y = 1,7$ – определены по таблице 51 [10, с.298].

Коэффициент $K_p = K_{MP} = 0,85$.

Главная составляющая силы резания, формула (15):

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot P^y}{i^n} K_p = \frac{10 \cdot 148 \cdot 1,5^{1,7}}{5^{0,71}} = 950 \text{ Н.}$$

6. Мощность резания:

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{950 \cdot 75,36}{1020 \cdot 60} = 1,16 \text{ кВт.}$$

7. Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,16}{0,75} = 1,54 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{см} \cdot \eta$$

$$1,54 < 8,5$$

1.10. РАСЧЕТ ОСНОВНОГО ВРЕМЕНИ

Основное время определяем по формуле:

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S \cdot n}, \text{ мин}$$

где L – расчётная длина обработки, мм;

i – число рабочих ходов;

n – частота вращения шпинделя, об/мин;

S – подача, мм/об (мм/мин).

Расчётная длина обработки:

$$L = l + l_{\text{вр}} + l_1 + l_2, \text{ мин},$$

где l – размер детали на данном переходе, мм;

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

l_1 – величина врезания инструмента, мм.

l_2 – величина перебега инструмента, мм;

Принимаем: $l_1 = l_2 = 1$ мм.

Величина врезания инструмента:

$$L_{\text{вр}} = \frac{t}{\text{tg} \varphi},$$

где t – глубина резания, мм;

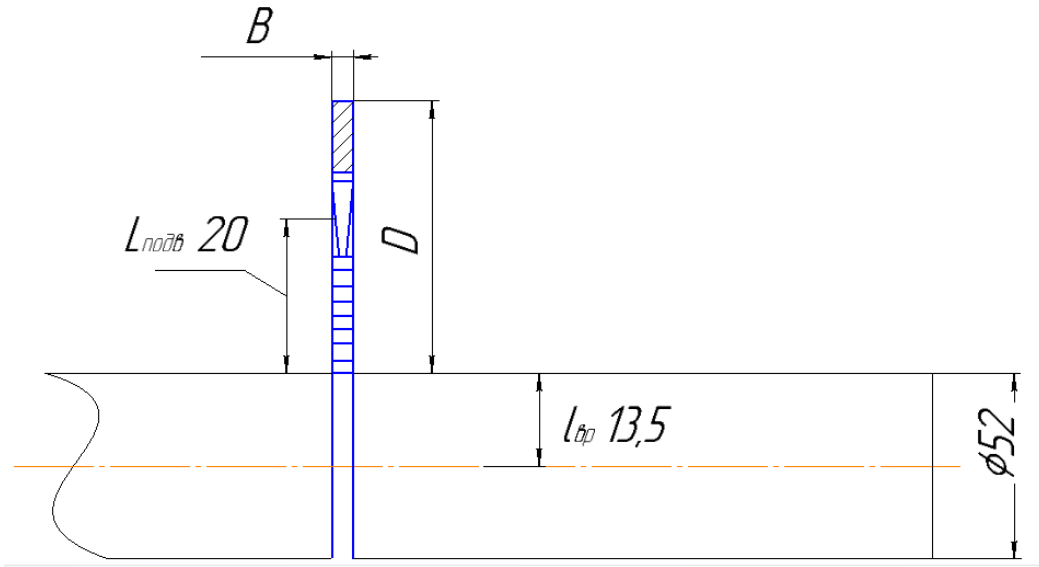
φ – угол в плане.

Тогда окончательная формула для определения основного времени:

$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_1 + l_2) \cdot i}{S \cdot n}$$

Фрезерно-отрезная операция :

$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S_{\text{м}}} = \frac{(54 + 20 + 20 + 1) \cdot 1}{52,5} = 1,8 \text{ мин.}$$



Фрезерно-центровальная операция :

переход 1 – фрезерование торца $Z_{2,1}$:

$$t_0 = \frac{(l + l_{др} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S_m} = \frac{(54 + 31,5 + 31,5 + 1) \cdot 1}{70} = 1,72 \text{ мин.}$$

Так как подрезка торца ведется одновременно, то время на подрезку

второго торца $Z_{2,1}$ равно времени подрезки первого.



Сверлильная операция :

переход 1 – центрирование отверстий:

$$t_0 = \frac{(l + l_{сп} + l_{пер} + l_{подс}) \cdot i}{S_m} = \frac{(11,15 + 2,5 + 0 + 1) \cdot 1}{0,1 \cdot 1500} = 0,097 \text{ мин.}$$

$$l_{сп} = 0,5d_{св} = 0,5 \cdot 5 = 2,5 \text{ мм.}$$

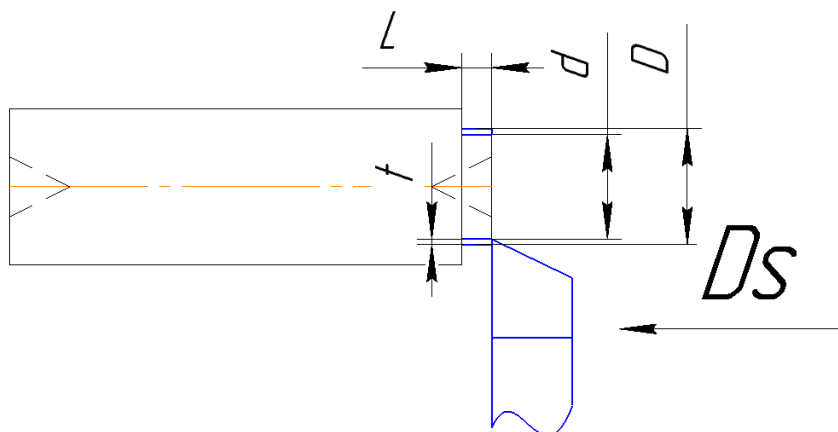
Так как сверление центральных отверстий ведется одновременно, то время на обработку выбираем одно.



Токарная операция с ЧПУ:

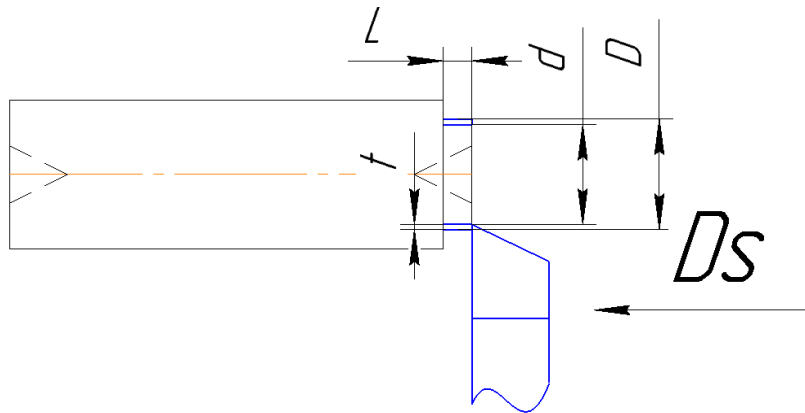
переход 1 – точение шейки Ø35 мм: (черновая обработка)

$$t_0 = \frac{(l + l_{сп} + l_{пер} + l_{подс}) \cdot i}{S_m} = \frac{(10 + 0 + 0 + 1) \cdot 5}{1575} = 0,034 \text{ мин.}$$



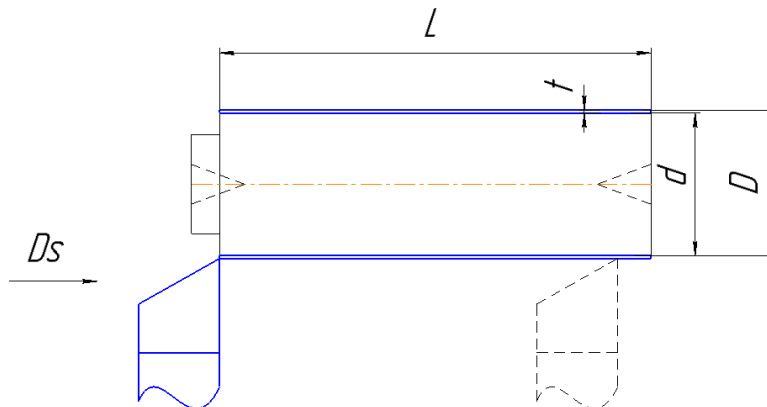
переход 2 – точение шейки Ø35 мм:(чистовая обработка)

$$t_0 = \frac{(l + l_{ep} + l_{nep} + l_{подв}) \cdot i}{S_m} = \frac{(10 + 0 + 0 + 1) \cdot 1}{1500} = 0,007 \text{ мин.}$$



переход 3 – точение поверхности напроход:

$$t_0 = \frac{(l + l_{ep} + l_{nep} + l_{подв}) \cdot i}{S_m} = \frac{(151 + 0 + 1 + 1) \cdot 2}{1125} = 0,27 \text{ мин.}$$



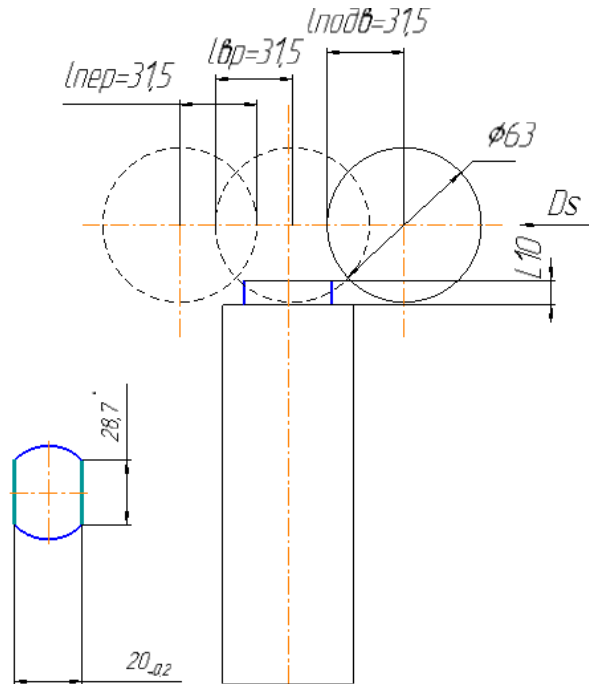
Фрезерная операция :

переход 1 – фрезерование лысок:(первая лыска)

$$t_0 = \frac{(l + l_{ep} + l_{nep} + l_{подв}) \cdot i}{S_m} = \frac{(28,7 + 23 + 46 + 1) \cdot 1}{280} = 0,35 \text{ мин.}$$

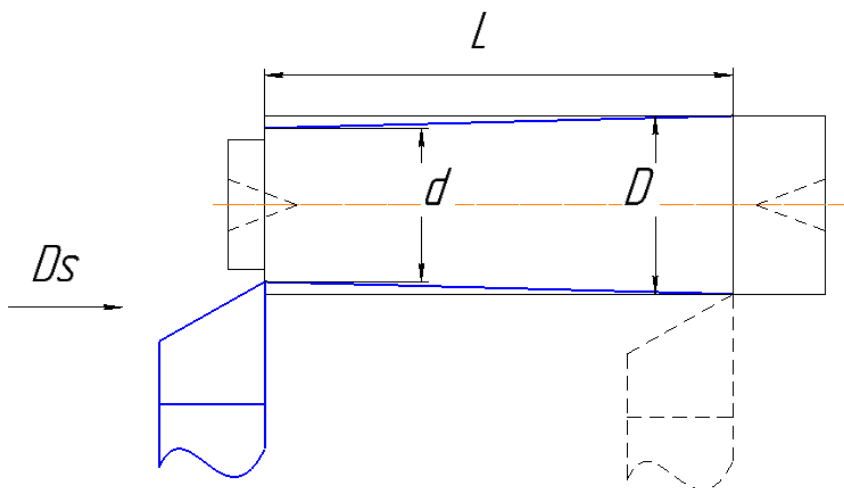
переход 2 – фрезерование лысок:(вторая лыска)

$$t_0 = \frac{(l + l_{ep} + l_{nep} + l_{подв}) \cdot i}{S_m} = \frac{(28,7 + 31,5 + 31,5 + 31,5) \cdot 1}{280} = 0,44 \text{ мин.}$$



