

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



Институт _____
 Направление подготовки _____
 Кафедра _____

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Совершенствование техпроцесса изготовления вала-шестерни и приспособления

УДК: 621.824:621.822.12-047.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л22	Лаврентьев Василий Вячеславович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Галин Николай Евгеньевич			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Шулинина Юлия Игоревна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ЭБЖ	Федорчук Юрий Митрофанович	Доктор технических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

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



Институт _____
 Направление подготовки (специальность) _____
 Кафедра _____

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л22	Лаврентьеву Василию Вячеславовичу

Тема работы:

Разработка техпроцесса изготовления вала-шестерни и приспособления	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<ul style="list-style-type: none"> -Наименование объекта исследования: Вал-шестерня; -Нагрузка: постоянная; -Режим работы: непрерывный; -Материал изделия: Сталь 18ХГТ.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ul style="list-style-type: none"> -Определение типа производства, форм и методов организации работ; -Анализ технологичности конструкции детали; -Выбор типового технологического процесса; -Выбор исходной заготовки и методов ее изготовления; -Проектирование технологического процесса изготовления детали; - Выбор оборудования и технологической оснастки; - Расчет и назначение режимов обработки; - Нормирование технологического процесса.

Перечень графического материала	1) Чертеж детали вал-шестерня. 2) Карта технологического процесса. 3) Эскиз размерной схемы. 4) Граф технологических размерных цепей. 5) Приспособление для фрезерной операции.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Шулинина Юлия Игоревна
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
Ассистент	Галин Николай Евгеньевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л22	Лаврентьев Василий Вячеславович		

Оглавление.

Введение	6
РАЗДЕЛ 1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.	
1.1. Исходные данные. Назначение детали и ее конструкторско-технологическое описание.	8
1.2. Определение типа производства, форм и методов организации работ.	9
1.3. Анализ технологичности конструкции детали.	13
1.4. Выбор типового технологического процесса.	16
1.5. Выбор исходной заготовки и методов ее изготовления.	19
1.6. Проектирование технологического процесса изготовления детали.	22
1.6.1 Определение допусков на технологические размеры.	32
1.6.2 Определение минимальных припусков на обработку.	33
1.6.3 Расчет диаметральных технологических размеров.	36
1.6.4 Расчет диаметральных технологических размеров.	40
1.7. Выбор оборудования и технологической оснастки.	47
1.8. Расчет и назначение режимов обработки.	51
1.9. Нормирование технологического процесса.	74
РАЗДЕЛ 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ.	
2.1 Принцип работы приспособления.	84
2.2 Анализ исходных данных и разработка технического задания для изготовления приспособления.	85
2.3 Расчет функциональных элементов приспособления.	86
2.4 Разработка схемы для расчета и определения сил закрепления.	87
2.5 Расчет приспособления на точность.	88
2.6 Расчет экономической эффективности.	89
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.	91
РАЗДЕЛ 3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.	
3.1 Потенциальные потребители детали вал-шестерня.	92
3.2 Технология Quad.	93
3.3 Структура работ в рамках научного исследования.	94
3.4 Определение трудоемкости выполнения работ.	96
3.5 Разработка графика проведения научного исследования.	99
3.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).	105

3.7	Расчет материальных затрат НТИ.	105
3.8	Основная заработная плата исполнителей.	106
3.9	Дополнительная заработная плата исполнителей.	108
3.10	Отчисления во внебюджетные фонды.....	109
3.11	Накладные расходы.	110
3.12	Формирование бюджета затрат НТИ.	110
3.13	Оценка эффективности исследования.	111

РАЗДЕЛ 4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.

4.1	Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды.	113
4.2	Микроклимат.	113
4.3	Вредные вещества.	115
4.4	Производственный шум.	117
4.5	Освещенность.	118
4.6	Электрическая безопасность.	122
4.7	Движущиеся машины и механизмы.	125
5.	Экологическая безопасность.	126
6.	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	131
7.	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	133

	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.	135
--	--	-----

ПРИЛОЖЕНИЕ.

Введение

В работе разрабатывается технологический процесс механической обработки детали «Вал-шестерня» и станочное приспособление, на основании рабочего чертежа изготавливаемой детали со всеми необходимыми техническими условиями.

Справка:

- Материал детали – Сталь 18ХГТ ГОСТ 4543-71.
- Режим работы предприятия – двухсменный.
- Предполагаемый тип производства - среднесерийный
- Период выпуска деталей по неизменным чертежам – 5 лет (2800шт./год).
- Руководящая информация: Стандарты ЕСКД, ЕСТПП и ЕСТД.

В современном машиностроении редуктора были и остаются неотъемлемой частью машин и механизмов во всех отраслях промышленности, а как следствие возникает потребность в их производстве и ремонте. Вал-шестерня, как основная конструктивная часть редуктора, играет важнейшую роль в этом механизме, и от ее качества изготовления зависит работоспособность всего узла. Поэтому для машиностроения очень важно иметь правильную и экономически эффективную технологию обработки такой детали.

Основной задачей разрабатываемого технологического процесса является постоянное изготовление полностью годных деталей. Для этого необходимо планомерно разработать технологию обработки заготовки на каждом этапе механической обработке, а именно: рассчитать и назначить все

технологические размеры и припуски. Определить режимы резания, выбрать оборудование, на котором возможно вести обработку на расчетных режимах.

Конструкторской задачей для дипломной работы стало разработка станочного приспособления для фрезерования на одной из операций. Главными критериями для разработки являются точность, технологичность, надежность, ремонтпригодность и автоматизированность разрабатываемого изделия.

Экономическая часть работы позволяет сделать выводы о перспективности и конкурентоспособности разработке на рынке. Повысить ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Выявить, целочисленно, экономические затраты, связанные с разработкой данного технологического процесса.

Заключительной частью работы является экологическая и производственная безопасность рабочих в механическом цеху, где будет применяться данный технологический процесс.

Проектирование технологического процесса обработки детали.

1.1 Исходные данные. Назначение детали и ее конструкторско-технологическое описание

Деталь «Вал-шестерня» входит в состав цилиндрического двухступенчатого редуктора и служит для передачи крутящего момента с быстроходного вала на тихоходный. Редуктор – механизм, служащий для уменьшения частоты вращения и увеличения вращающего момента. Это законченный механизм, соединяемый с двигателем и рабочей машиной муфтами или другими разъемными устройствами.

В корпусе редуктора размещены зубчатые или червячные передачи, неподвижно закрепленные на валах. Валы опираются на подшипники, размещенные в гнездах корпуса; в основном используют подшипники качения. Цилиндрические редукторы комплектуются только цилиндрическими зубчатыми передачами и отличаются числом ступеней и положением валов.

Цилиндрические двухступенчатые редукторы обычно выполняют по развернутой, раздвоенной или соосной схеме с одним, двумя или тремя потоками мощности. Наиболее распространена развернутая схема. Редукторы, выполненные по этой схеме, весьма технологичны, имеют малую ширину, допускают легкую и рациональную унификацию.

Масса детали – 7 кг;

Материал – Сталь 18ХГТ;

Характеристика сплава:

Сталь конструкционная легированная, применяется для производства улучшаемых или цементируемых деталей ответственного назначения, от которых требуется повышенная прочность и вязкость сердцевины, а также

высокая поверхностная твердость, работающих под действием ударных нагрузок.

Химический состав стали 18ХГТ приведен в таблице 1.1, а физико-механические характеристики в таблице 1.2

Таблица 1.1 – Химический состав в % стали 18ХГТ ГОСТ 4543-71

C	Si	Mn	Ti	Cr	Ni	Cu	S	P
					не более			
0,17-0,23	0,17-0,37	0,8-1,1	0,03-0,09	1-1,3	0,3	0,3	0,035	0,035

Таблица 1.2 – Физико-механические и технологические свойства стали 18ХГТ по ГОСТ 977-88

Физико-механические свойства*							Технологические свойства
ρ , г/см ³	σ_B , МПа	σ_T , МПа	НВ	δ_5 , %	ψ , %	КС, Дж/см ²	Линейная усадка, %
7,8	980	730	217	15	55	78	2,2 – 2,3

* - после термической обработки – закалка(850 °С) с отпуском(200 °С).

1.2 Определение типа, форм и методов производства

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

$$K_{з.о.} = \frac{t_B}{T_{cp}}, \quad (1) [6]$$

где t_B - такт выпуска детали, мин.;

T_{cp} - среднее штучно-калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса, мин.

Такт выпуска детали определяем по формуле:

$$t_B = \frac{F_r}{N_r}, \quad (2) [6]$$

где F_r - годовой фонд времени работы оборудования, мин.;

N_r - годовая программа выпуска деталей (3800шт).

Годовой фонд времени работы оборудования при двусменном режиме работы: $F_2 = 4060$ ч

Тогда

$$t_b = \frac{F_r}{N_r} = \frac{4060 \cdot 60}{3800} = 64.1 \text{ мин};$$

Среднее штучно-калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса:

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.кi}}{n}, \quad (3) [6]$$

где $T_{ш.кi}$ - штучно-калькуляционное время i -ой основной операции, мин.;

n - количество основных операций.

В качестве основных операций выберем 4 операции ($n=4$): 005, 010, 015, 030.

Штучно-калькуляционное время i -ой основной операции определяем:

$$T_{ш.кi} = \phi_{кi} \cdot T_{o.i}, \quad [6] (4)$$

где $\phi_{кi}$ - коэффициент i -ой основной операции, зависящий от вида станка и типа предполагаемого производства;

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

$$\phi_{к.1} = \phi_{к.3} = 1.84 \text{ (005 операция, 015 операция);}$$

$$\phi_{к.3} = 2,14 \text{ (010 операция);}$$

$$\phi_{к.4} = 2,10 \text{ (030 операция).}$$

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

Основное технологическое время 005 операции:

$$T_{o.1} = (0,52 \cdot l + 7 \cdot l + 7 \cdot l) \cdot 10^{-3}; \quad (5) [6]$$

где d – диаметр, мм;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм.

Значения вышеперечисленных переменных определяем приближенно, по чертежу.

$$T_{0.1} = (0,52 \cdot 12 + 7 \cdot 118 + 7 \cdot 39) \cdot 10^{-3} = 1,1 \text{ мин};$$

Штучно-калькуляционное время данной операции определяем по формуле.

(4):

$$T_{\text{ш.к.1}} = \varphi_{\text{к.1}} \cdot T_{0.1} = 1,84 \cdot 1,1 = 2 \text{ мин};$$

Основное технологическое время 010 операции:

$$T_{0.2} = (0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3};$$

$$T_{\text{ш.к.2}} = (0,17 \cdot 39 \cdot 22 + 0,17 \cdot 45 \cdot 51 + 0,17 \cdot 60 \cdot 105 + 0,17 \cdot 65 \cdot 50 + 0,17 \cdot 118 \cdot 20 + 0,17 \cdot 56 \cdot 1,5 + 0,17 \cdot 48 \cdot 1 + 0,17 \cdot 39 \cdot 1,5 + 0,17 \cdot 118 \cdot 37 + 0,17 \cdot 39 \cdot 28 + 0,17 \cdot 39 \cdot 28) \cdot 10^{-3} = 3,7 \text{ мин};$$

Штучно-калькуляционное время данной операции:

$$T_{\text{ш.к.2}} = \varphi_{\text{к.2}} \cdot T_{0.2} = 2,14 \cdot 3,7 = 7,9 \text{ мин};$$

Основное технологическое время 015 операции:

$$T_{0.3} = (7 \cdot l + 7 \cdot l + 1,72 \cdot l + 1,72 \cdot l + 1,72 \cdot l) \cdot 10^{-3};$$

$$T_{\text{ш.к.3}} = (7 \cdot 28 + 7 \cdot 46 + 1,72 \cdot 15 + 1,72 \cdot 0,75 + 1,72 \cdot 12) \cdot 10^{-3} = 0,56 \text{ мин};$$

Штучно-калькуляционное время данной операции:

$$T_{\text{ш.к.3}} = \varphi_{\text{к.3}} \cdot T_{0.3} = 2,1 \cdot 0,56 = 1,176 \text{ мин};$$

Основное технологическое время 030 операции:

$$T_{0.4} = (0,15 \cdot d \cdot l + 0,15 \cdot d \cdot l + 0,15 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3};$$

$$T_{ш.к.4} = (0.15 \cdot 60 \cdot 50 + 0.15 \cdot 65 \cdot 50 + 0.15 \cdot 44 \cdot 46) \cdot 10^{-3} \\ = 1,24 \text{ мин};$$

Штучно-калькуляционное время данной операции определяем по форм.(4):

$$T_{ш.к.4} = \varphi_{к.4} \cdot T_{о.4} = 1,84 \cdot 1,24 = 2,28 \text{ мин};$$

Среднее штучно-калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса определяем по форм. (3):

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к.i}}{n} = \frac{2+7,9+3,3+2,28}{4} = 3,87 \text{ мин};$$

Тип производства определяем по форм. (1):

$$K_{з.о.} = \frac{t_{в}}{T_{cp}} = \frac{64,1}{3,87} = 16,56;$$

Так как $K_{з.о.} = 10 < 16,56 < 20$, то тип производства – среднесерийное производство.