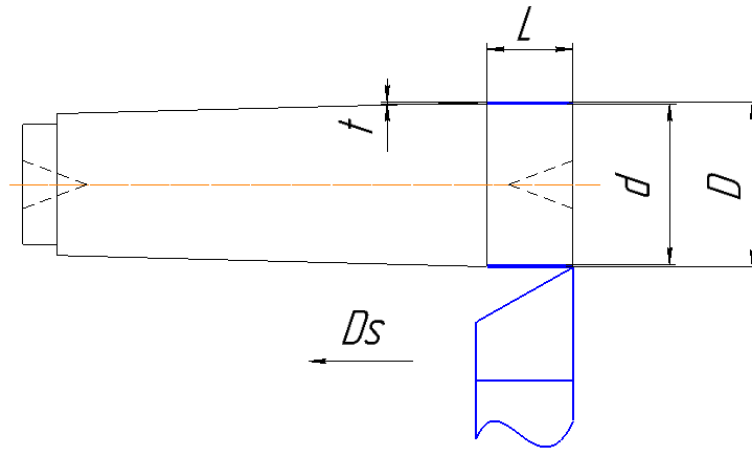
переход 5 – точение конусной поверхности:

$$t_0 = \frac{(l + l_{ep} + l_{nep} + l_{подв}) \cdot i}{S_m} = \frac{(126 + 0 + 1 + 1) \cdot 1}{1125} = 0,11 \text{ мин.}$$



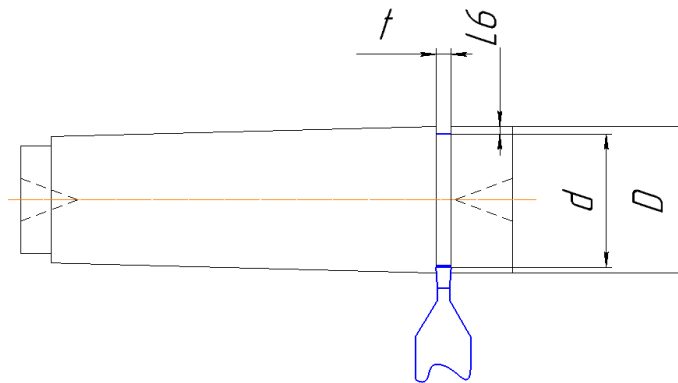
переход 6 – точение поверхности Ø44 мм.:

$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{сп}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(8 + 0 + 1 + 1) \cdot 1}{1125} = 0,008 \text{ мин.}$$



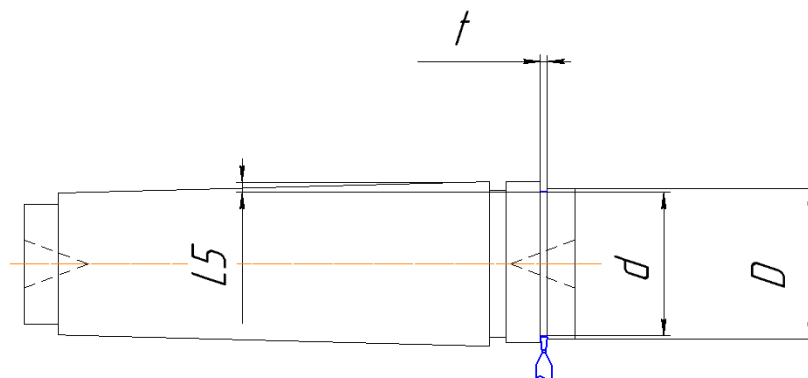
переход 7 – точение канавки 1:

$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{сп}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(6 + 0 + 0 + 1) \cdot 1}{1125} = 0,005 \text{ мин.}$$



переход 8 – точение канавки 2:

$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{сп}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(5 + 0 + 0 + 1) \cdot 1}{1125} = 0,004 \text{ мин.}$$



переход 9 – точение фасок:

для фаски 1:

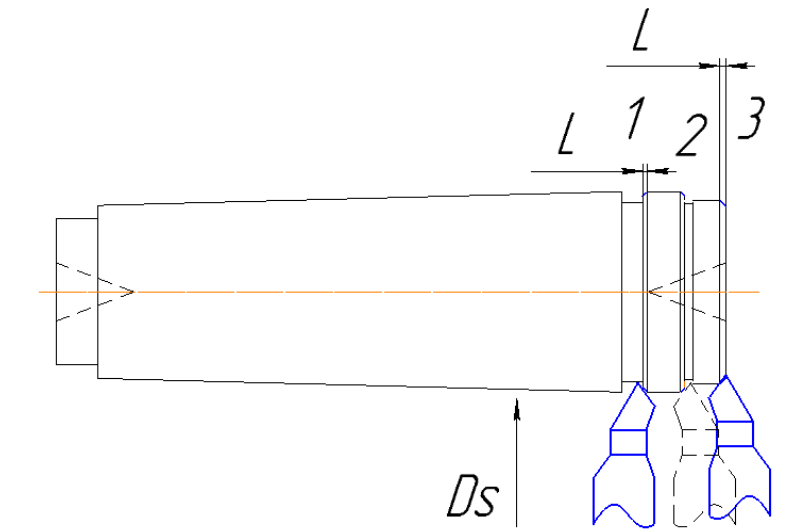
$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{сп}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(1 + 1 \cdot \text{tg}45^\circ + 0 + 1) \cdot 1}{875} = 0,003 \text{ мин.}$$

для фаски 2:

$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{сп}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(1 + 1 \cdot \text{tg}45^\circ + 0 + 1) \cdot 1}{875} = 0,003 \text{ мин.}$$

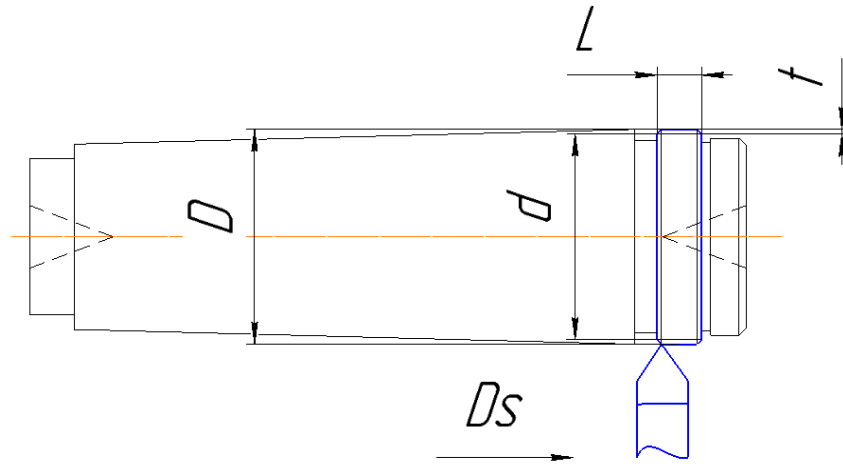
для фаски 3:

$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{сп}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(1,5 + 1,5 \cdot \text{tg}45^\circ + 0 + 1) \cdot 1}{875} = 0,004 \text{ мин.}$$



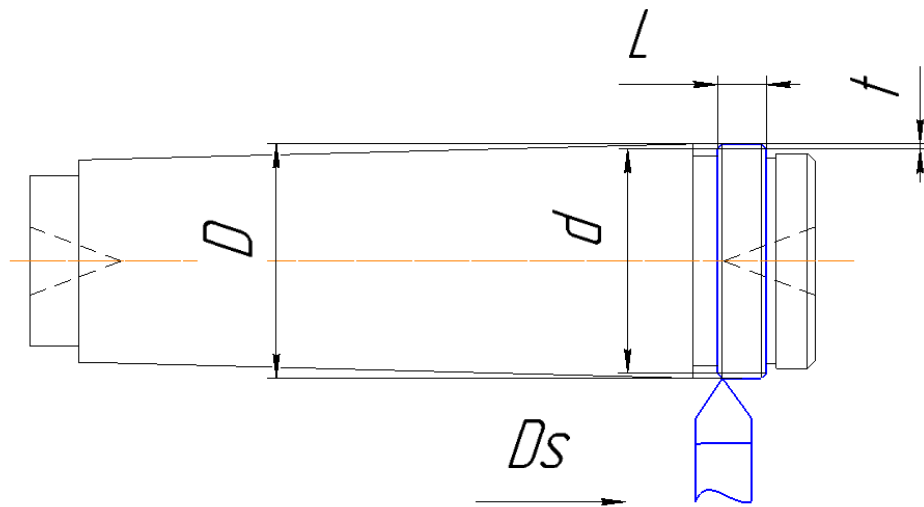
переход 10 – нарезание резьбы: (черновой проход)

$$t_0 = \frac{(l + l_{ep} + l_{nep} + l_{подс}) \cdot i}{S_m} = \frac{(10 + 1,7 \cdot \operatorname{tg} 60^\circ + 1 + 1) \cdot 4}{750} = 0,066 \text{ мин.}$$



переход 11 – нарезание резьбы: (черновой проход)

$$t_0 = \frac{(l + l_{ep} + l_{nep} + l_{подс}) \cdot i}{S_m} = \frac{(10 + 1,7 \cdot \operatorname{tg} 60^\circ + 1 + 1) \cdot 1}{750} = 0,016 \text{ мин.}$$



Шлифовальная операция :

Основное время круглошлифовальной операции определяется по формуле:

$$t_o = \frac{L}{S_B \cdot B_K \cdot n_d} i \cdot K, \text{ мин.}$$

где z – припуск на сторону, мм;

K – коэффициент учитывающий время выхаживания;

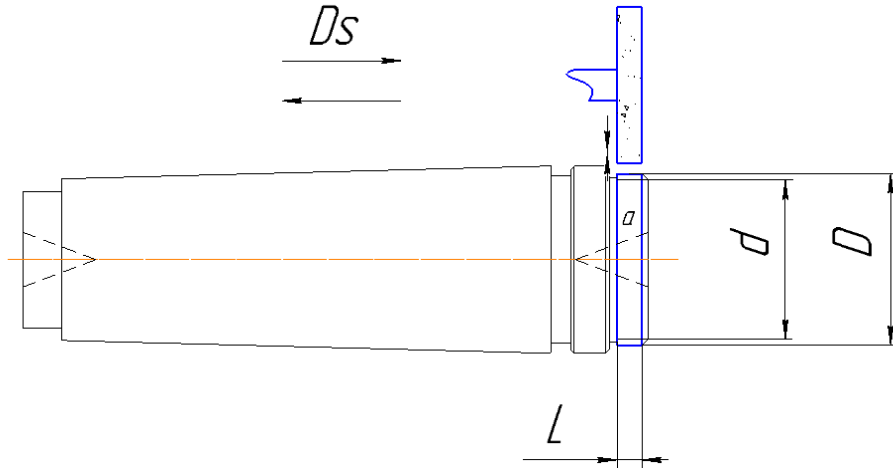
Принимают для чистового шлифования: $K = 1,25 \dots 1,5$;

n_{∂} - частота вращения детали, об/мин;

переход 1 – предварительно шлифовать шейку Ø44 мм:

$$i = \frac{a}{S_{2x}} = \frac{0,5}{0,031} = 16;$$

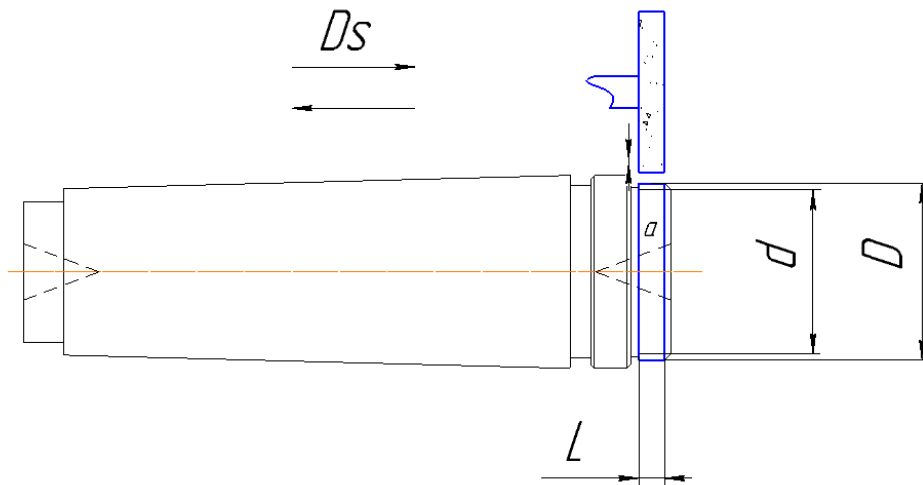
$$t_0 = \frac{L}{S_B \cdot B_k \cdot n_{\partial}} \cdot i \cdot K = \frac{8 \cdot 16 \cdot 1,25}{0,57 \cdot 10 \cdot 200} = 0,14 \text{ мин.}$$



переход 2 – окончательно шлифовать шейку Ø44 мм:

$$i = \frac{a}{S_{2x}} = \frac{0,3}{0,031} = 10;$$

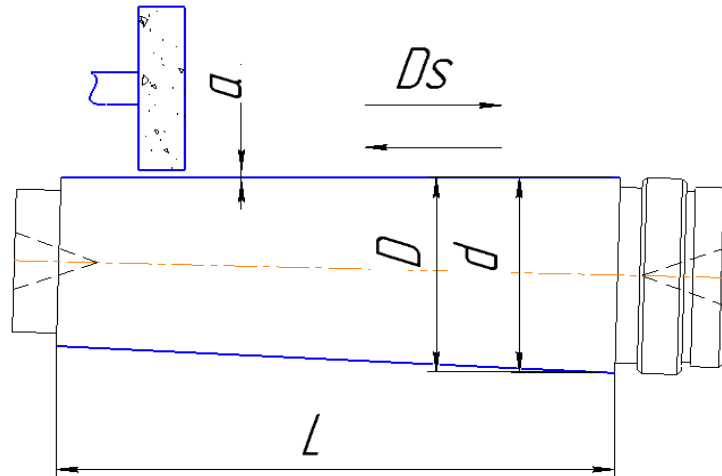
$$t_0 = \frac{L}{S_B \cdot B_k \cdot n_{\partial}} \cdot i \cdot K = \frac{8 \cdot 10 \cdot 1,25}{0,28 \cdot 10 \cdot 200} = 0,17 \text{ мин.}$$



переход 3 – предварительно шлифовать конус Ø44,7 мм:

$$i = \frac{a}{S_{2x}} = \frac{0,5}{0,031} = 16;$$

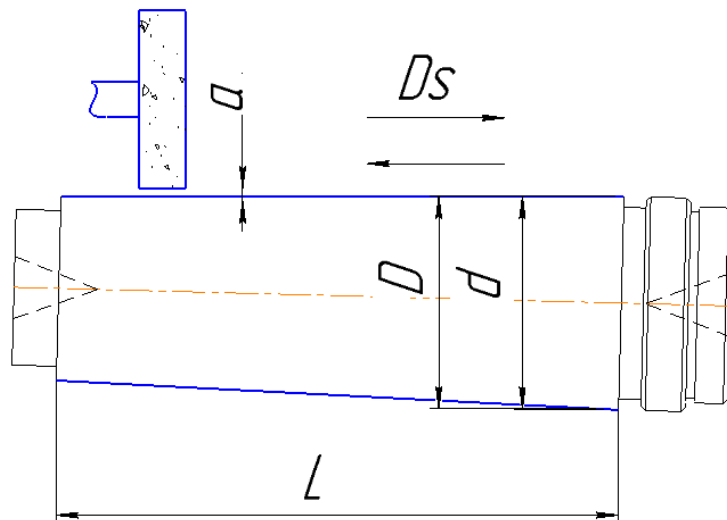
$$t_0 = \frac{L}{S_B \cdot B_k \cdot n_D} \cdot i \cdot K = \frac{121 \cdot 16 \cdot 1,25}{0,57 \cdot 100 \cdot 200} = 0,21 \text{ мин.}$$



переход 4 – окончательно шлифовать конус Ø44,7 мм:

$$i = \frac{a}{S_{2x}} = \frac{0,44}{0,031} = 15;$$

$$t_0 = \frac{L}{S_B \cdot B_k \cdot n_D} \cdot i \cdot K = \frac{121 \cdot 15 \cdot 1,25}{0,28 \cdot 100 \cdot 200} = 0,4 \text{ мин.}$$



2. КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

Целью конструкторской части является разработка приспособления для одной из операций механо – обработки.

Разрабатываем приспособление для фрезерной операции

2.1. Описание работы приспособления

Приспособление применяется для закрепления детали с помощью пневматического привода.

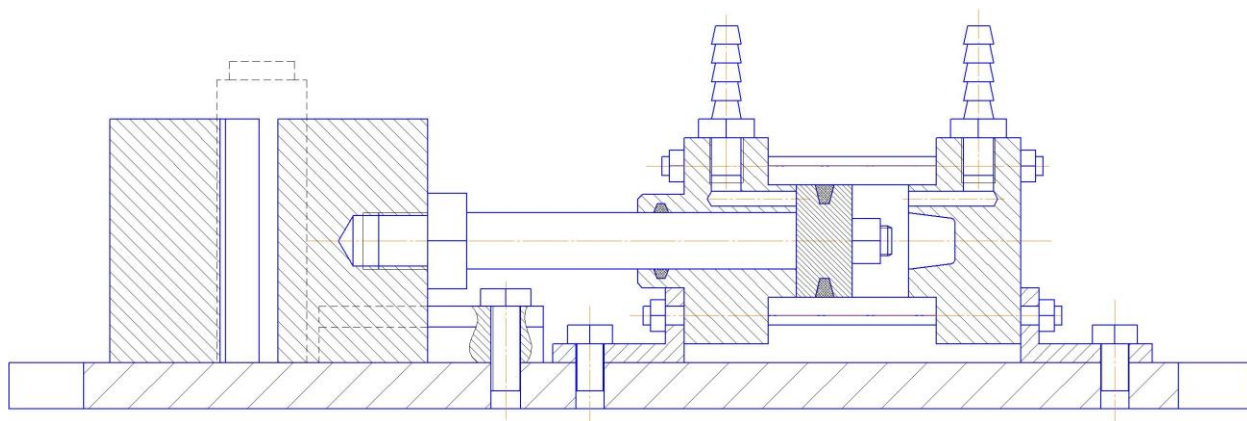


Рис 19 Специальное приспособление

Приспособление механизированное, обладает силовым узлом с пневматическим приводом. Используется для выработки исходной силы закрепления N и удержания заготовки без помощи рабочего. Приводятся в действие при подаче сжатого воздуха под постоянным давлением из пневмосистемы.

2.2. Определение силы закрепления заготовки.

Необходимо, чтобы сила закрепления предотвращала какие либо перемещения детали, на протяжении всей операции.

В практических расчетах величину силы резания, найденную расчетным путем, несколько приувеличивают, по средствам умножения на коэффициент запаса закреплений k . Который находится по следующей формуле:

$$k = k_0 \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times k_5 \quad (2.1)$$

где: k_0 – гарантированный коэффициент запаса (принимают $k_0 = 1,5$);

k_1 – коэффициент, который учитывает неравномерность припуска по

обрабатываемой поверхности заготовки. (для черновой обработки $k_1 = 1,2$; для чистовой обработки $k_1 = 1$);

k_2 – коэффициент, который учитывает силы резания, увеличивающейся, когда происходит затупление инструмента.

k_3 – коэффициент, который учитывает рост силы резания при обработке прерывистых поверхностей

k_4 – коэффициент, который учитывает непостоянство силы зажима

k_5 – коэффициент, который учитывается только при наличии моментов, стремящихся повернуть заготовку и сместить ее.

$$k=1,5 \times 1 \times 1,8 \times 1,2 \times 1 \times 1 = 3,2$$

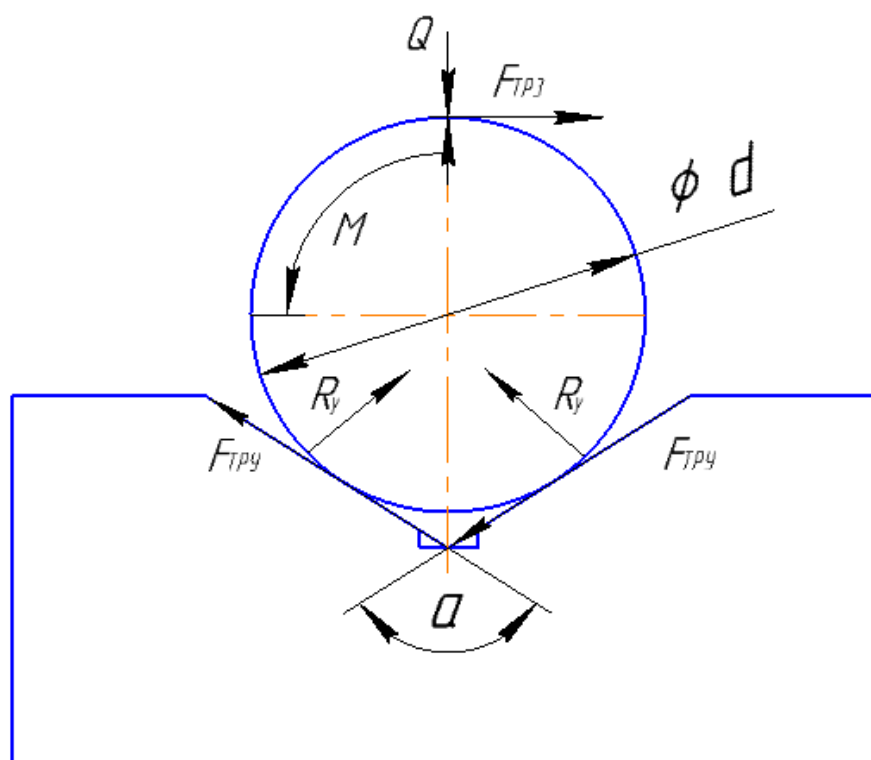


Рис- 20 Расчетная схема по определению требуемой силы закрепления заготовки при её установке в призму: α – угол призмы;

Q – сила закрепления;

M – момент сил резания, действующий на заготовку;

R_y – реакция установочной поверхности призмы;

R_z – реакция поверхности зажимного элемента;

$F_{тр,з}$ – сила трения по зажимному элементу;

$F_{тр,y}$ – сила трения по установочному элементу.

Заготовка контактирует наружной поверхностью с установочными поверхностями призмы с одной стороны, и с подвижной зажимной призмой с другой. Заготовка удерживается от проворота за счет сил трения, на торце заготовки сил трения нет.

Уравнение равновесия будет иметь следующий вид:

$$kM - 2F_{mp,y} \frac{d}{2} - F_{mp,z} \frac{d}{2} = 0$$

$$kM = 2f_y R_y \frac{d}{2} + f_z R_z \frac{d}{2} = 0$$

$$R_y = \frac{Q}{2} \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \quad R_z = Q$$

Из этого следует:

$$Q = \frac{kM}{f_y \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + f_z} = \frac{2kM}{d(f_y \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + f_z)} = \frac{2 \cdot 3.2 \cdot 5.5}{23.94(0.18 \frac{1}{0.8} + 0.3)} = 125H$$

f_z - коэффициент трения по зажимному элементу.

f_y - коэффициент трения по установочному элементу.