Для серийного производства определим размер партии деталей по формуле

$$n = \frac{t_{xp} \cdot N_{г}}{253}, \quad (6) [3]$$

,где 253 – число рабочих дней в году;

t_{xp} – нормы запаса (дней) для хранения на складе готовых деталей в ожидании сборки, (принимаяем $t_{xp} = 15$) [2].

$$n = \frac{15 \cdot 4500}{253} = 266,8 \text{ шт.}$$

Принимаем $n = 270$ шт.

Определим оптимальное количество детали в партии для одновременного запуска на изготовление:

$$n_{п} = \frac{N \cdot C}{d}; \quad (7) [3]$$

где, C – рекомендуемый запас деталей на цеховом складе (для крупных деталей – 2-3 дня, для средних – 4-6 дней, для мелких – 7-10 дней).

$$n_{\text{п}} = \frac{3800 \cdot 5}{247} = 76,92 \approx 77 \text{ дет.}$$

Так как партия детали представляет их количество, которое изготавливается на рабочем месте с однократной затратой подготовительно-заключительного времени, то её размер оказывает существенное влияние на технико-экономические показатели и организацию производства.

На основании расчетов производство принимается крупносерийным, оптимальное количество деталей в партии для запуска – 77 штук.

1.3 Анализ технологичности конструкции детали.

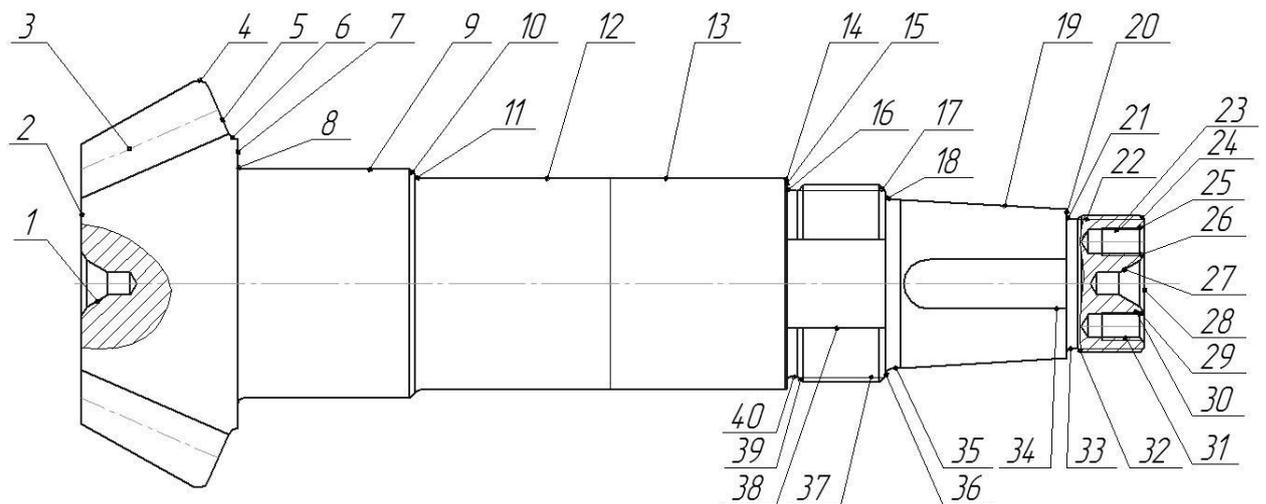


Рисунок 3.1 – Деталь с обозначенными поверхностями

Таблица 3.2 – Анализ технологичности детали «Вал-шестерня»

№ п/п	Требования технологичности	Оценка технологичности
1	Возможная простота конструкции	Технологично, деталь состоит из простых конструктивных элементов
2	Наличие поверхностей удобных для базирования	Технологично, можно использовать торец и ось детали для базировки

3	Доступность всех поверхностей и плоскостей для измерения и обработки на станке	Технологично, все плоскости и поверхности доступны
4	Обрабатываемость материала резанием	Технологично, сталь возможно обрабатывать на металлорежущих станках
5	Деталь должна иметь достижимую точность и шероховатость поверхностей для металлообработки на станках	Технологично
6	Отсутствие отверстий и поверхностей не под прямым углом к оси детали	Технологично, нет отверстий не под прямым углом к оси детали
7	Возможность использования экономически выгодной заготовки	Технологично, потому что заготовку можно как отлить, так и ковать
8	Применение универсальных средств измерения	Технологично, большинство размеров возможно измерить универсальными средствами измерений
9	Отсутствие специальных требований	Технологично
10	Форма детали должна позволять осуществить доступ ко всем поверхностям обработки	Технологично, все поверхности находятся в легко доступных местах

Вывод: конструкция детали в целом технологична, т. к. большинство основных требований по технологичности выполняются.

Таблица 3.3 – Анализ технологичности конструкции детали «Вал-шестерня» по наличию стандартных конструктивных элементов детали (КЭД)

№ п/п	Наименование КЭД	Общее кол-во КЭД	Кол-во стандартных КЭД	Степень стандартизации, %
1	Наружные цилиндрические поверхности (ГОСТ 6636-69)	7	7	100
2	Центровые отверстия (ГОСТ 14034-74)	2	2	100
3	Фаски (ГОСТ 10948-64, СТ СЭВ 2814-80)	15	6	40

4	Шпоночные пазы (ГОСТ 23360-78)	1	1	100
5	Зубчатые поверхности (ГОСТ 21354-87)	1	1	100
6	Наружная резьба (ГОСТ 24705-81)	2	2	100
7	Внутренняя резьба (ГОСТ 24705-81)	2	2	100
8	Линейные размеры	10	10	100

Вывод: конструкцию детали «Вал-шестерня» по наличию стандартных, унифицированных КЭД можно признать технологичной.

Таблица 3.4 – Анализ технологичности конструкции детали «Вал-шестерня по точностным требованиям (СТСЭВ 144-75, 145-75)

№ п/п	Наименование КЭД	Общее кол-во КЭД	Кол-во КЭД имеющих следующий квалитете точности								
			Высокая точность обработки			Средняя точность обработки			Свободные размеры		
			6	8	%	9	12	%	13	14	%
1	Наружные цилиндрические поверхности	7	2		29	1	2	42	1	1	29
2	Центровые отверстия	2								2	100
3	Фаски	15								15	100
4	Шпоночные пазы	1					1	100			
5	Зубчатые поверхности	1		1	100						
6	Наружная резьба	2							2		100
7	Внутренняя резьба	2							2		100
8	Линейные размеры	10					4	40		6	60
	ИТОГО:	40	2	1	7,5	1	7	20	5	24	72,5

Вывод: проведя анализ технологичности детали «Вал-шестерня» по точностным требованиям согласно СТСЭВ 144-75, 145-75 и ЕСДП

установлено, что 7,5% поверхностей имеют точностные требования в пределах высокой точности, 20% в пределах средней точности и 72,5% свободные размеры, не требующие для их достижения особых методов обработки, что соответствует требованиям ГОСТ 14.204-73 к обрабатываемым деталям.

Таблица 3.5 – Анализ технологичности конструкции детали «Вал-шестерня» по шероховатости поверхностей (ГОСТ 2789-73)

№ п/п	Наименование КЭД	Общее кол-во КЭД	Кол-во КЭД имеющих Шероховатость поверхностей, мкм	
			Ra 6,3 – 2,5	Ra 2,5 – 0,8
1	Наружные цилиндрические поверхности	7	4	3
2	Центровые отверстия	2		2
3	Фаски	15	14	1
4	Шпоночные пазы	1	1	
5	Зубчатые поверхности	1		1
6	Наружная резьба	2	2	
7	Внутренняя резьба	2	2	
8	Линейные размеры	10	1	9
	ИТОГО:	40	24 (60%)	16 (40%)

Вывод: Проведя анализ технологичности детали «Вал-шестерня» по параметрам шероховатостей в соответствии с ГОСТ 2789-73, удельный вес поверхностей имеющих шероховатость Ra6,3 – 2,5 мкм составил 60%; Ra 2,5 – 0,8– 40%, что соответствует ГОСТ 14.204-73, предъявляемым к параметрам шероховатости поверхностей. Конструкция детали технологична.

Вывод: анализ полученных оценок конструкции детали «Вал-шестерня» позволяет признать ее в целом технологичной.

1.4 Выбор типового технологического процесса.

Деталь «Вал-шестерня», чертеж которой представлен на первом листе графической части, относится к деталям типа «вал» и имеет отношение $L/D > 2$.

Имеем: Класс – вал – ступенчатый – без центрального отверстия – вал зубчатого колеса – вал со шпоночным пазом, резьбовой поверхностью – среднего размера – средней точности – высокой жесткости – легированной стали – крупносерийного производства.

За основу разработки технологии изготовления детали «Вал-шестерня» возьмем типовой маршрут изготовления вала [8]:

005 Заготовительная

Резка заготовок из проката. Для заготовок, получаемых методом пластического деформирования – штамповать или ковать заготовку.

010 Правильная (применяется для проката)

Правка заготовки на прессе.

015 Подготовка технологических баз

Обработка торцов и сверление центровых отверстий. Варианты реализации:

- подрезка торцов и центрование на универсальных токарных станках последовательно за два станова;

- подрезка торцов отдельно от центрования на продольно-фрезерных или горизонтально-фрезерных станках, а центрование – на одностороннем или двустороннем центровальном станке. Могут применяться фрезерно-центровальные полуавтоматы последовательного.

020 Токарная (черновая)

Происходит точение наружных поверхностей с припуском и канавок. Операцию выполняют:

- на токарно-винторезных станках;
- на универсальных токарных станках с гидросуппортами и станках с ЧПУ;
- на копировальных токарных станках, горизонтальных многорезцовых, вертикальных одношпиндельных полуавтоматах;
- на многошпиндельных многорезцовых полуавтоматах;.

025 Токарная (чистовая)

Аналогичная приведенной выше. Осуществляется чистовое точение наружных поверхностей.

030 Фрезерная

Фрезерование шпоночных канавок, шплицев, зубьев, лысок.

- вертикально-фрезерные станки, горизонтально-фрезерные станки, обрабатывающие центры с ЧПУ;

- шлицефрезерные или зубофрезерные станки.

035 Сверлильная

Сверление отверстий.

040 Резьбонарезная.

На закаливаемых шейках резьбу изготавливают до термообработки. Если вал не подвергается закалке, то резьбу нарезают после окончательного шлифования шеек. Внутренние резьбы нарезают машинными метчиками на сверлильных, револьверных и резьбонарезных станках. Наружные резьбы нарезают:

– на токарно-винторезных станках плашками, резьбовыми резцами или гребенками;

– гребенчатой фрезой на резьбофрезерных станках или накатыванием.

045 Термическая

Закалка согласно чертежу детали.

050 Шлифовальная

Шейки вала шлифуют на круглошлифовальных или бесцентрошлифовальных станках. Шлицы шлифуются в зависимости от центрирования:

– по наружной поверхности – наружное шлифование на круглошлифовальных станках и шлифование боковых поверхностей на шлицешлифовальном полуавтомате.

– по поверхности внутреннего диаметра – шлифование боковых поверхностей шлицев и шлифование внутренних поверхностей по диаметру, либо профильным кругом.