2.3. Выбор и расчет привода зажимного устройства

В качестве привода зажимного устройства применяем пневмоцилиндр двустороннего действия.

Пневматические приводы предназначены для обеспечения необходимых усилий и скоростей рабочих органов, экономичности, надежности и долговечности, безопасности и быстродействия при использовании сжатого воздуха с заданными параметрами и при заданных условиях эксплуатации.

Определяем усилия на штоке пневмоцилиндра:

Принимаем предварительно диаметр мембраны 50 мм

Для поршневых пневмоцилиндров

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \cdot p \cdot \eta \quad (2.11)$$

где Q – усилие на штоке;

D -диаметр цилиндра (мм);

p – давление сжатого воздуха, (МПа);

η - коэффициент полезного действия цилиндра, ($\eta=0,85\dots0,9$)

Усилие на штоке:

$$Q = \frac{3.14 \cdot 2500}{4} \cdot 0.4 \cdot 0.85 = 667 \text{ Н}$$

Усилие на штоке превышает потребное усилие зажима, условие выполняется.

$$W_{\text{расч}} > W_{\text{потреб}}$$

2.4. Расчет приспособления на точность

Определяем необходимую точность приспособления для обеспечения следующих требований и размеров:

допуск не более 0,28 мм ;

На точность обработки влияет ряд технологических факторов, вызывающих общую погрешность обработки ε_0 , которая не должна превышать допуск δ , выполняемого размера при обработке заготовки, т.е.

$$\varepsilon_0 \leq \delta$$

Определим необходимую точность приспособления, исходя из формулы, изложенной в [4, с. 151]:

$$\varepsilon_{np \leq \delta} = k_T \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_\delta)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_u^2 + (k_{T2} \cdot \omega)^2}$$

где:

$\delta=0,36$ мм – допуск выполняемого размера.

$k_T=1,2$ – коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения, величин от закона нормального распределения,

$k_{T2}=0,8$ – коэффициент, учитывающий уменьшение предельного

значения погрешности

базирования при работе на настроенных станках,

$k_{T2}=0,6$ – коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами, не зависящими от приспособления,

$\varepsilon_{\delta}=0$ погрешность базирования заготовки в приспособлении

$\varepsilon_{з}=0,07\text{мм}$ – погрешность закрепления заготовки, возникающая в результате действия сил зажима, (2, с. 81);

$\varepsilon_{у}=0\text{ мм}$ - погрешность установки приспособления на станке,

$\varepsilon_{п}=0,01\text{ мм}$ – погрешность положения заготовки, возникающая в результате износа установочных элементов приспособления,

$\varepsilon_{и}=0,005\text{мм}$ – погрешность от перекоса (смещения) инструмента;

$\omega=0,11$ – экономическая точность обработки,

$\varepsilon_{пр} \leq 28-1,2$

$$\sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0,07^2 + 0,01^2 + 0,005^2 + (0,5 + 0,11)^2} = 0,075\text{мм}$$

Расчет точности показывает, что данное приспособление обеспечивает заданную точность при обработке заготовки.

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Актуальность проведения экономического анализа по оценке деловой привлекательности научной разработки обусловлена тем, что в настоящее время проведение данного анализа позволяет вовремя устранить коммерчески малоэффективные варианты, следовательно, значительно повысить вероятность коммерциализации научной разработки.

Целью данного раздела является разработка технологического процесса изготовления детали «Оправки» отвечающего современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения; перспективности и успешности научно-исследовательского проекта.

Для поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить потенциальных потребителей результатов исследования;
- проанализировать конкурентные технические решения;
- структурировать работу в рамках научного исследования;
- определить трудоемкость выполненной работы и разработать график проведения научного исследования;
- рассчитать бюджет научно-технического исследования.

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для определения покупателей исследования настоящей разработки, следует анализировать рынок и сопроводить его сегментацию потребителей, при этом становится понятно, что в настоящее время предприятий нет. Компания, которая её изготавливает и использует - НГМК "НМЗ".

3.1.2 Анализ по технологии QuaD

Технология QuaD представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

- 1) Показатели оценки коммерческого потенциала разработки.
- 2) Показатели оценки качества разработки.

В нашем случае при работе с технологией QuaD мы воспользуемся показателями оценки качества разработки.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

Для упрощения процедуры проведения QuaD рекомендуется оценку проводить в табличной форме.

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Значение P_{cp} позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя P_{cp} получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

Таблица - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Ошибка	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Ошибка! труда рабочего	0,10	85	100	0,85	0,085
2. Вид получения заготовки	0,20	90	100	0,90	0,18
3. Время изготовления детали "Оправки"	0,10	75	100	0,75	0,075
4. Качества изготовления детали "Оправки"	0,15	80	100	0,80	0,12
5. Уровень квалификации рабочего	0,10	75	100	0,75	0,075

6. Сокращения количества операций в технологическом процессе	0,05	70	100	0,70	0,035
7. Гибкость технологического процесса изготовления детали "Оправки"	0,10	85	100	0,85	0,085
8. Уровень сложности изготовления детали "Оправки"	0,05	80	100	0,80	0,04
9. Уровень автоматизации	0,05	60	100	0,60	0,03
10. Цена изделия	0,10	90	100	0,90	0,09
ИТОГО	1				0,815

Значение $P_{cp} = 81,5$ показывает, что перспективность технологического процесса изготовления детали «Оправка» на рынке является перспективной.

3.2 Комплексный анализ научно-исследовательского проекта по разработке технологического процесса изготовления детали «ОПРАВКА» по средством SWOT-анализа

Таблица – SWOT- анализ

	<p>Сильные стороны: С1. Высокая скорость фрезерования; С2. Высокая точность обработанной поверхности; С3. Повышение производительности труда пользователя; С4. Простота и удобство в эксплуатации.</p>	<p>Слабые стороны: Сл1. Возможное появление чрезвычайных ситуаций; Сл2. Притупляются режущие кромки. Сл3. Интенсивный нагрев в зоне резания</p>
<p>Возможности: В1. Использование сотрудниками НГМК «НМЗ»; В2. Уменьшение времени обработки изделий; В3. Рост числа изделий, изготовленных с помощью оправки; В4. Обеспечение безопасной дальнейшей эксплуатации.</p>	<p>В1С3. Использование базы НГМК «НМЗ» повысит производительность; В2С2С3. Уменьшение времени обработки изделий повысит производительность труда пользователя и точность обработанной поверхности; В4С1. Защитные двери со смотровым окном позволяют следить оператору за процессом обработки детали; В3С1С2. Увеличение числа изделий за счет использования всех функциональных возможностей и технических характеристик фрезы.</p>	<p>В4Сл1. Обеспечение безопасности при эксплуатации снижает риск появления чрезвычайных ситуаций; В3Сл2. Своевременная замена инструмента, или его переточка. В4Сл3. В зону резания под давлением подается смазывающая-охлаждающая жидкость .</p>
<p>Угрозы: У1. Повышение цен на материалы; У2. Ужесточение</p>	<p>У2С1С2С4. Расширение функциональных возможностей;</p>	<p>У2Сл1. Усиление защит от возникновения ЧС.</p>

требований пользователей.	У1С3. Производительность труда будет компенсировать повышение цен. У2.С4. Возможность перенастройки под соответствующие требования.	
---------------------------	--	--

Вывод: Благодаря SWOT матрице мы можем обозначить основные стратегические направления по улучшению проекта в ближайшем будущем:

- улучшение проекта на предприятии в целях увеличения качества изделий;
- обеспечение стабильной работы и защита от непреднамеренных поломок со стороны пользователя;
- повышение уровня безопасности при работе с данным проектом и обязательное соблюдение необходимых требований по безопасности;
- анализ стоимости используемых компонентов и поиск аналогов на рынке в целях снижения себестоимости продукта.
- расширение области использования проекта и обеспечение возможности модернизации;

3.3. Планирование научно-исследовательской работы

Важное значение для рациональной организации научно - исследовательской работы имеет ее планирование. Планирование научно-исследовательской работы заключается в определении структуры работы, ее трудоемкости, а также в формировании бюджета затрат.

3.4. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование ВКР включает в себя: обсуждение проблематики выбранной темы, цели работы, вопросы, которые должны быть проработаны, составления перечня работ, необходимых к выполнению, определение участников и построения графика проведения работ.

Таблица - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Подготовительный этап	1	Выбор научного руководителя бакалаврской работы	Студент
	2	Составление и утверждение темы бакалаврской работы	Научный руководитель, студент
	3	Составление календарного плана-графика выполнения бакалаврской работы	Научный руководитель
	4	Подбор и изучение литературы по технологическому проектированию	Студент
Основной этап	5	Выполнение технологической части работы	Студент
	6	Согласование выполненной технологической части с научным руководителем	Научный руководитель, студент
	7	Выполнение конструкторской части работы	Студент
	8	Согласование выполненной конструкторской части с научным руководителем	Научный руководитель, студент
Заключительный этап	9	Выполнение других частей работы	Студент
	10	Подведение итогов , оформление работы	Студент

3.5. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

Где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 1-й работы составило:

$$t_{ож1} = \frac{3 * 1 + 2 * 2}{5} = 1,4 \text{ чел.} - \text{дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 2-й работы составило:

$$t_{ож2} = \frac{3 * 2 + 2 * 3}{5} = 2,4 \text{ чел.} - \text{дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 3-й работы составило:

$$t_{\text{ож3}} = \frac{3 * 1 + 2 * 2}{5} = 1,4 \text{чел.} - \text{дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 4-й работы составило:

$$t_{\text{ож4}} = \frac{3 * 8 + 2 * 10}{5} = 8,8 \text{чел.} - \text{дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 5-й работы составило:

$$t_{\text{ож5}} = \frac{3 * 20 + 2 * 25}{5} = 22 \text{чел.} - \text{дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 6-й работы составило:

$$t_{\text{ож6}} = \frac{3 * 2 + 2 * 3}{5} = 2,4 \text{чел.} - \text{дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 7-й работы составило:

$$t_{\text{ож7}} = \frac{3 * 20 + 2 * 25}{5} = 22 \text{чел.} - \text{дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 8-й работы составило:

$$t_{\text{ож8}} = \frac{3 * 2 + 2 * 3}{5} = 2,4 \text{чел.} - \text{дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 9-й работы составило:

$$t_{\text{ож9}} = \frac{3 * 5 + 2 * 10}{5} = 7 \text{чел.} - \text{дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 10-й работы составило:

$$t_{\text{ож}10} = \frac{3*2 + 2*3}{5} = 2,4 \text{ чел.} - \text{дн.}$$

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определена продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями, по формуле:

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i},$$

где T_{p_i} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Продолжительность 1-й работы:

$$T_{p1} = \frac{1,4}{1} = 1,4 \text{ раб.дн.}$$

Продолжительность 2-й работы:

$$T_{p2} = \frac{2,4}{2} = 1,2 \text{ раб.дн.}$$

Продолжительность 3-й работы:

$$T_{p3} = \frac{1,4}{1} = 1,4 \text{ раб.дн.}$$

Продолжительность 4-й работы:

$$T_{p4} = \frac{8,8}{1} = 8,8 \text{ раб.дн.}$$

Продолжительность 5-й работы:

$$T_{p5} = \frac{22}{1} = 22 \text{ раб.дн.}$$

Продолжительность 6-й работы:

$$T_{p6} = \frac{2,4}{2} = 1,2 \text{ раб.дн.}$$

Продолжительность 7-й работы:

$$T_{p7} = \frac{22}{1} = 22 \text{ раб.дн.}$$

Продолжительность 8-й работы:

$$T_{p8} = \frac{2,4}{2} = 1,2 \text{ раб.дн.}$$

Продолжительность 9-й работы:

$$T_{p9} = \frac{7}{1} = 7 \text{ раб.дн.}$$

Продолжительность 10-й работы:

$$T_{p10} = \frac{2,4}{1} = 2,4 \text{ раб.дн.}$$

3.6. Разработка графика проведения научного исследования

С целью построения ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта длительность каждого из этапов работ из рабочих дней переведена в календарные дни. Для этого была использована следующая формула:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определен по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Коэффициент календарности в 2017 году составил:

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 105 - 14} = 1,48$$

Продолжительность выполнения 1-й работы в календарных днях

$$T_{\text{к1}} = 1,4 * 1,48 = 2 \text{ кал.дн.}$$

Продолжительность выполнения 2-й работы в календарных днях

$$T_{\text{к2}} = 1,2 * 1,48 = 2 \text{ кал.дн.}$$

Продолжительность выполнения 3-й работы в календарных днях

$$T_{\text{к3}} = 1,4 * 1,48 = 2 \text{ кал.дн.}$$

Продолжительность выполнения 4-й работы в календарных днях

$$T_{\text{к4}} = 8,8 * 1,48 = 13 \text{ кал.дн.}$$

Продолжительность выполнения 5-й работы в календарных днях

$$T_{\text{к5}} = 22 * 1,48 = 33 \text{ кал.дн.}$$

Продолжительность выполнения 6-й работы в календарных днях

$$T_{\text{к6}} = 1,2 * 1,48 = 2 \text{ кал.дн.}$$

Продолжительность выполнения 7-й работы в календарных днях

$$T_{\text{к7}} = 22 * 1,48 = 33 \text{ кал.дн.}$$

Продолжительность выполнения 8-й работы в календарных днях

$$T_{\text{к8}} = 1,2 * 1,48 = 2 \text{ кал.дн.}$$

Продолжительность выполнения 9-й работы в календарных днях

$$T_{к9} = 7 * 1,48 = 10 \text{ кал.дн.}$$

Продолжительность выполнения 10-й работы в календарных днях

$$T_{к10} = 2,4 * 1,48 = 4 \text{ кал.дн.}$$

Все рассчитанные значения необходимо свести в таблицу

Таблица - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} чел-дни	t_{max} Ошибка	$t_{ожв}$ чел-дни			
Выбор научного руководителя бакалаврской работы	1	2	1.4	Студент	1.4	2
Составление и утверждение темы бакалаврской работы	2	3	1.2	Научный руководитель, студент	1.2	2
Составление календарного плана-графика выполнения бакалаврской работы	1	2	1.4	Научный руководитель	1.4	2
Подбор и изучение литературы по технологическому	8	10	8.8	Студент	8.8	13

проектированию						
Выполнение технологической части работы	20	25	22	Студент	22	33
Согласование выполненной технологической части с научным руководителем	2	3	1.2	Научный руководитель, студент	1.2	2
Выполнение конструкторской части работы	20	25	22	Студент	2.2	33
Согласование выполненной конструкторской части с научным руководителем	2	3	1.2	Научный руководитель, студент	1.2	2
Выполнение других частей работы	5	10	7	Студент	7	10
Подведение итогов , оформление работы	2	3	2.4	Студент	2.4	4

3.7. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ учтены следующие виды расходов:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);

- накладные расходы.

3.7.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат произведен по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{расхi} ,$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

Π_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для разработки технологического процесса изготовления детали «Оправка», представлены в таблице.

Таблица. Материальные затраты, необходимые для разработки технологического процесса изготовления детали «Оправка»

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Z _м), руб.
Ручка	шт.	3	30,0	90,0
Карандаш	шт.	4	10,0	40,0
Ластик	шт.	3	10,0	30,0
Бумага офисная	л.	500	0,3	150,0
USB-накопитель	шт	1	340,0	340,0
Бумага ватман Формата А1	л	6	25,0	150,0
Ежедневник	шт	1	200,0	200,0
ИТОГО:				1000

Материальные затраты на выполнение научно-технического исследования составили 1000 рублей.

3.7.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научного руководителя и студента. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы приводится в таблице. Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле

$$Z_{осн} = T_p \cdot Z_{дн}$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d},$$

где Z_M – месячный
работника, руб.;

должностной оклад

М – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб.дня М =11,2 месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней

М=10,4 месяца, 6-дневная неделя;

F_д – действительный годовой фонд рабочего времени научно- технического персонала, раб.дн.

Месячный должностной оклад работника:

где Z_{тс} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$$Z_m = Z_{тс} * (1 + k_{пр} + k_d) * k_p,$$

k_{пр} – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_{тс});

k_д – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15- 20 % от Z_{тс});

k_р – районный коэффициент, равный 1,3 (город Томск).

Месячный должностной оклад руководителя темы, руб.:

$$Z_m = 19500 \cdot (1 + 0,3 + 0,3) \cdot 1,3 = 40560$$

Месячный должностной оклад студента, руб.:

$$Z_m = 17000 \cdot (1 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,3 = 26520$$

Таблица – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студен
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	118	118
- выходные	14	14
- из них праздничные дни		
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	24

- невыходы по болезни	10	15
Действительный годовой фонд рабочего времени	189	208

Месячный должностной оклад руководителя темы, руб.:

$$З_{\text{дн}} = \frac{40560 \cdot 10,4}{189} = 2231,9$$

Месячный должностной оклад студента, руб.:

$$З_{\text{дн}} = \frac{26520 \cdot 11,2}{208} = 1428$$

Основная заработная плата руководителя темы составила:

$$З_{\text{осн}} = 2231,9 \cdot 8 = 17855,2$$

Основная заработная плата студента составила:

$$З_{\text{осн}} = 1428 \cdot 101 = 144228$$

Таблица - Расчет основной заработной плат

Исполнители	З _{тс} , тыс. руб.	к _{пр}	к _д	к _р	З _м , тыс. руб.	З _{дн} , тыс. руб.	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , тыс. руб.
Руководитель	19,5	0,3	0,3	1,3	40560	2231,9	8	17855,2
Бакалавр	17,0	0,2	0,2	1,3	26520	1428	101	144228
ИТОГО З_{осн}								162083

3.7.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Следовательно, дополнительная заработная плата научного руководителя будет равной: $Z_{доп} = 0,12 \cdot 17855,2 = 2142,6$

Дополнительная заработная плата студента составила:

$$Z_{доп} = 0,12 \cdot 144228 = 17307,3$$

3.7.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп})$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2018 год установлен размер страховых взносов равный 30%.

Таблица - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель темы	17855,2	2142,6
Студент	144228	1730,7
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30%	
Итого	54460	

3.7.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, размножение материалов и т.д.

Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\Sigma \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}}$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, накладные расходы равны:

$$Z_{\text{накл}} = 235993 \cdot 0,16 = 37759 \text{ рублей}$$

3.7.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице.

Наименование статьи	Сумма, руб.	Доля затрат
Материальные затраты НТИ	1000	0,0036
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	162083	0,59
Затраты по дополнительной заработной плате исп. темы	19450	0,070

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	54460	0,198
Накладные расходы	37759	0,137
Бюджет затрат НИИ	274752	1

Бюджет затрат на выполнение научно-исследовательской работы составил 274752 рублей.

3.8 Определение эффективности исследования

В данном технологическом процессе в качестве исходной заготовки выбран прокат (Сталь 40Х ГОСТ 4543-71), что позволяет максимальную использование и значительно сократит расход на сырье. При этом время изготовления заготовки очень короткое, так как оно получается с помощи одной операции отрезки. За счёт правильной постановки последовательности технологических операций добывается минимальный время изготовления детали. В целом значение $P_{cp} = 81,5$ показывает, что перспективность технологического процесса изготовления детали «Оправка» на рынке является перспективным.

В рамках планирования научной работы была составлена структура работ, разработка графика этих работ и определение их трудоемкости. По календарному плану-графику проведения ВКР видно, что начало работы было во второй половине декады февраля. По графику видно, что некоторые виды работы выполняются 3 декады в одном месяце. Такие работы, как составление и утверждение темы работы, выбор объекта исследования и согласование работы, выполнялись двумя исполнителями. Окончание работы во второй половине третий декады мая. Далее был определен бюджет исследования, который составил 274752 рублей.

3.9 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности произведено на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его

нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в ходе оценки бюджета затрат вариантов исполнения научного исследования. Интегральный финансовый показатель разработки определен как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Для определения интегрального показателя финансовой эффективности использована оценка бюджета затрат вариантов исполнения технологического процесса изготовления детали «Оправка». Экспертная оценка бюджета затрат исполнения базового технологического процесса составляет 299000 руб.

Интегральный финансовый показатель составил:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}} \frac{274752}{274752} = 1$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}} \frac{299000}{274752} = 1.1$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает численное превышение бюджета затрат разработки в размах базового технологического процесса.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования определен следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице.

Таблица Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

исследования Критерии	Объект	Весовой коэффициент параметра	Ошибка! технологический процесс	Базовый технологический процесс
1. Способствует росту производительности труда пользователя		0,1	4	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)		0,15	4	2
3. Безопасность		0,20	5	3
4. Энергосбережение		0.15	4	3
5. Надежность		0,25	4	4
6. Материалоемкость		0,15	4	4
ИТОГО		1		

$$I_{p-исп1} = 4*0,1 + 4*0,15 + 5*0,20 + 4*0,15 + 4*0,25 + 4*0,15 = 4,2;$$

$$I_{p-исп2} = 3*0,1 + 2*0,15 + 3*0,15 + 3*0,2 + 4*0,25 + 4*0,15 = 2,71;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i.}$) определен на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}}$$

$$I_{исп1} \frac{4.2}{1} = 4.2 \quad I_{исп2} \frac{2.71}{1.1} = 2.5$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволило определить сравнительную эффективность проекта (таблица 25). Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad \text{Таблица – Сравнительная эффективность разработки}$$

п/п	Показатели	Разработанный технологический процесс	Базовый технологический процесс
	Интегральный финансовый показатель разработки	1	1.1
	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4.2	2.71
	Интегральный показатель эффективности	4.2	2,5
	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,68	1,54

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволило выбрать более эффективный вариант исполнения научного исследования с позиции финансовой и ресурсной эффективности разработанный в рамках выпускной квалификационной работы технологический процесс изготовления детали «Оправка».

Таким образом, в результате проведенных исследований, установлено, что разработанный технологический процесс изготовления детали «Оправка» экономичен, энергоэффективен, характеризуется низкой металлоемкостью, высокой производительностью труда, в связи с чем, считаю, данный научно-исследовательский проект конкурентоспособным.

4. Социальная ответственность.

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места в соответствии с нормами производственной санитарии, техники производственной безопасности и охраны окружающей среды. В данной работе рассмотрен цех по производству деталей типа «Оправка». Он состоит из основного помещения на первом этаже здания, где располагается металлорежущие оборудование и вспомогательные помещения (раздевалки, инструментальный склад, склад готовой продукции, склад ГСМ, туалет, кабинеты ИТР и ОТК). При проектировании рабочего помещения должны быть учтены освещенность, температура, влажность, давление, наличие вредных веществ, электрической опасности и другие санитарно-гигиенические требования к организации рабочих мест. При проектировании механического цеха необходимо уделить внимание и охране окружающей среды. Также необходимо учитывать возможность чрезвычайных ситуаций. Наиболее вероятной ЧС является мороз. Так же, одной из возможных ЧС может быть несанкционированное проникновение.

4.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

В цеху, где находятся различные электроустановки, станки, а также используется СОЖ и различные смазывающие масла, могут быть следующие вредные факторы, а именно - наличие: а) непригодного микроклимата; б) вредных веществ; в) производственного шума; г) неправильной или недостаточной; д) электрическая опасность; е) движущиеся машины и механизмы

4.2 Микроклимат

Микроклимат в производственном цеху определяется такими параметрами как:

1) температура воздуха; 2) относительная влажность воздуха; 3) скорость движения воздуха.