1.5 Выбор заготовки.

Рассмотрим два варианта использования заготовок, полученной штамповкой на молоте в открытых штампах (вариант 1) и круглого проката (вариант 2). Расчет произведен по методике, изложенной в пособии [3].

Вариант 1. Заготовка штампованная.

Расчетный коэффициент для валов $K_p = 1,5$.

Расчетную массу поковки ($G_{п.р.}$) определяем по формуле:

$$M_{п.р.} = G_d \times K_p; \quad (8) [6]$$

где M_d – масса детали.

$$M_{п.р.} = 7,0 \times 1,5 = 10,5 \text{ кг.}$$

Определение класса точности.

Для штамповки на молоте принимаем класс размерной точности Т4.

Определяем группу стали – М1 (массовая доля углерода до 0,35).

Для определения степени сложности поковки нужно определить отношение массы поковки к массе фигуры описывающей поковку.

Габаритные размеры детали: диаметр $D = 118,26$ мм; длина $L = 300$ мм; описывающая поковку фигура – цилиндр.

Определим размеры D_{ϕ} и L_{ϕ} , объем V_{ϕ} и массу G_{ϕ} описывающей фигуры

Для расчета объема цилиндра размеры детали умножаем на 1,05.

Полный объём будем рассчитывать, как сумму простых объёмов составляющих элементов:

$$L_{\phi 1} = 44 \times 1,05 = 46,2 \text{ мм;}$$

$$L_{\phi 2} = 50 \times 1,05 = 52,5 \text{ мм;}$$

$$L_{\phi 3} = 135 \times 1,05 = 141,75 \text{ мм;}$$

$$L_{\phi 4} = 73 \times 1,05 = 76,65 \text{ мм};$$

$$D_{\phi 1} = 118,26 \times 1,05 = 124,173 \text{ мм.}$$

$$D_{\phi 2} = 65 \times 1,05 = 68,25 \text{ мм.}$$

$$D_{\phi 3} = 60 \times 1,05 = 63 \text{ мм.}$$

$$D_{\phi 4} = 44 \times 1,05 = 46,2 \text{ мм.}$$

Объем описывающего поковку цилиндра находим по формуле:

$$V_{\phi} = (\pi \times D_{\phi}^2 / 4) \times L_{\phi};$$

$$V_{\phi 1} = (\pi \times D_{\phi 1}^2 / 4) \times L_{\phi 1};$$

$$V_{\phi 1} = (3,14 \times 124,173^2 / 4) \times 46,2 = 559198 \text{ мм}^3 = 0,000559198 \text{ м}^3.$$

$$V_{\phi 2} = (3,14 \times 68,25^2 / 4) \times 52,5 = 191970 \text{ мм}^3 = 0,000191970 \text{ м}^3.$$

$$V_{\phi 3} = (3,14 \times 63^2 / 4) \times 141,75 = 441645 \text{ мм}^3 = 0,000441645 \text{ м}^3.$$

$$V_{\phi 4} = (3,14 \times 46,2^2 / 4) \times 76,65 = 128430 \text{ мм}^3 = 0,000128430 \text{ м}^3.$$

$$V_{\phi} = V_{\phi 1} + V_{\phi 2} + V_{\phi 3} + V_{\phi 4}$$

$$V_{\phi} = 0,000559198 + 0,000191970 + 0,000441645 + \\ + 0,000128430 = 0,001321243$$

Найдем массу описывающей фигуры.

$$M_{\phi} = V_{\phi} \times \rho = 0,001321243 \times 7800 = 10,306 \text{ кг.}$$

$$\frac{M_{\text{п.р.}}}{M_{\phi}} = \frac{10,5}{10,306} = 1,01. \quad (9) [5]$$

По ГОСТ 7505-89 Поковки стальные штампованные окончательно принимаем:

Для массы поковки $G_{\text{п.р.}} = 10,306 \text{ кг}$, группа стали М1, степень сложности С2 и класс точности Т4 исходный индекс – 14. Поверхность разъема штампа – плоская (П).

Вариант 2. Круглый прокат.

Расчетную массу поковки ($G_{\text{п.р.}}$) определяем по формуле:

$$M_{\text{п.р.}} = G_{\text{д}} \times K_{\text{р}}; \quad (8)$$

где $M_{\text{д}}$ – масса детали.

$$M_{п.р.} = 7,0 \times 1,5 = 10,5 \text{ кг.}$$

Габаритные размеры детали: диаметр $D = 118,26$ мм; длина $L = 300$ мм;
описывающая поковку фигура – цилиндр.

Определим размеры D_{ϕ} и L_{ϕ} , объем V_{ϕ} и массу G_{ϕ} описывающей фигуры

Для расчета объема цилиндра размеры детали умножаем на 1,05:

$$L_{\phi} = 300 \times 1,05 = 315 \text{ мм;}$$

$$D_{\phi} = 118,26 \times 1,05 = 124,173 \text{ мм.}$$

Объем описывающего поковку цилиндра находим по формуле:

$$V_{\phi} = (\pi \times D_{\phi}^2 / 4) \times L_{\phi};$$

$$V_{\phi} = (\pi \times 124,173^2 / 4) \times 315 = 3814650 \text{ мм}^3 = 0,00381465 \text{ м}^3.$$

Найдем массу описывающей фигуры.

$$M_{\phi} = V_{\phi} * \rho = 0,00381465 * 7800 = 29,754 \text{ кг.}$$

После проделанных расчетов произведём сравнение экономической целесообразности использования обоих вариантов заготовок с помощью сравнения коэффициента использования материала K .

$$K = M_{д} / M_{\phi} \tag{9} [2]$$

, где $M_{д}$ – масса детали, а M_{ϕ} – масса заготовки

$$K_1 = M_{д1} / M_{\phi1} = 7 / 10,306 = 0,679$$

$$K_2 = M_{д2} / M_{\phi2} = 7 / 29,754 = 0,235$$

Окончательно принимаем Вариант 1 - Заготовка штампованная.

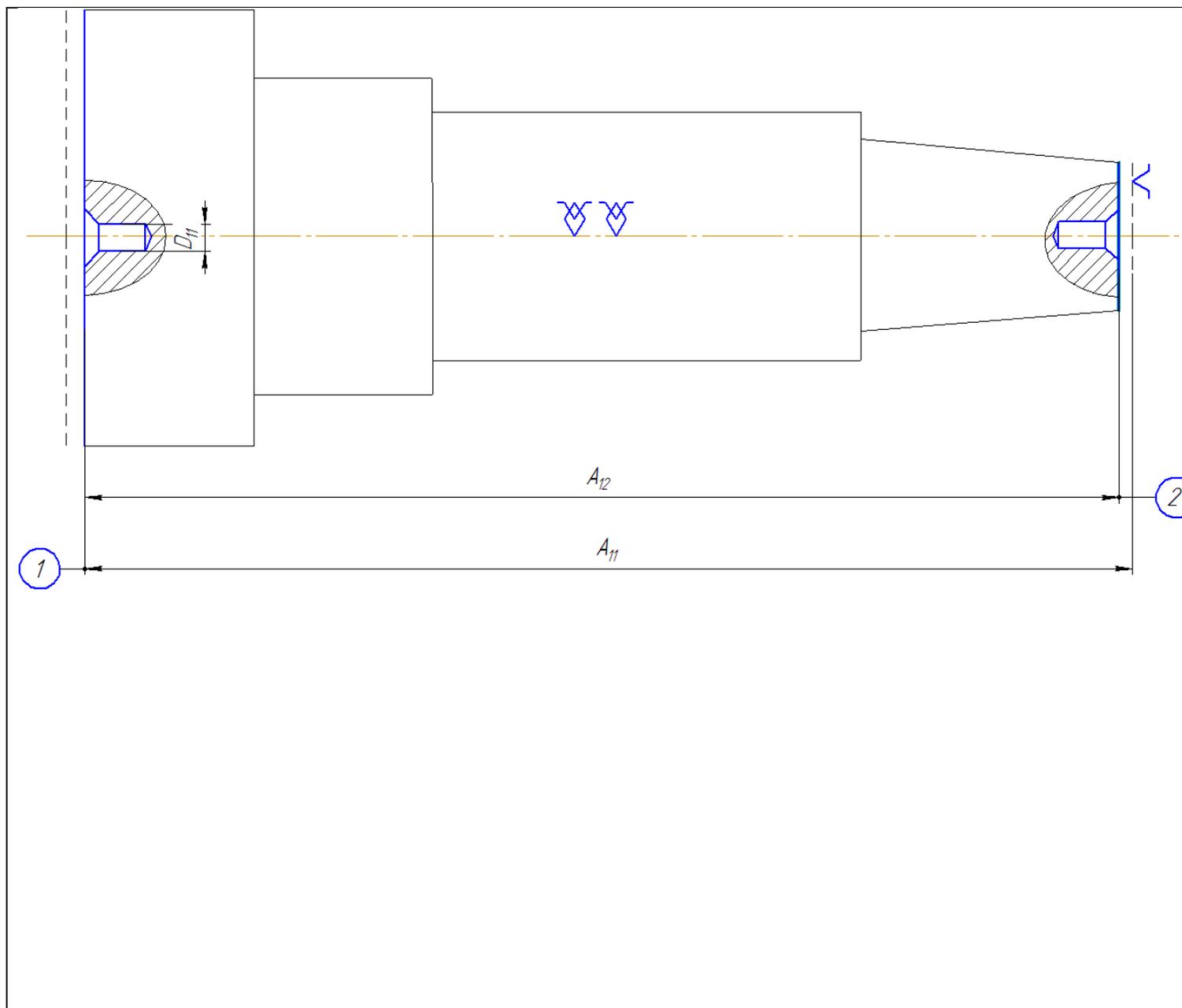
1.6 Разработка маршрутного технологического процесса.

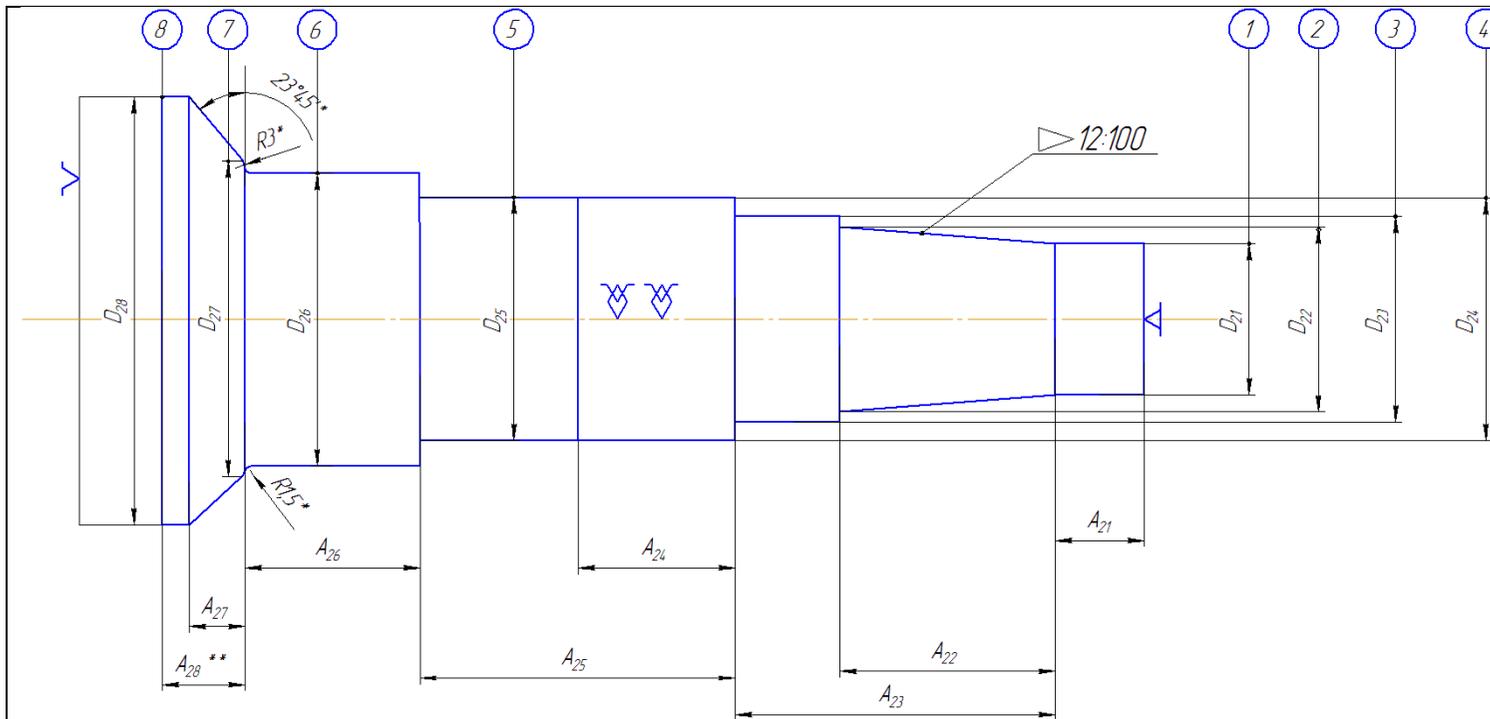
Таблица 3.

Операционный эскиз	Номер, наименование и содержание операций и переходов
<p>The diagram shows a stepped shaft with four distinct diameters: D_{04} (leftmost), D_{03}, D_{02}, and D_{01} (rightmost). The lengths of the sections are labeled A_{01}, A_{02}, A_{03}, and A_{04}. A surface texture symbol with a value of 12:100 is indicated on the tapered section of the shaft.</p>	<p>000– Заготовительная</p>

**005 – Фрезерно-
центральная**

1. Фрезеровать поверхности 1 и 2, выдерживая размеры A_{11} и A_{12} .
2. Центровать два отверстия Тип Б ГОСТ 14034-74, выдерживая размер D_{11} .



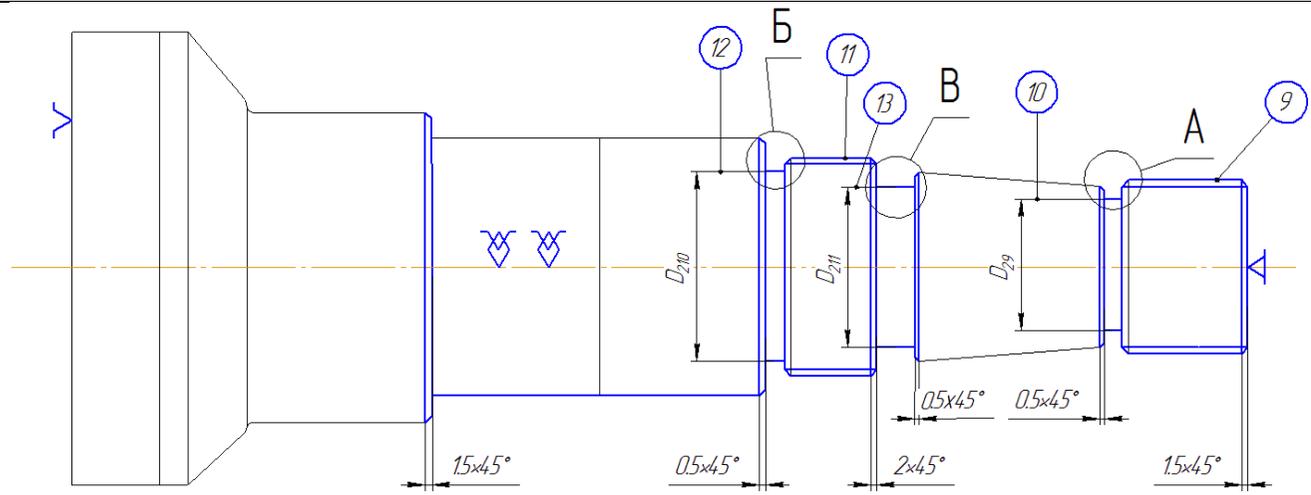


010 – Токарная с ЧПУ

Установ А

1. Точить поверхность 1, выдерживая размеры D_{21} и A_{21} .
2. Точить поверхность 2, выдерживая размеры D_{22} и A_{22} , $\blacktriangleright 12:100$.
3. Точить поверхность 3, выдерживая размеры D_{23} и A_{23} .
4. Точить поверхность 4, выдерживая размеры D_{24} и A_{24} .
5. Точить поверхность 7, выдерживая размеры D_{27} и A_{26} , $R1.5$.
6. Точить поверхность 5, выдерживая размеры D_{25} и A_{25} .
7. Точить поверхность 8, выдерживая размеры D_{28} , A_{27} и A_{28} , $R3$, $< 23^\circ 45'$.
8. Точить поверхность 10, выдерживая размеры D_{29} , $R1.5$, $R0.5$ и A_{29} .
9. Резать резьбу $M56 \times 2$ 6G на поверхности 11.
10. Резать резьбу $M39 \times 1,5$ 6G на поверхности 9.
11. Точить поверхность 12, выдерживая размеры D_{210} и A_{210} , $R1.5$, $R0.5$.
12. Точить поверхность 13, выдерживая размеры D_{211} и A_{211} , $R0.5$.

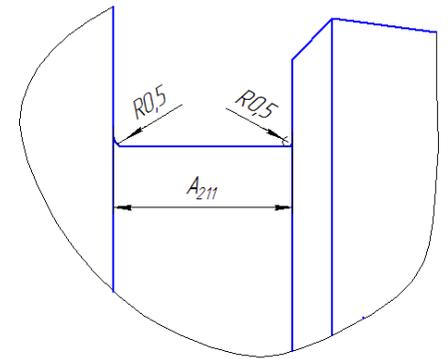
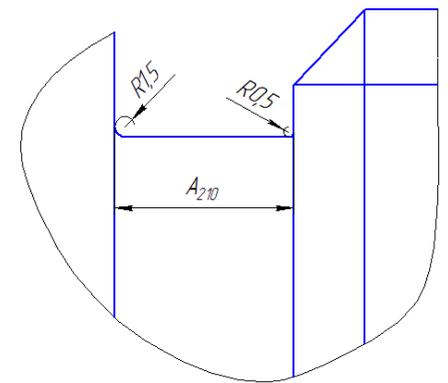
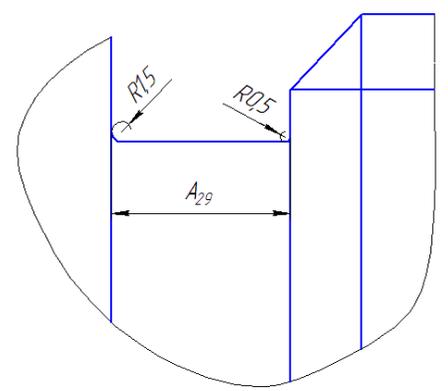
13. Снять фаски, согласно эскизу.

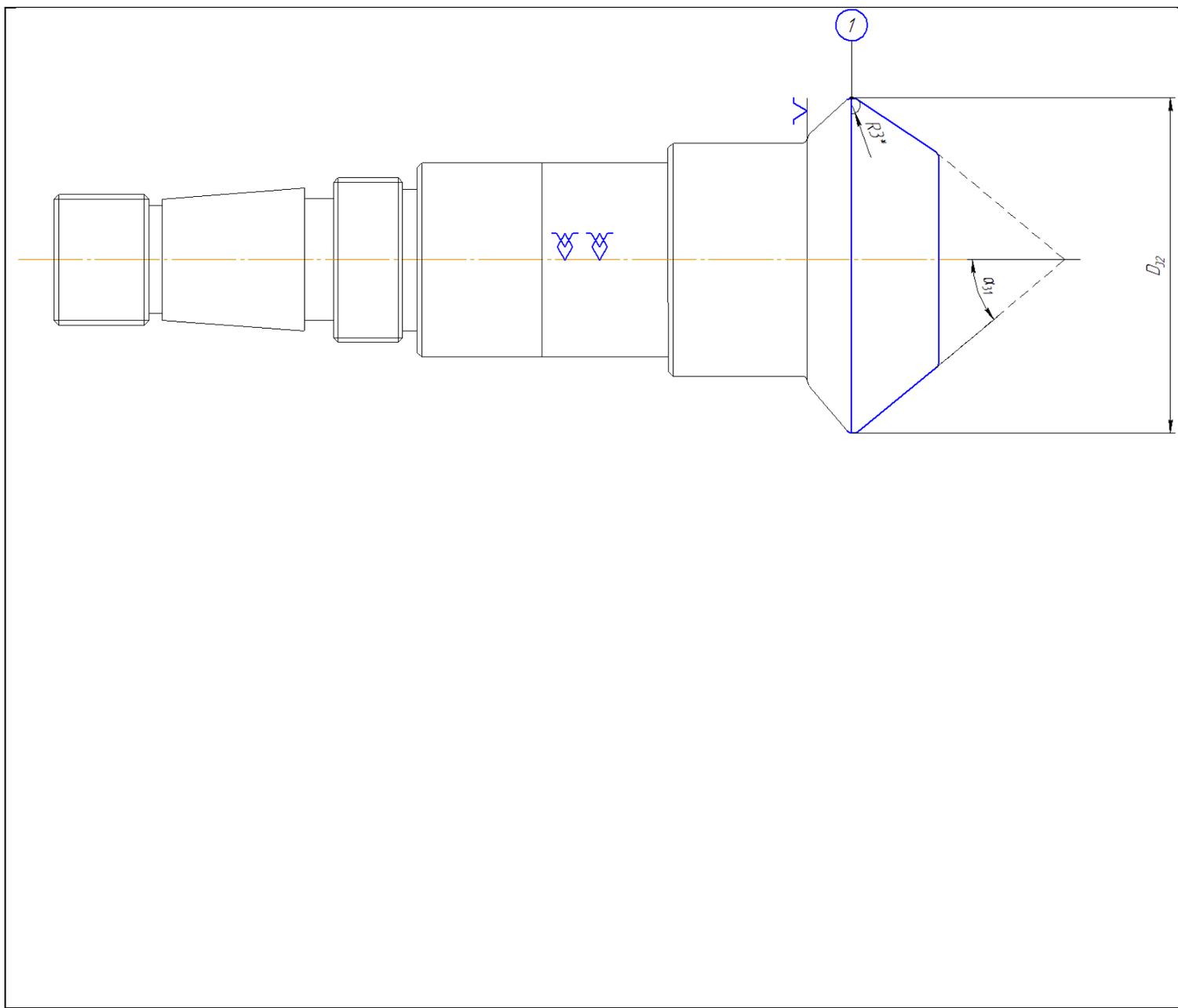


A (5:1)

Б (5:1)

В (5:1)



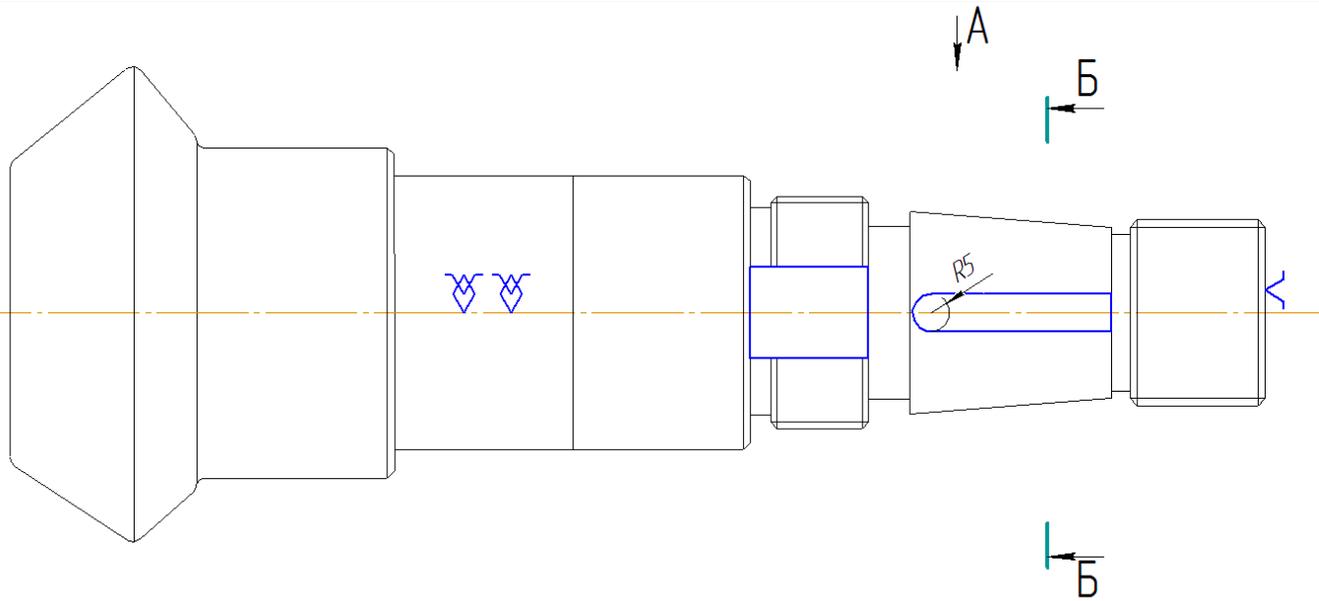


Установ Б
1. Точить поверхность 1,
выдерживая размеры α_{31} , D_{32} .