При высокой температуре в помещении происходит повышенный приток крови к поверхности тела, обильное потоотделение и вследствие потеря жидкости организмом. При низкой температуре на рабочем месте, приток крови к

поверхности тела замедляется, повышается вероятность переохлаждения организма. В обоих случаях снижается работоспособность и внимание, что может привести к несчастному случаю.

Повышенная влажность воздуха ($\phi > 85\%$) затрудняет терморегуляцию организма, т.к. происходит снижения испарения пота, а пониженная влажность ($\phi < 20\%$) вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей. Оптимальные и допустимые показатели микроклимата в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 1 [ГОСТ 12.1.005-88].

Для обеспечения оптимальных и допустимых показателей микроклимата в холодный период года следует применять меры по недопущению чрезмерного охлаждения помещения через окна и двери и проезды. (установка пластиковых окон, утепление дверей, установка воздушных завес). В теплый период года необходимо предусмотреть защиту от попадания прямых солнечных лучей (установка жалюзи), возможность проветривания помещения. Работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа, относящаяся к обслуживанию металлообрабатывающих станков, относится к категории средних работ. Допустимые значения микроклимата для этого случая даны в таблице 1.

Таблица 1 - Требования к микроклимату

Период года	Категория работ	Температура воздуха,		Относительная влажность	Скорость	
		Диапазон ниже	Диапазон выше		Если $t^\circ <$	Если $t^\circ >$
	16	19-20	23-24	15-75	0,1	0,2
	16	15-28	24-28	20-80	0,1	$< 0,5$

Одними из главных мероприятий по достижению оптимального микроклимата и состава воздуха в производственных цехах являются правильный воздухообмен в помещении. При проектировании систем отопления и вентиляции механических

цехов основными вредными производственными факторами являются пары смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) и технологических смазок (ТС), абразивная и металлическая пыль, выделяющиеся в процессе станочной обработки металлов резанием.

Отопление механических цехов следует предусматривать водяное, паровое, воздушное или с нагревательными приборами. Местные вытяжные системы, удаляющие от станков пыль и аэрозоль СОЖ, должны быть отдельными и снабжены сепараторами с дренажными устройствами.

4.3 Вредные вещества

Основными вредными веществами в металлообрабатывающем цехе являются технологические масла (ТС), и смазывающе-охлаждающая жидкость (СОЖ).

Пары этих жидкостей не должны превышать норм содержания в воздухе гигиенических нормативов «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны», утвержденным Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 27 апреля 2003 г. Таблица 2 – Токсичность приоритетных компонентов СОЖ и продуктов их термоокислительной деструкции

Вещества	ПДК, мг/м ³	Класс опасности
Акриловая кислота	5,0	3
Акролеин	0,2	2
Аммиак	20	4
Ацетон	200	4
Бутадиен	100	4
Бутилакрилат	10	3
Винилацетат	0,2	2
Гексахлоридан	0,08	1
Дихлорэтан	10	2
метанол	5,0	3
Метатиол	0,8	2

Метилакрилат	5,0	3
Метилпропионат	10,0	3
Масляный альдегид	5,0	3
Метилпропионат	0,7	2
Минеральное масло	5,0	3
Метилнафталин	20,0	4
Меркаптан	0,1	1
Сероуглерод	10,0	2
Сера	6,0	4
Свинец	0,01	1
Сернистый газ	10,0	3
Нитрит натрия	50,	3
Тетрахлорэтан	5,0	3
Трихлорэтан	20,0	4
Тетрахлорметан	20,0	2
Углерод окид	20,0	4
Уксусная кислота	5,0	3
Фенол	0,3	2
Формальдегид	0,8	2
Этанол	1000	4
Этилметакрилат	0,048	1
Хлор	1,0	2
Хром3+	1,0	3
Хром6+	0,01	1
Хлористый водород	5,0	2
Бензол	5,0	2

Средствами защиты вредных веществ могут служить:

- автоматизация технологического процесса;
- механическая вентиляция помещения;
- герметизация оборудования;
- СИЗ (респираторы, спецодежда, перчатки, защитные очки и др.)

4.4 Производственный шум

ПДУ шума - это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья человека.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 85 дБА.

Основные источники шума при работе оборудования:

- двигатели приводов;
- зубчатые передачи;
- подшипники качения;
- неуравновешенные вращающиеся части станка;
- силы инерции, возникающие из-за движения деталей механизмов станка с переменными ускорениями;
- трение и соударение деталей в сочленениях вследствие неизбежных зазоров;

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ.

СКЗ:

- устранение причин шума или существенное его ослабление;
- изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения.

Используют шумопоглощающие навесные элементы в районе потолка, элементы и панели в верхней части стен, а также шумопоглощающие напыления на стены и пол (звукопоглощающий, иглопробивной материал из пенополиэтилена и акустический войлок). В качестве материала шумоизоляции используют вспененные синтетические материалы (газонаполненный пластик,

пенополиэстр, пенополиуретан, пенополиэтилен, пенополипропилен) Для виброизоляции – использование в станках виброизолирующих опор (пружинных и резиновых).;

- применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения по цеху;

СИЗ:

- В качестве индивидуальных средств защиты от шума используют специальные наушники, вкладыши в ушную раковину, противозумные каски, защитное действие которых основано на изоляции и поглощении звука.

(ГОСТ 12. 4. 011-89 ССБТ).

4.5 Расчет освещенности цеха.

При недостаточной освещенности и плохом качестве освещения состояние зрительных функций человека находится на низком исходном уровне, повышается утомление зрения в процессе выполнения работы, возрастает риск производственного травматизма. С другой стороны, существует опасность отрицательного влияния на органы зрения слишком большой яркости (блескости) источников света, а также больших перепадов яркости соседних объектов. Следствием этого является временное нарушение зрительных функций глаза (явление слепимости) со всеми, вытекающими отсюда негативными последствиями, нежелательными как для качества трудовой деятельности, так и для самого человека.

В то же время рациональное освещение производственных помещений оказывает положительное психофизиологическое воздействие на работающих, способствует повышению производительности труда, обеспечению его безопасности, сохранению высокой работоспособности человека в процессе труда.

Естественное освещение в цеху.

-боковым (оконные проемы расположены в наружных стенах);

-верхним (световые проемы расположены в крыше);

-совмещенным (сочетание бокового и верхнего).

Искусственное освещение делится на общее, местное и комбинированное. Предусматривается также аварийное, эвакуационное, охранное и дежурное освещение. Применение одного местного освещения на производстве не допускается.

Использование одновременно естественного и искусственного освещения для больших объемов помещения также не допускается.

Нормирование искусственной освещенности производится согласно СНиП 23.05-95 с учетом разряда и подразряда зрительных работ (размеры объекта различения, цвет фона, величина контраста между объектом и фоном), типа освещения (общее или комбинированное) и типа светильников (лампы накаливания или люминесцентные лампы).

Выбор системы освещения предполагает учет большого количества факторов. Выбор системы освещения включает и решение вопроса о размещении выбранных источников света над производственной площадью с учетом условий крепления или подвеса, дальности действия, допустимой высоты подвеса, мощности и т.п. Большую роль здесь играют конструктивные особенности здания или сооружения.

При выборе источника света предварительно решают вопрос о его виде.

Существуют следующие виды источников света (ИС) производственного назначения: лампы накаливания, люминесцентные лампы, разрядные лампы высокого давления, ксеноновые лампы, лампы для специального облучения.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения $A = 18$ м, ширина $B = 6$ м, высота = 3 м.

Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 0,8$ м.

Площадь помещения:

$$S = A \cdot B,$$

где A – длина, м;

B – ширина, м.

$$S = 18 \cdot 6 = 108 \text{ м}^2$$

Воспользуемся таблицей 4.8 из Практикума по Безопасности жизнедеятельности Ю.В. Бородина (Изд-во ТПУ, 2009) «Нормы освещённости на рабочих местах производственных помещений при искусственном освещении (по СНиП 23-05-95)».

Отсюда определим, что имеем характеристику работы малой точности (т.к. характер выполняемой работы от 1,5 до 5,0 мм), разряд зрительной работы V. Определим нормируемую минимальную освещенность при системе общего освещения $E_H = 300$ Лк.

По таблице 4.9 из той же литературы найдем коэффициент запаса

- $K_3 = 2$ (т.к. у нас большое кол-во пыли в помещении, исходя из таблицы 2).

- Коэффициент неравномерности $Z = 1,1$, т.к. у нас люминесцентные лампы.

Значения коэффициентов отражения потолка и стен у нас не заданы, выберем их из таблицы 4.10 (примем то, что у нас в помещении чистый бетонный потолок и стены бетонные с окнами), тогда

- $\rho_{\text{п}} \% = 50$, $\rho_{\text{ст}} \% = 50$.

Рассчитываем систему общего люминесцентного освещения.

Выбираем светильники типа ПВЛ (таблица 4.11) – поскольку у нас большое количество пыли в помещении, $\lambda = 1,5$ (таблица 4.7).

Приняв $h_{\text{с}} = 0,5$ м, получаем $h = 3 - 0,5 - 0,8 = 1,7$ м;

$L = \lambda \cdot H = 1,5 \cdot 1,7 = 2,55$ м; $L/3 = 0,85$ м.

Размещаем светильники в три ряда. В одном ряду можно установить 9 светильников типа ПВЛ мощностью 80 Вт (с длиной 1531 мм), при этом разрывы между светильниками в ряду составят 31 см.

Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении $N = 54$.

Находим индекс помещения

$$i = S / (h \cdot (A + B)) = 18 \cdot 6 / (3 \cdot (18 + 6)) = 1,5.$$

По табл. 4.11 определяем коэффициент использования светового потока:

$$\eta = 33\% = 0,33.$$

Световой поток

$$\Phi = E_H \cdot S \cdot K_3 \cdot Z / (N \cdot \eta).$$

$$\Phi = E_H \cdot S \cdot K_3 \cdot Z / (N \cdot \eta) = 300 \cdot 18 \cdot 6 \cdot 2 \cdot 1,1 / (54 \cdot 0,33) = 4000 \text{ Лм.}$$

Определяем потребный световой поток ламп в ряду

По табл. 4.1 выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛД-80 Вт с потоком 4250 Лм. Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% < ((\Phi_{\text{л стандарт}} - \Phi_{\text{л расч}}) / \Phi_{\text{л стандарт}}) \cdot 100\% < + 20\%.$$

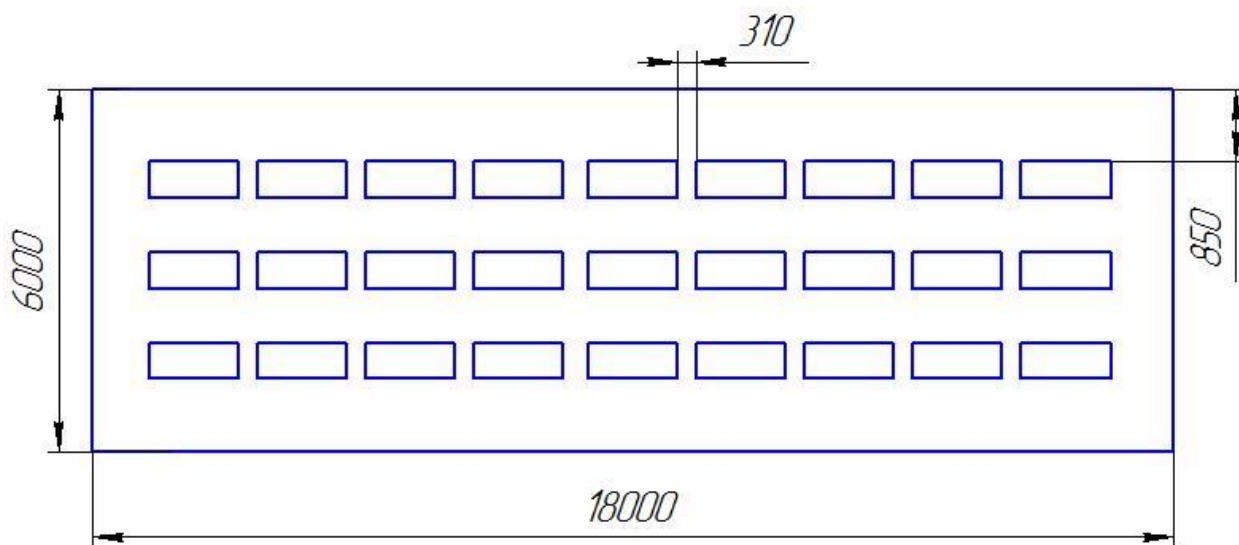
$$-10\% < ((4250 - 4000) / 4250) \cdot 100\% < + 20\%.$$

$$-10\% < 5,88\% < + 20\%.$$

По условиям проходит.