015 – Фрезерная с ЧПУ

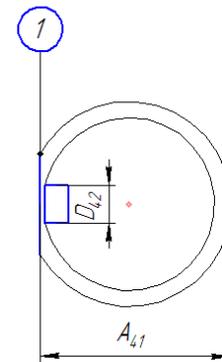
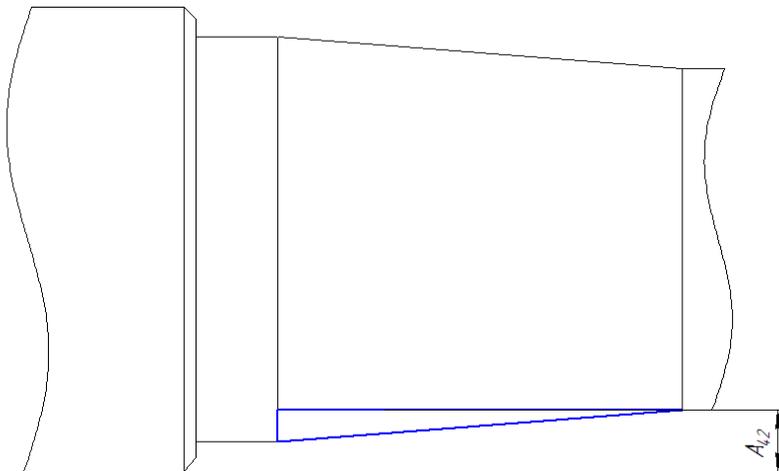
Установ А

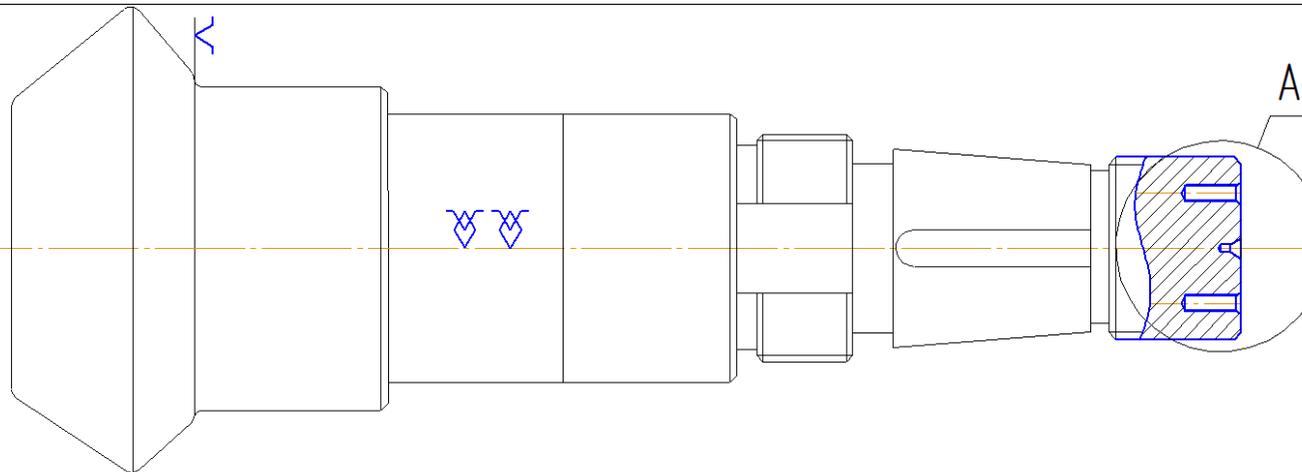
- 1. Фрезеровать поверхность 1, выдерживая размеры A_{41} .
- 1. Фрезеровать поверхность 2, выдерживая размеры D_{41} , D_{42} и A_{42} .



A(2:1)

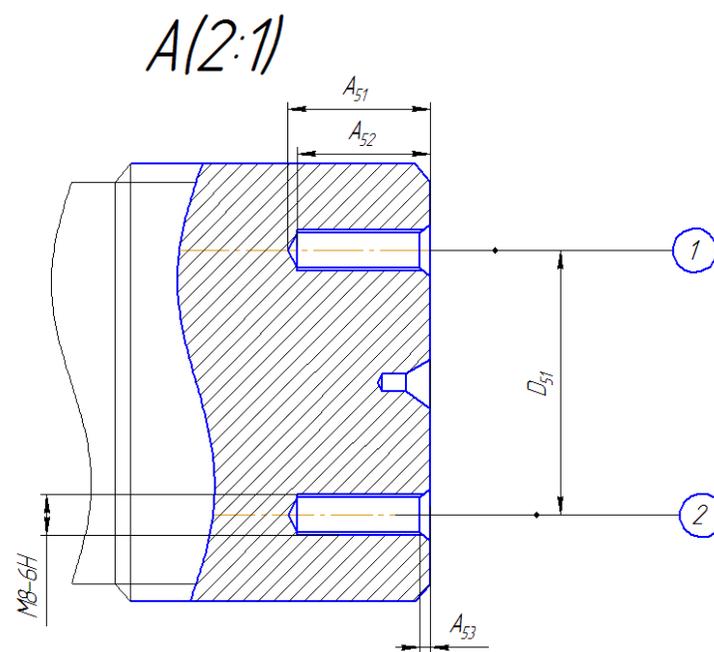
Б-Б





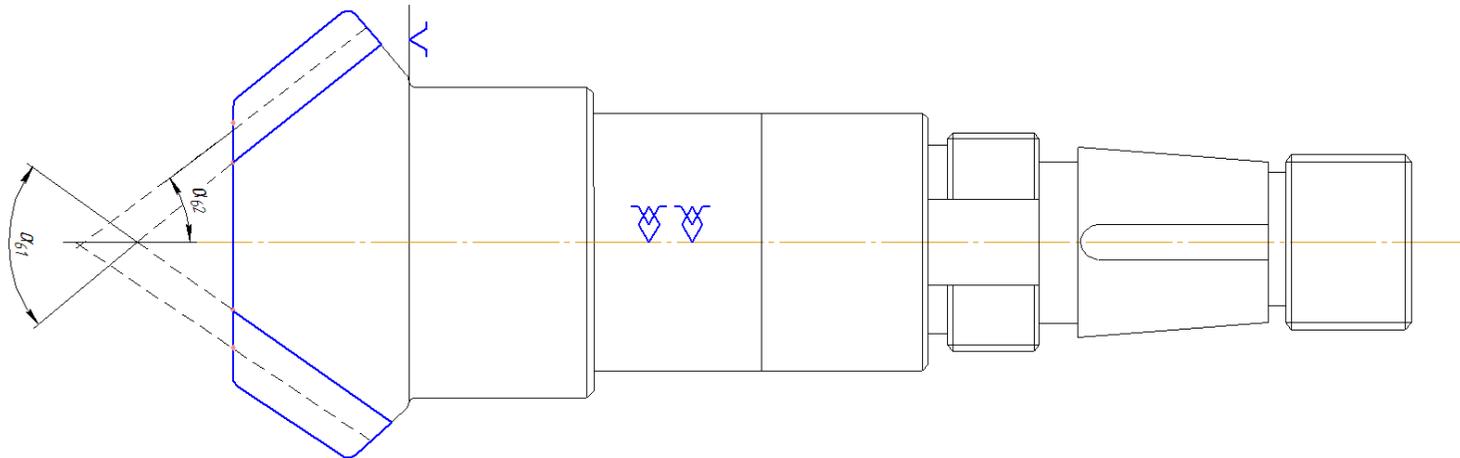
Установ Б

1. Центровать отверстия 1 и 2 центровкой Тип В ГОСТ 14034-74, выдерживая размер D_{51} .
2. Сверлить отверстия 1 и 2 сверлом $\varnothing 6.5$, выдерживая размеры A_{51} , D_{51} .
3. Снять фаски с углом 45° в отверстиях 1 и 2, выдерживая размеры A_{53} .
4. Нарезать резьбу М8-6Н в отверстиях 1 и 2, выдерживая размеры A_{52} .



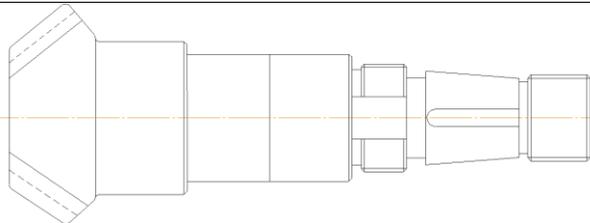
020– Зубофрезерная

1. Нарезать зуб, выдерживая размеры α_{61} и α_{62} .



Модуль торцевой	m	9
Число зубьев	z	11
Тип зуба	-	круговой
Осевая форма зуба по ГОСТ 19325 - 73	-	II
Угол наклона зуба в середине зубчатого венца	β	35°
Направление линии зуба	-	левое
Исходный контур	-	ГОСТ 1620
Коэффициент смещения	x_n	0,36
Коэффициент изменения толщины зуба	x_r	0,1
Угол делительного конуса	δ	23° 45'
Степень точности по ГОСТ 1758 - 81	-	8 - B
Постоянная хорда зуба в расчетном сечении	S_c	10,689
Измерительная высота до постоянной хорды	h_c	6,572
Допуск на биение зубчатого венца	F_z	0,05
Предельные отклонения окружного шага	f_{pt}	+0,025

Пятно контакта с зубьями парной шестерни	по длине	%	50
	по высоте	%	55
Боковой зазор в паре	величина	j_n	0,2..0,3
	колебание	F_{n12}	0,09
Межосевой угол передачи	Σ		90°
Метод нарезания зубьев	-		односторонний
Диаметр резцовой головки	d_f		304,8
Внешнее конусное расстояние	R_e		122,9
Среднее конусное расстояние	R		104,9
Средний делительный диаметр	d		87,095
Угол конуса впадин	δ_f		20° 41'3"
Внешняя высота зуба	h_e		16,87
Обозначение чертежа сопряженного зубчатого колеса			38Т21-7

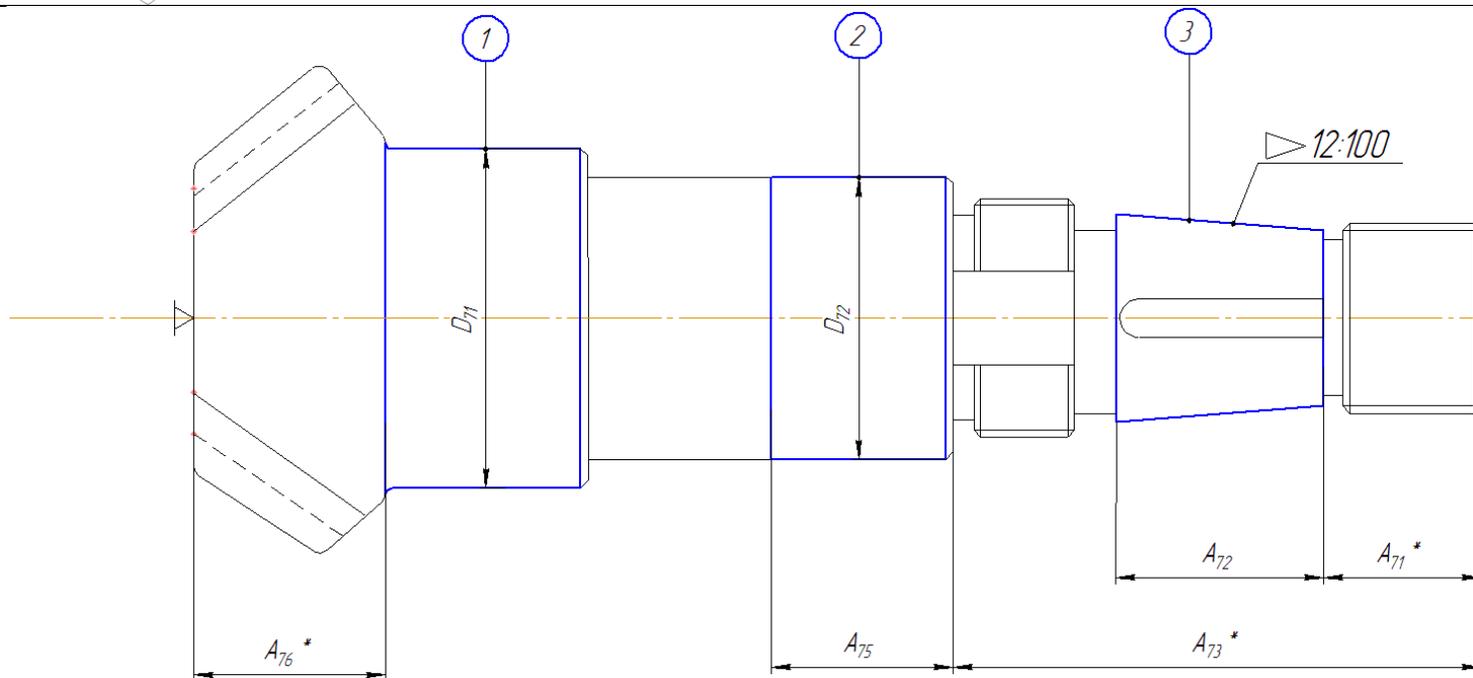


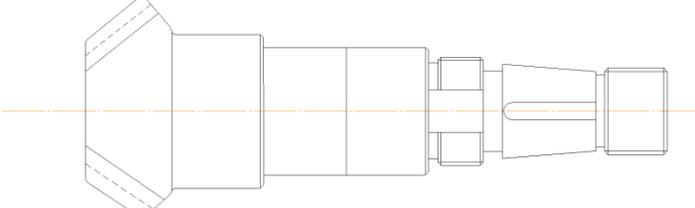
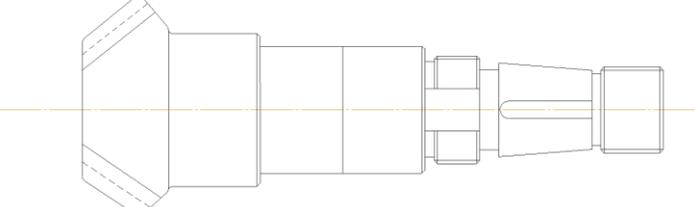
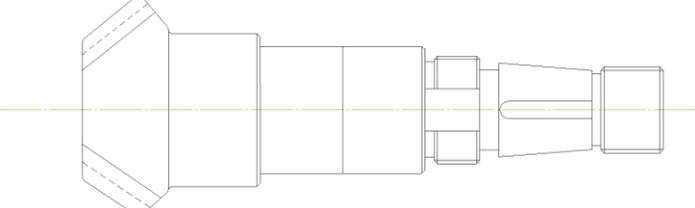
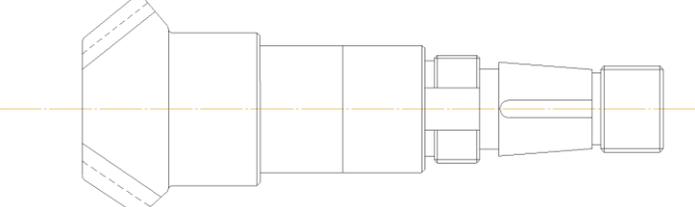
025 – Термическая

1. Закалить до HRC 26...32.

030 – Шлифовальная с ЧПУ

1. Шлифовать поверхность 3, выдерживая размеры A_{71} , A_{72} , и $\blacktriangleright 12:100$.
2. Шлифовать поверхность 2, выдерживая размеры A_{73}^* , A_{75} , и D_{72} .
3. Шлифовать поверхность 1, выдерживая размеры A_{76} , и D_{71} .



		035 – Слесарная
		040 – Моечная
		045 – Маркирование
		050 – Контрольная

1.6.1 Определение допусков на технологические размеры

Назначим допуски на технологические размеры по формуле:

$$TA = \omega_c + \rho_n + \varepsilon_b, \quad (10) [2]$$

где ω_c – статистическая погрешность размера А;

ρ_n – пространственное отклонение измерительной (технологической) базы;

ε_b – погрешность базирования;

Ниже представлены значения допусков на технологические размеры по операциям:

00. Заготовительная

$$TA_{0.1} = 1,5 \text{ мм};$$

$$TA_{0.2} = 1,5 \text{ мм}$$

$$TA_{0.3} = 1,5 \text{ мм}$$

$$TA_{0.4} = 1,5 \text{ мм}$$

$$TD_{0.1} = 1.2 \text{ мм (es = +0,8; ei = -0.4);}$$

$$TD_{0.2} = 1.2 \text{ мм}$$

$$TD_{0.3} = 1.2 \text{ мм}$$

$$TD_{0.4} = 1.2 \text{ мм}$$

ПОКОВКИ СТАЛЬНЫЕ ШТАМПОВАННЫЕ ГОСТ 7505-89

005. Фрезерная

$$TA_{1.1} = \omega_{c1.1} + \rho_{1.1} + \varepsilon_{1.1};$$

Приложение 1, таблица 1.

$$TA_{1.1} = 0,12 + 0,08 + 0,02 = 0,22 \text{ мм};$$

$$TA_{1.2} = 0,22 \text{ мм};$$

010. Токарная

$$TA_{2.1} = \omega_{c2.1} + \rho_{2.1} + \varepsilon_{2.1};$$

Приложение 1, таблица 1.

$$TA_{2.1} = 0,12 + 0,04 + 0,01 = 0,17 \text{ мм};$$

$$TA_{2.2} = 0,17 \text{ мм};$$

$$TA_{2.3} = 0,12 + 0,025 + 0,100 = 0,245 \text{ мм};$$

$$TA_{2.4} = 0,17 \text{ мм};$$

$$TA_{2.5} = 0,245 \text{ мм};$$

$$TA_{2.6} = 0,17 \text{ мм};$$

$$TA_{2.7} = 0,17 \text{ мм};$$

$$TA_{2.8} = 0,17 \text{ мм};$$

$$TA_{2.9} = 0,17 \text{ мм};$$

$$TA_{2.10} = 0,17 \text{ мм};$$

$$TD_{2.1} = 0,12 + 0,01 + 0,04 = 0,17 \text{ мм};$$

$$TD_{2.2} = 0,17 \text{ мм};$$

$$TD_{2.3} = 0,17 \text{ мм};$$

$$TD_{2.4} = 0,12 + 0,025 + 0,100 = 0,245 \text{ мм};$$

$$TD_{2.5} = 0,245 \text{ мм};$$

$$TD_{2.6} = 0,245 \text{ мм};$$

$$TD_{2.7} = 0,245 \text{ мм};$$

$$TD_{2.8} = 0,245 \text{ мм};$$

$$TD_{2.9} = 0,17 \text{ мм};$$

$$TD_{2.10} = 0,245 \text{ мм};$$

$$TD_{2.11} = 0,245 \text{ мм};$$

$$TD_{3.2} = 0,245 \text{ мм};$$

1.6.2 Определение минимальных припусков на обработку

Минимальные припуски в осевом направлении рассчитываем по формуле:

$$z_{i \min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i, \quad (11) [2]$$

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.

Осевые припуски:

$$1) z_{1.1min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i$$

$$Rz_{i-1} = 150 \text{ мкм [10];}$$

$$h_{i-1} = 200 \text{ мкм [10];}$$

$$\rho_{\phi i-1} = 500 \text{ мкм [7];}$$

$$\rho_{pi-1} = 700 \text{ мкм; [7];}$$

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{\phi i-1}^2 + \rho_{pi-1}^2} = \sqrt{500^2 + 700^2} = 860 \text{ мкм; (12) [2]}$$

$$\varepsilon_3 = 110 \text{ мкм [7];}$$

$$\varepsilon_B = 0 \text{ [7];}$$

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_3^2 + \varepsilon_B^2}; (13) [2]$$

$$\varepsilon_{1.1} = \sqrt{110^2 + 0^2} = 110 \text{ мкм;}$$

$$z_{1.1min} = 150 + 200 + 860 + 110 = 1320 \text{ мкм;}$$

$$2) z_{1.2min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i = 1320 \text{ мкм;}$$

$$3) z_{22min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i = 1320 \text{ мкм}$$

$$4) z_{25min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i = 1320 \text{ мкм}$$

$$5) z_{26min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i = 1320 \text{ мкм}$$

$$6) z_{7,1min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i$$

$$Rz_{i-1} = 30 \text{ мкм [10];}$$

$$h_{i-1} = 35 \text{ мкм [10];}$$

$$\rho_{\phi i-1} = 29 \text{ мкм [7];}$$

$$\rho_{pi-1} = 47 \text{ мкм; [7];}$$

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{\phi i-1}^2 + \rho_{pi-1}^2} = \sqrt{29^2 + 47^2} = 56 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_3 = 80 \text{ мкм} [7];$$

$$\varepsilon_B = 0 [7];$$

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_3^2 + \varepsilon_B^2};$$

$$\varepsilon_{1.1} = \sqrt{80^2 + 0^2} = 80 \text{ мкм};$$

$$z_{7,1min} = 30 + 35 + 56 + 80 = 201 \text{ мкм}$$

Радиальные припуски:

Минимальные симметричные припуски на обработку поверхностей вращения определяются по формуле:

$$2 \cdot z_{i \min} = 2 \cdot \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (7)$$

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.

$$1) 2 \cdot z_{D2.1} = 2 \cdot \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right);$$

$$Rz_{i-1} = 150 \text{ мкм} [10];$$

$$h_{i-1} = 200 \text{ мкм} [10];$$

$$\rho_{\phi i-1} = 600 + 450 = 1050 \text{ мкм} [7];$$

$$\rho_{pi-1} = 700; [7];$$

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{\phi i-1}^2 + \rho_{pi-1}^2} = \sqrt{1050^2 + 700^2} = 1262 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_3 = 110 \text{ мкм} [7];$$

$$\varepsilon_B = 0 [7];$$

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_3^2 + \varepsilon_B^2};$$

$$\varepsilon_{D2.1} = \sqrt{110^2 + 0^2} = 110 \text{ мкм};$$

$$z_{D2.1} = 2 \cdot (150 + 200 + \sqrt{1262^2 + 110^2}) = 2 \cdot 1616 = 3233 \text{ мкм};$$

2) $z_{D2.2} = 3233 \text{ мкм};$

3) $z_{D2.3} = 3233 \text{ мкм};$

4) $z_{D3.1} = 3233 \text{ мкм};$

5) $2 \cdot z_{D7.1} = 2 \cdot \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{\phi i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right);$

$$Rz_{i-1} = 30 \text{ мкм} [10];$$

$$h_{i-1} = 40 \text{ мкм} [10];$$

$$\rho_{\phi i-1} = 10 \text{ мкм} [7];$$

$$\rho_{pi-1} = 30 [7];$$

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{\phi i-1}^2 + \rho_{pi-1}^2} = \sqrt{10^2 + 30^2} = 32 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_3 = 45 \text{ мкм} [7];$$

$$\varepsilon_B = 0 [7];$$

$$z_{D7.1} = 2 \cdot (30 + 40 + \sqrt{32^2 + 45^2}) = 2 \cdot 125 = 250 \text{ мкм};$$

6) $z_{D7.2} = 250 \text{ мкм};$

7) $z_{D7.3} = 250 \text{ мкм};$

1.6.3 Расчет диаметральных технологических размеров.