Определяем электрическую мощность осветительной установки

$$P = 54 \cdot 80 = 4320 \text{ Вт.},$$



4.6 Электрическая безопасность

Электробезопасность представляет собой систему мер и мероприятий, направленных на защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока. Электроустановки разделяют по напряжению: с напряжением до 1000 В (помещения без повышенной опасности), до 1000 В с присутствием агрессивной среды (помещения с повышенной опасностью) и свыше 1000 В (помещения особо опасные). В отношении опасности поражения людей электрическим током различают:

Механический цех можно отнести к помещениям с повышенной опасностью, в котором существуют такие условия как: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.

Для защиты персонала от поражающего действия электрического тока применяют специальные защитные средства.

Все изолирующие защитные средства делятся на:

а) основные защитные средства; б) дополнительные защитные средства.

В электроустановках напряжением до 1000 вольт:

- электрические перчатки;
- инструмент с изолированными рукоятками;
- указатели напряжения.

Дополнительными называются такие защитные средства, которые сами по себе не могут при данном напряжении обеспечить безопасность от напряжения током. Они являются дополнительной к основным средствам мерой защиты.

В электроустановках напряжением до 1000в:

- диэлектрические галоши;
- диэлектрические резиновые коврики;
- изолирующие подставки.

Основные и дополнительные защитные средства при всех операциях должны применяться совместно друг с другом. Средства коллективной защиты в механическом цехе от поражающего действия тока:

1. Защитное заземление — принудительное соединение с землей оборудования, которые, обычно, не находятся под напряжением, но которые могут оказаться под напряжением в силу разных обстоятельств

Назначение заземления — устранение опасности поражения людей электрическим током при появлении напряжения частях электрооборудования.

2. Зануление. Занулением называется присоединение к неоднократно заземленному нулевому проводу питающей сети корпусов и других металлических частей электрооборудования, которые нормально не находятся под напряжением. Задача зануления та же, что и защитного заземления: устранение опасности поражения людей током при пробое на корпус. Решается эта задача автоматическим отключением поврежденной установки от сети.

3. Защитное отключение. Защитным отключением называется устройство, быстро (не более 0,2 с) автоматически отключающее участок электрической сети при возникновении в нем опасности поражения человека током.

Основными частями являются прибор защитного отключения и автоматический выключатель. Защитное устройство отключения, которое реагирует на изменение напряжение корпуса относительно земли, если оно окажется выше некоторого предельно допустимого значения $U_{к.доп}$, вследствие чего прикосновение к корпусу становится опасным. Предназначено устранить поражения электрическим током при появлении на заземленном или зануленном корпусе повышенного напряжения. Эти устройства являются дополнительной мерой защиты к заземлению или занулению.

4. Защитные ограждения. К ограждениям и оболочкам относятся защитные устройства, предназначенные для предотвращения прикосновения и приближения людей к токоведущим частям, находящимся под напряжением.

Ограждение токоведущих частей, как правило, предусматривается конструкцией электрооборудования. Электрические машины, аппараты и

приборы имеют корпуса, кожухи и оболочки, надёжно защищающие токоведущие части от прямого (случайного) прикосновения. Голые провода и шины, а также приборы, аппараты, распределительные щиты, клеммники и т.п. конструктивно имеющие незащищенные и доступные прикосновению токоведущие части помещают в специальные шкафы, камеры, ящики, закрываемые сплошными или сетчатыми ограждениями.

Сплошные ограждения обязательны для электроустановок, размещённых в местах, где могут находиться люди, не связанные с обслуживанием электроустановок – в бытовых, общественных и производственных (не электротехнических помещениях). Сетчатые ограждения применяются в электроустановках доступных только квалифицированному электротехническому персоналу. В закрытых электроустановках ограждения должны иметь высоту не менее 1,7 м, а в открытых – не менее 2,0 м.

5. Разделительные трансформаторы. Их используют для изоляции подключаемого оборудования от контура заземления.

4.7 Движущиеся машины и механизмы

Движущиеся механизмы и их составные части – это опасный производственный фактор, который опасен возможностью получения механической травмы в результате контакта движущейся части механизма с человеком. Условия существования или возникновения потенциальной опасности воздействия движущегося механизма на человека можно рассмотреть как:

- 1) Предусмотренные технологическим процессом (например, работа с подъемно-транспортным оборудованием, станками, прессами, и т.д.).
- 2) Приводящие к опасности из-за ошибок в монтаже и конструкции объекта (например, обрывы конструктивных элементов и их падение, разрушение от коррозии и т.п.).
- 3) Возникающие при каком-либо изменении технологического процесса или применении другого типа оборудования.
- 4) Человеческий фактор.

К основным средствам защиты от воздействия механических факторов относятся устройства:

- оградительные (местные ограждения, крышки, кожуха и др.);
- автоматического контроля и сигнализации;
- предохранительные;
- дистанционного управления;
- тормозные;
- знаки безопасности по ГОСТ 12.4.026-76..

4.8 Экологическая безопасность

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

Основными мероприятиями по уменьшению негативного влияния машиностроительных предприятий на экологию являются следующие действия:

- внедрение современных технологий, способствующих уменьшению вредных отходов производства;
- улучшение систем фильтрации сточных вод, воздуха и других сбросов предприятия;
- переработка вредных веществ и утилизация отходов производства;
- внедрение системы мониторинга и контроля экологии местности.

Отходы производства и способы их ликвидации и переработки:

1) Металлическая стружка. Образование производственных отходов в виде металлической или цветной стружки подразумевает под собой утилизацию или вторичную переработку данного материала. В частности, стружка - материал, пригодный для последующего применения и переплавки в сталеплавильных печах для получения нового металла. Общий цикл утилизации стружки следующий: стружка по конвейерной ленте из станка попадает в цеховой бак приемки стружки, затем погрузчиком, на территории предприятия, складировается в специальных контейнерах, они различаются по виду стружки – для каждого вида стружки (вида стали или цветного металла) отдельный контейнер

, как только контейнеры заполняются стружкой их вывозят на металлоперерабатывающие предприятия и продают как вторсырье. Там стружка очищается от посторонних включений (мусор, масла, СОЖ), путем прогонки через магнитные ковши и печи малой температуры, брикетировается и далее может быть доставлена на сталелитейные предприятия, где она может быть переплавлена как сама по себе, так и добавлена в другие расплавы в печах, из которых в дальнейшем получают сталь для заготовок, которые вновь используются на производстве.

2). *СОЖ*. Химическая и физическая устойчивость *СОЖ* позволяет организовать их циклическое использование с регулярным восстановлением первоначальных свойств. Оно заключается в механической очистке от твердых включений, нейтрализации окислителей, обеззараживании и биологической очистке.

Выбирая метод утилизации, ориентируются на экономичность процесса, основу которой составляет эффект масштабности производства. Расходы по содержанию вспомогательного оборудования и персонала при небольших объемах нейтрализации эмульсий не окупаются. Специализированные компании, оснащенные современной техникой, могут выбрать наиболее технологичный способ переработки. Таким образом для нашего предприятия будет рентабельней утилизировать *СОЖ* на специальных заводах и фабриках. Отработанная *СОЖ* из баков станков откачивается насосами в специальные бочки для хранения и транспортировки агрессивной жидкости и доставляется погрузчиком на складе ГСМ на хранение, до заполнения всей свободной тары. Далее ее следует отвезти в компанию, специализирующуюся по переработке отработанных спец жидкостей.

Методы переработки *СОЖ*:

1) Физико-химический метод: разложение

Под разложением понимается переработка эмульсий путём разделения их на фазы «вода» и «масло». Переработка разложением осуществляется в несколько стадий:

- отделение неэмульгированных (поверхностных) масел

- отделение твёрдых частиц
- разложение эмульсии
- отделение полученных фаз

Химическое разложение производится путём добавления различных химикатов. Для достижения оптимального результата необходимо тщательно соблюдать дозировку.

«Кислотное разложение» требует применения более коррозионностойких и, соответственно, более дорогих, материалов для изготовления оборудования. Полученную воду перед сливом в канализацию необходимо нейтрализовать, для этого требуется добавление щёлочи. Вследствие этого в очищенной воде содержится значительное количество солей, что не позволяет повторно использовать очищенную воду. В новых методах разложения используются так называемые «де-эмульгаторы». Их необходимо подбирать в зависимости от перерабатываемой жидкости и тщательно дозировать. Это ограничивает применение данного метода при изменении состава жидкости.

Преимуществом физико-химического метода является возможность применения данного метода для больших объёмов стоков (>3 м³/ч). Таким образом, данный метод является наиболее экономически выгодным при больших объёмах стоков и при невысоких требованиях к качеству сливаемой вод.

2) Механический метод: мембранная очистка

Другим методом переработки эмульсий является ультрафильтрация. Под повышенным давлением (5-10 Бар) эмульсия проходит через пористую керамическую мембрану. Вода беспрепятственно проходит через поры, а масла, жиры и воски задерживаются на мембранах. Однако данный метод не может обеспечить полное отделение органических веществ. Остаточная влажность остатка составляет в среднем 60-70%. Значительным недостатком мембранной системы является ограничение применения подобной системы при изменениях состава жидкости, т.е. изменение состава жидкости может вызвать повреждение мембран. Кроме того, в процессе работы мембраны засоряются твёрдыми частицами и маслами. Из-за этого снижается производительность системы и

повышаются энергозатраты, а также ухудшается качество очищенной воды. Поэтому требуется постоянная очистка системы от отложений с помощью химикатов.

3) Термический метод: выпаривание/дистилляция

Самым древним методом разделения веществ является дистилляция. Для выпаривания воды предлагаются различные технические решения. В каждом случае для оптимального энергобаланса требуется использовать энергию конденсации для процессов нагрева и испарения исходной жидкости. Поэтому выпариватели с внешним нагревом, как правило, дороже, чем выпариватели с тепловым насосом или выпариватели, основанные на принципе прямой конденсации водяного пара.

Абразив, пыль, масляный туман. Все эти категории отходов объединяются одним общим свойством – переносом по воздуху. Для металлообрабатывающего цеха характерно механическое удаление воздуха из помещения с поступлением воздуха через окна и двери. Как правило вентиляция для удаления воздуха осевыми вентиляторами, установленными на крыше или стене цеха, и имеет выходной рукав непосредственно на улицу, в окружающую среду. Конструкция представляет собой сеть гибких воздуховодов на кронштейнах, с фрикционными воронками-уловителями и воздушной заслонкой над рабочей зоной станков, что позволяет регулировать их положение и расход воздуха. Так же существует метод при котором к рабочей зоне станка непосредственно подается передвижной фильтровальный агрегат. Благодаря такой схеме удается исключить капитальные и эксплуатационные затраты для стационарных вытяжных систем, более гибкая настройка удаления загрязнения из зоны станка. Оба этих метода удаления загрязненного воздуха из рабочей зоны станка объединяет наличие фильтрующего элемента в цепи воздуха отвода. Фильтр – съёмный расходный элемент, предназначенный для очищения проходящего воздушного потока, путем удержания в себе загрязняющих элементов. Фильтры подразделяются в зависимости от задачи удержания тех или иных вредных веществ в воздухе:

- Универсальные электростатические фильтры. Предназначены для удаления сварочного, масляного и других высокодисперсных аэрозолей взрыво- и пожароопасных концентраций, образующихся при различных видах обработки в машиностроении.