Расчеты производятся на основании методики, изложенной в пособии [4].

1)

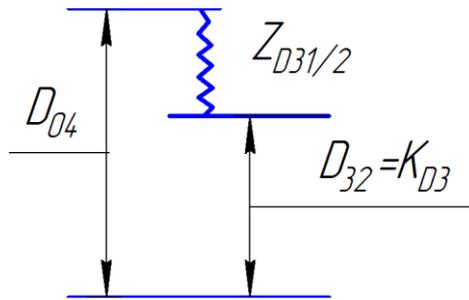


Рис. 1

$$D_{32}^c = K_{03} = 118,33_{\pm 0,07} \text{ мм};$$

Подсчитываем среднее значение звена D_{32} :

$$D_{32}^c = D_{32} + \frac{BOD_{32} + HOD_{32}}{2} = 118,26 + \frac{0 + (-0,14)}{2} = 118,33 \text{ мм};$$

$$z_{D31} = TD_{04} = BOD_{04} - HOD_{04} = 0,6 - (-0,8) = 1,4 \text{ мм};$$

Находим среднее значение припуска z_{D31} :

$$z_{D31}^c = z_{D31min} + \frac{TD_{32} + TD_0}{2} = 1,322 + \frac{0,14 + 1,2}{2} = 2,092 \text{ мм};$$

Подсчитываем среднее значение звена D_{04} :

$$D_{04}^c = D_{32}^c + z_{D32}^c = 118,33 + 2,092 = 120,422 \text{ мм};$$

$$D_{04} = D_{04}^c + \frac{BOD_{04} + HOD_{04}}{2} = 120,422 - \frac{0,5 - 0,7}{2} = 120,322 \text{ мм};$$

$$D_{0,4 \text{ расч.}} = 120,322_{-0,8}^{+0,6} \text{ мм};$$

$$D_{0,4} = 120,5_{-0,7}^{+0,6} \text{ мм};$$

2)

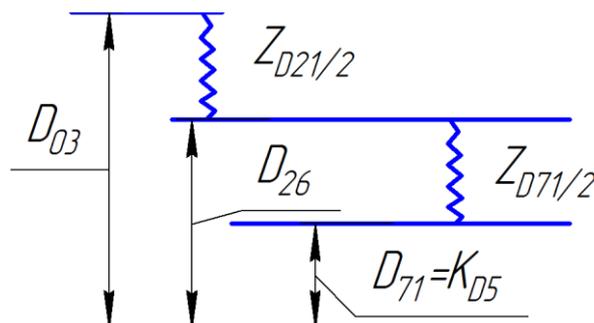


Рис. 2

Подсчитываем среднее значение звена D_{71} :

$$D_{71}^c = D_{71} + \frac{BOD_{71} + HOD_{71}}{2} = 65 + \frac{0,03 + 0,011}{2} = 65,0205 \text{ мм};$$

Находим среднее значение припуска z_{D71} :

$$z_{D71}^c = z_{D71min} + \frac{TD_{71} + TD_{26}}{2} = 0,25 + \frac{0,019 + 0,245}{2} = 0,382 \text{ мм};$$

Подсчитываем среднее значение звена D_{23} :

$$D_{26}^c = D_{71}^c + z_{D71}^c = 65,0205 + 0,382 = 65,4025 \text{ мм};$$

$$D_{26 \text{ расч.}} = 65,4025 \pm 0,1225 \text{ мм};$$

Находим среднее значение припуска z_{D71} :

$$z_{D21}^c = z_{D21min} + \frac{TD_{26} + TD_{0.3}}{2} = 3,233 + \frac{0,245 + 1,2}{2} = 3,9555 \text{ мм};$$

Подсчитываем среднее значение звена $D_{0.3}$:

$$D_{0.3}^c = D_{26}^c + z_{D21}^c = 65,4025 + 3,9555 = 69,358 \text{ мм};$$

$$D_{0.3 \text{ расч.}} = 69,358_{-0,7}^{+0,5} \text{ мм};$$

$$D_{0.3} = 69,5_{-0,7}^{+0,5} \text{ мм};$$

3)

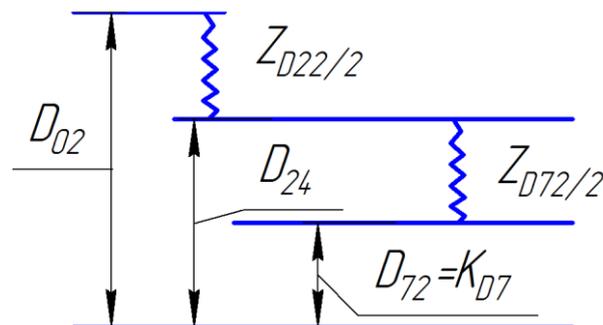


Рис. 3

Подсчитываем среднее значение звена D_{72} :

$$D_{72}^c = D_{72} + \frac{BOD_{72} + HOD_{72}}{2} = 60 + \frac{0,03 + 0,011}{2} = 60,0205 \text{ мм};$$

Находим среднее значение припуска z_{D72} :

$$z_{D72}^c = z_{D72min} + \frac{TD_{71} + TD_{26}}{2} = 0,25 + \frac{0,019 + 0,245}{2} = 0,382 \text{ мм};$$

Подсчитываем среднее значение звена D_{24} :

$$D_{24}^c = D_{72}^c + z_{D72}^c = 60,0205 + 0,382 = 60,4025 \text{ мм};$$

$$D_{24 \text{ расч.}} = 60,4025 \pm 0,1225 \text{ мм};$$

Находим среднее значение припуска z_{D22} :

$$z_{D22}^c = z_{D22min} + \frac{TD_{24} + TD_{0.2}}{2} = 3,233 + \frac{0,245 + 1,2}{2} = 3,9555 \text{ мм};$$

$$D_{2.3} = 20,8^{+0,1} \text{ мм};$$

Подсчитываем среднее значение звена $D_{0.2}$:

$$D_{0.2}^c = D_{24}^c + z_{D22}^c = 60,4025 + 3,955 = 64,358 \text{ мм};$$

$$D_{0.2 \text{ расч.}} = 64,358_{-0,7}^{+0,5} \text{ мм};$$

$$D_{0.2} = 64,5_{-0,7}^{+0,5} \text{ мм};$$

4)

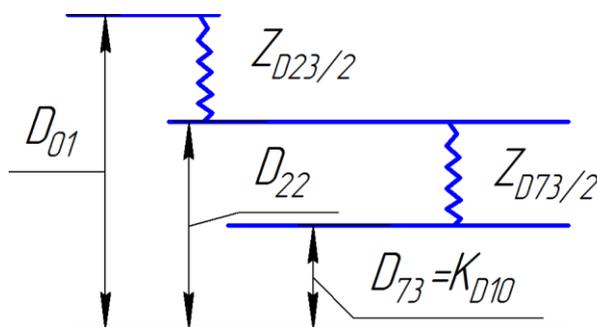


Рис. 4

Подсчитываем среднее значение звена D_{73} :

$$D_{73}^c = D_{73} + \frac{BOD_{73} + HOD_{73}}{2} = 48 + \frac{0 - 0,062}{2} = 47,969 \text{ мм};$$

Находим среднее значение припуска z_{D73} :

$$z_{D73}^c = z_{D73min} + \frac{TD_{73} + TD_{22}}{2} = 0,25 + \frac{0,062 + 0,245}{2} = 0,4035 \text{ мм};$$

Подсчитываем среднее значение звена D_{22} :

$$D_{22}^c = D_{73}^c + z_{D73}^c = 47,969 + 0,4035 = 48,3725 \text{ мм};$$

$$D_{22 \text{ расч.}} = 48,3725 \pm 0,1225 \text{ мм};$$

Находим среднее значение припуска z_{D28} :

$$z_{D28}^c = z_{D23 \text{ min}} + \frac{TD_{22} + TD_{0.1}}{2} = 3,233 + \frac{0,245 + 1,2}{2} = 3,9555 \text{ мм};$$

Подсчитываем среднее значение звена $D_{0.1}$:

$$D_{0.1}^c = D_{22}^c + z_{D23}^c = 48,3725 + 3,9555 = 52,328 \text{ мм};$$

$$D_{0.1 \text{ расч.}} = 52,328_{-0,7}^{+0,5} \text{ мм};$$

$$D_{0.1} = 52,5_{-0,7}^{+0,5} \text{ мм};$$

1.6.4 Расчет продольных технологических размеров.

Расчеты производятся на основании методики, изложенной в пособии [4].

При расчете вероятностным методом проверим условие обеспечения точности конструкторского размера:

$$TK \geq \sum_{i=1}^{n+p} TA_i \quad (14) [4]$$

$$TK_1 = TA_{26} = 0,34;$$

$$TK_2 = \sqrt{TA_{12}^2 + TA_{75}^2 + TA_{21}^2} = 0,46 \geq \sqrt{0,22^2 + 0,34^2 + 0,17^2}$$

$$0,46 \geq 0,4;$$

$$TK_3 = TA_{26} = 0,74;$$

$$TK_4 = \sqrt{TA_{12}^2 + TA_{75}^2 + TA_{21}^2 + TA_{23}^2} = 0,5 \geq \sqrt{0,22^2 + 0,34^2 + 0,17^2 + 0,24^2};$$

$$0,5 \geq 0,47$$

$$TK_5 = TA_{24} = 0,74;$$

$$TK_6 = TA_{210} = 0,225;$$

$$TK_7 = TA_{22} = 0,74;$$

$$TK_8 = TA_{211} = 0,36;$$

$$TK_9 = TA_{29} = 0,225;$$

$$TK_{10} = TA_{12} = 0,46;$$

Далее рассмотрим двухзвенные цепи. Из этих цепей имеем:

$$K_1 = A_{75} = 44_{-0,34};$$

$$K_3 = A_{26} = 50 \pm 0,37;$$

$$K_5 = A_{24} = 50 \pm 0,31;$$

$$K_6 = A_{210} = 3 \pm 0,125;$$

$$K_7 = A_{22} = 51 \pm 0,37;$$

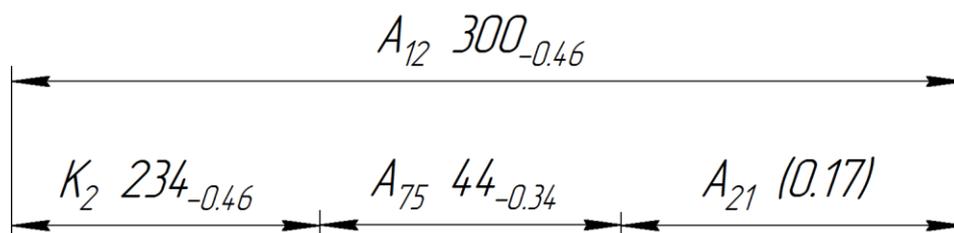
$$K_8 = A_{211} = 4 \pm 0,18;$$

$$K_9 = A_{29} = 3 \pm 0,125;$$

$$K_{10} = A_{12} = 300_{-0,46};$$

После этого последовательно рассматриваем размерные цепи с одним неизвестным технологическим размером и, используя способ средних значений, в итоге определяем его номинальное значение и предельные отклонения.