- Фильтр складчатый кассетный. Предназначены для очистки воздуха и газов от мелкодисперсных аэрозольных сухих пылей (в том числе свинцовых) со средним размером от 0,3 мкм и более. Рекомендуются применять при электро- и газосварке, пайке, лужении, лазерной и плазменной обработке, переплаве металлов и др. При высокой концентрации в помещении CO, NOx, HF и других вредных веществ - дополнительно могут быть укомплектованы кассетой хим. очистки.

- Фильтро-вентиляционные агрегаты для улавливания масляного тумана. Предназначены для отсоса и очищения воздуха от масляного тумана, глицерина, пластификаторов и других технологических жидкостей в процессах металлообработки резанием, при холодной штамповке и прокатке, литье под давлением, промасливании, консервации.

- Агрегаты для улавливания пыли. Предназначены для удаления твердых сухих пылей (абразивных, металлических, неметаллических - графит, стекло и т.п.) при среднем размере от 3 мкм и более или от 0,3 мкм и более при наличии БУО.

4.9 . Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Морозы при сильном ветре, длительное воздействие низких температур вызывают обморожение, и часто сильное. На предприятии это обусловлено возможной поломкой оборудования, выхода из строя технических систем которые обслуживают предприятие и сооружения. Ущерб от сильных морозов связан с переохлаждением, замораживанием технических объектов, разрушением систем отопления, при возникновении отключения теплоснабжения в цеху предприятия имеется газовые обогреватели с катализатором, которые могут обогреть производственные помещения в сильные морозы. При порывах в системе водоснабжения на предприятии предусмотрена емкость 500 литров чистой воды,

которой снабжаются все необходимые помещения, по аварийной системе водоснабжения. При повреждениях в электросетях, на предприятии имеется дизель генератор, который установлен в отдельном помещении с вентиляцией, он на время может обеспечить электроэнергией важные объекты. При поломке городского транспорта в сильные морозы, для своевременной доставки работников предприятия на рабочие места, на производстве предусмотрен автобус который в сильные морозы находится в теплом гараже и может без промедления выехать за работниками нуждающимися в транспортировке.

От несанкционированного проникновения на территорию предприятия, необходимо территория оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной службой охраны, постами охраны с пропускной системой, системой связи. Не распространение сведений о системе охраны объектов, расположения оборудования, складов, сигнализаций. Должностные лица должны производить инструктаж и мероприятия по отработке действий при экстренных и чрезвычайных ситуациях.

5.0. Пожаробезопасность

Пожары на машиностроительных предприятиях представляют большую опасность для рабочих и могут причинить огромный материальный ущерб. Вопросы обеспечения пожарной безопасности производственных зданий и сооружений имеют большое значение и регламентируются специальными государственными постановлениями и указами СНиП 21-01-97* Пожарная безопасность зданий и сооружений, ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда «Пожарная безопасность. общие требования» При проектировании и строительстве производственных зданий и сооружений необходимо учитывать категорию пожарной безопасности производства.

Согласно строительным нормам и правилам в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной

опасности производства подразделяются на категории, здания : А,Б,В,Г,Д.

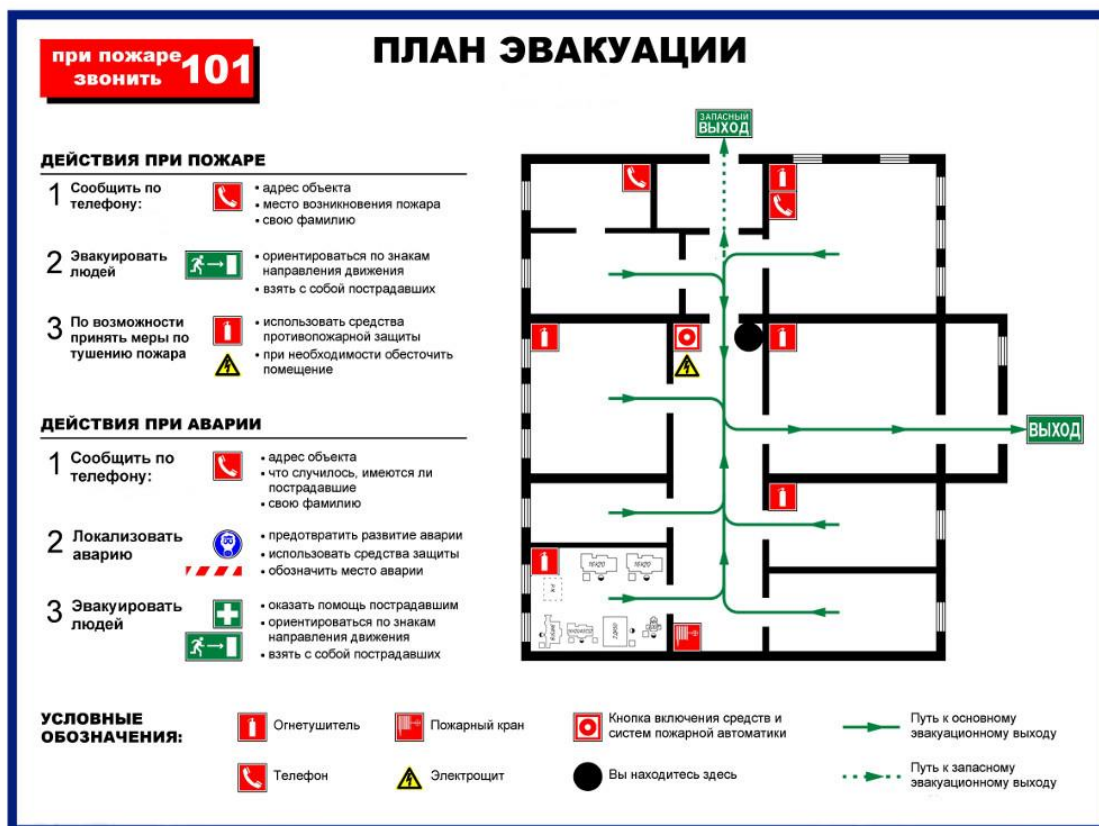
Помещения А,Б,В1-В4, Г,Д

Согласно данной классификации производство детали "Щит подшипниковый" относится к категории В (пожароопасная) относятся производства, связанные с применением горючих и трудногорючих жидкостей, твердых горючих и трудногорючих материалов и веществ, а также материалов, способных гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом. При условии, что помещения, в которых они используются, не относятся к категориям или Б. К этой категории относятся: фотомеханические цехи; цехи высокой, офсетной, трафаретной печати и склады красок для этих видов печати; брошюровочнопереплетные цехи и их отделения (кроме лакировального); склады масел, олиф, бумаги, картона, переплетных тканей и других переплетных материалов; красочные станции цехов высокой печати; лаборатории и экспедиции ; деревоотделочные цехи и т.п. В цехе имеются первичные средства для тушения пожара, которые могут быть использованы любым рабочим или сотрудником, оказавшимся на месте возгорания. В цехе на заметных местах установлены специализированные щиты со следующим противопожарным инвентарем: Топоры. Багры. Ломы .Ведро.

Огнетушитель ОХВП-10 предназначен для тушения начальных загораний твердых веществ и легковоспламеняющихся жидкостей, за исключением щелочных металлов и веществ, горение которых происходит без доступа воздуха. Запрещается использовать огнетушитель ОХВП-10 для тушения загоревшихся электроустановок, находящихся под напряжением. Огнетушители ОВП-4 Огнетушитель, предназначен для тушения возгораний твердых, тлеющих материалов органического происхождения (дерево, бумага, уголь и т.д.) - класс пожара А и жидкостей или твердых тел, превращающихся в жидкости (нефтепродукты, масла, краски и т.п.) - класс пожара В . Огнетушитель порошковый ОП-5 предназначен для тушения возгорания твердых, жидких и

газообразных веществ (класса А,В,С или В,С в зависимости от типа применяемого порошка).

В непосредственной близости от щита установлен ящик с песком. На участке имеется пожарная сигнализация, оповещающая пожарную службу завода при появлении возгорания. Кроме того в цехе имеются пожарные краны, оборудованные пожарными рукавами, которые установлены в предназначенных для этого местах (выходы, лестничные площадки и др.). Чтобы имеющееся противопожарное оборудование находилось в исправном и работоспособном состоянии, проводятся его регулярные осмотры ответственными за противопожарное состояние лицами - мастером производственного участка и т. п. В случае возникновения очага возгорания эвакуация людей и оборудования производится по специальным эвакуационным путям, обозначенным на планах эвакуации на случай пожара, которые также вывешены в наиболее видных местах. Эвакуационными выходами служат двери и ворота, ведущие из помещения наружу.



План эвакуации

Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

ОСТ 54 30013-83 Электромагнитные излучения СВЧ. Предельно допустимые уровни облучения. Требования безопасности

ГОСТ 12.4.154-85 “ССБТ. Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты”

3.ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны

СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 "Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)".

СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.

СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

ГОСТ 12.4.123-83. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования.

ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.

ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности

СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха

ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.

СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.

Заключение

В результате выполнения ВКР разработан технологический процесс изготовления оправки и спроектировано приспособления для фрезерования лысок. Для изготовления оправки использовались современные станки с ЧПУ, которые позволили повысить производительность и качество изготовления оправки. Контроль качества изготовления производился надежными и зарекомендовавшими себя в производстве измерительными приборами и средствами контроля.

Разработанный технологический процесс планируется внедрить на томском электромеханическом заводе.

Операционные эскизы, чертежи, иллюстрации в работе были выполнены с помощью программы Компас-3D V16

Таким образом, все поставленные задачи были выполнены.

.

Список литературы

1. Руденко П.А. Проектирование технологических процессов в машиностроении. – К.: Вища шк. Головное изд-во, - 1985.
2. Обработка металлов резанием: Справочник технолога/ А.А.Панов, В.В.Аникин, Н.Г.Бойм и др.; Под общ. Ред. А.А. Панова. 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 2004. – 784с.
3. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. – 100 с.
4. Горбацевич А.Ф., Шкерд В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Мн.: Выш. Школа, 1983. – 256 с.
5. Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя: В 3 т. Т. 1. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.: ил.
6. Размерный анализ технологических процессов/ В.В. Матвеев, М.М. Тверской, Ф.И. Бойков и др. – М.: Машиностроение, 1982
7. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х томах. Том 1. Пд ред. А.Г. Косиловой. М., «Машиностроение», 1972.
8. Козловский Н.С., Виноградов А.Н. Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения: Учебник для учащихся техникумов. – М.: Машиностроение, 1979.
9. Металлорежущие станки. Справочник. Е.С, Герасимова, 1961.
10. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х томах. Том 2. Под ред. А.Г. Косиловой. М., «Машиностроение», 1986.
11. Егоров М.Е. Технология машиностроения. Учебник для втузов. Изд. 2-е, доп. М., «Высш. школа», 1976.
12. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. В 3-х частях. Часть 1. Токарные, сверлильные станки, фрезерные станки. – М.: Машиностроение, 1974. – 416 с.

13. Нефёдов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учеб. Пособие для техникумов по предмету «Основы учения о резании металлов и режущий инструмент».- 5-е изд., перераб. И доп. – М.: «Машиностроение», 1990.
14. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительное для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. – М.: Машиностроение, 1974. – 422 с.
15. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник / Баранчиков В.И., Жаринов А.В., Юдина Н.Д., Садыхов А.И. и др.; Под общ. ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990.
16. Резание металлов и режущий инструмент. Аршинов В А. и Алексеев Г. А. М., «Машиностроение», 1967