1) Найдем технологический размер A_{21} .



$$K_2 = A_{12} - A_{75} - A_{21};$$

$$A_{21} = -K_2 + A_{12} - A_{75};$$

$$A_{21}^c = -K_2^c + A_{12}^c - A_{75}^c;$$

$$K_2^c = K_2 + \frac{BOK_{2,1} + HOK_2}{2} \quad (15) [4]$$

$$K_2^c = 234 + \frac{0 + (-0.46)}{2} = 233.77 \text{ мм};$$

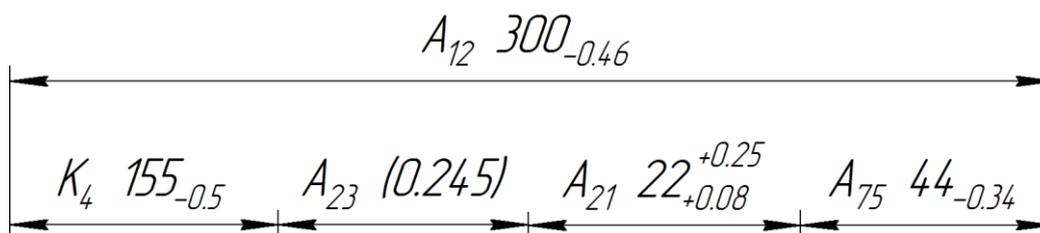
$$A_{75}^c = 44 + \frac{0 + (-0.34)}{2} = 43.83 \text{ мм};$$

$$A_{12}^c = 300 + \frac{0 + (-0.46)}{2} = 299.77 \text{ мм};$$

$$A_{21}^c = -233.7 - 43.834 + 299.77 = 22.17 \text{ мм};$$

Принимаем $A_{21} = 22,17 \pm 0,085 \text{ мм}$.

2) Найдем технологический размер A_{23} .



$$K_4 = A_{12} - A_{75} - A_{21} - A_{23};$$

$$A_{23}^c = -K_4^c + A_{12}^c - A_{75}^c - A_{21}^c ;$$

$$K_4^c = 155 + \frac{0 + (-0.5)}{2} = 154,85 \text{ мм};$$

$$A_{75}^c = 43.84 \text{ мм};$$

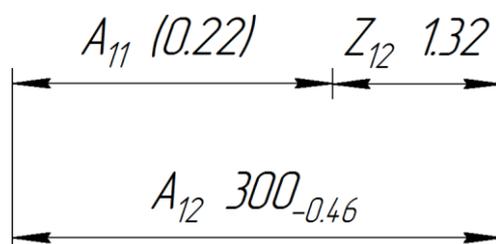
$$A_{12}^c = 299.77 \text{ мм};$$

$$A_{21}^c = 22.17 \text{ мм};$$

$$A_{23}^c = -154,85 - 43.83 + 299.77 - 22.172 = 78,92 \text{ мм};$$

Принимаем $A_{21} = 78,92 \pm 0,122 \text{ мм}$.

3) Найдем технологический размер A_{11} .



$$Z_{12} = A_{11} - A_{12};$$

$$A_{11}^c = A_{12}^c + Z_{12}^c ;$$

$$Z_{12}^c = Z_{12min} + \frac{TA_{11} + TA_{12}}{2}; \quad (16) [4]$$

$$Z_{12}^c = 1.32 + \frac{0.22 + 0.46}{2} = 1.66 \text{ мм};$$

$$A_{12}^c = 299.77 \text{ мм};$$

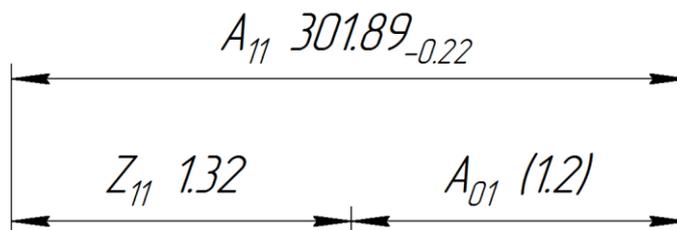
$$A_{11}^c = 299.77 + 1.66 = 301.89 \text{ мм};$$

Принимаем $A_{21} = 302_{-0.11} \text{ мм}$.

Уточним значение Z_{12} :

$$Z_{12} = A_{11} - A_{21} = 302_{-0.11} - 300_{-0.46} = 2_{-0.11}^{+0.46};$$

4) Найдем технологический размер A_{01} .



$$Z_{11} = A_{01} - A_{11};$$

$$A_{01}^c = A_{11}^c + Z_{11}^c;$$

$$Z_{11}^c = 1.32 + \frac{0.22 + 1.5}{2} = 2,16 \text{ мм};$$

$$A_1^c = 301.89 \text{ мм};$$

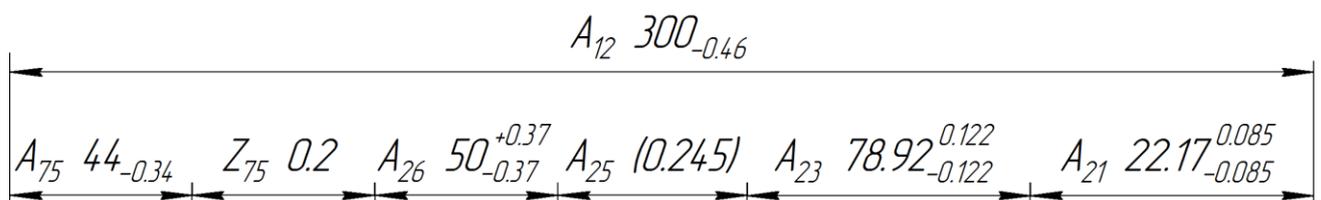
$$A_{01}^c = 301.89 + 2,16 = 304,05 \text{ мм};$$

Принимаем $A_{01} = 304,7_{-0.6} \text{ мм}$.

Уточним значение Z_{11} :

$$Z_{12} = A_{01} - A_{11} = 304,7_{-0.6} - 301.89_{-0.22} = 2,81_{-0.6}^{+0.22};$$

5) Найдем технологический размер A_{25} .



$$Z_{75} = A_{26} + A_{25} + A_{23} + A_{21} - A_{12} + A_{75};$$

$$A_{25}^c = -A_{75}^c + A_{12}^c - A_{26}^c - A_{21}^c - A_{23}^c - Z_{75}^c ;$$

$$A_{12}^c = 299.77 \text{ мм};$$

$$A_{21}^c = 22.17 \text{ мм};$$

$$A_{23}^c = 78.92 \text{ мм};$$

$$A_{75}^c = 43.83 \text{ мм};$$

$$A_{26}^c = 50 + \frac{0.37 + (-0.37)}{2} = 50 \text{ мм};$$

$$Z_{75}^c = 0.2 + \frac{0.74 + 0.245 + 0.17 + 0.46}{2} = 1 \text{ мм};$$

$$A_{25}^c = -43.83 + 299.77 - 22.17 - 50 - 78.92 = 103.68 \text{ мм};$$

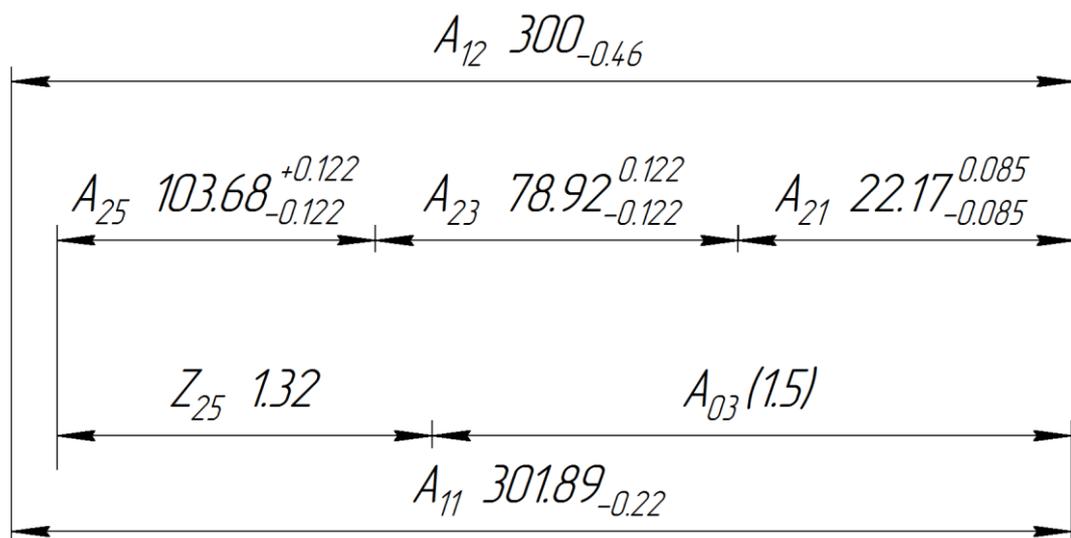
Принимаем $A_{25} = 103.68 \pm 0.122 \text{ мм}$.

Уточним значение Z_{75} :

$$Z_{12} = 300_{-0.46} - 44_{-0.34} - 78.92 \pm 0.122 - 22.17 \pm 0.085 - 103.68 \pm 0.122 = 1.23_{-0.503}^{+0.357};$$

Принимаем $Z_{12} = 1.23_{-0.50}^{+0.36}$.

б) Найдем технологический размер A_{03} .



$$Z_{25} = A_{25} + A_{23} + A_{21} + A_{11} - A_{12} - A_{03};$$

$$A_{03}^c = A_{25}^c + A_{23}^c + A_{21}^c + A_{11}^c - A_{12}^c - Z_{25}^c ;$$

$$A_{12}^c = 299.77 \text{ мм};$$

$$A_{21}^c = 22.17 \text{ мм};$$

$$A_{23}^c = 78,92 \text{ мм};$$

$$A_{25}^c = 103,68 \text{ мм};$$

$$A_{11}^c = 301,89 \text{ мм};$$

$$Z_{25}^c = 1,5 + \frac{0,225 + 0,225 + 0,17 + 0,22 + 0,46}{2} = 2,15 \text{ мм};$$

$$A_{03}^c = -2,15 + 103,68 + 78,92 + 22,17 + 301,78 - 299,77 = 204,28 \text{ мм};$$

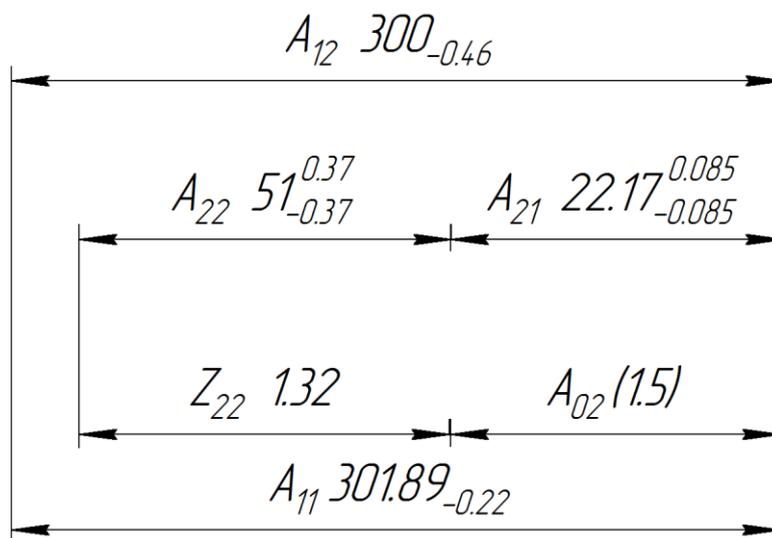
Принимаем $A_{03} = 204.28 \pm 0,75 \text{ мм}$.

Уточним значение Z_{25} :

$$Z_{25} = 103,68 \pm 0,22 + 78,92 \pm 0,122 + 22,17 \pm 0,085 + 302_{-0,11} - 300_{-0,46} + 203,28 \pm 0,75 = 3,38_{-0,774}^{+1,014};$$

Принимаем $Z_{25} = 3,38_{-0,77}^{+1,01}$.

7) Найдем технологический размер A_{02} .



$$Z_{22} = A_{22} + A_{21} - A_{12} + A_{11} - A_{02};$$

$$A_{02}^c = A_{22}^c + A_{21}^c - A_{12}^c + A_{11}^c - Z_{22}^c ;$$

$$A_{12}^c = 299.77 \text{ мм};$$

$$A_{21}^c = 22.17 \text{ мм};$$

$$A_{11}^c = 301,89 \text{ мм};$$

$$A_{22}^c = 51 + \frac{0,37 + (-0,37)}{2} = 51 \text{ мм};$$

$$Z_{22}^c = 1,32 + \frac{0,74 + 0,17 + 0,22 + 0,46}{2} = 2,115 \text{ мм};$$

$$A_{02}^c = 51 + 22,17 - 299,77 + 301,78 - 2,115 = 75,185 \text{ мм};$$

Принимаем $A_{02} = 75,18 \pm 0,75 \text{ мм}$.

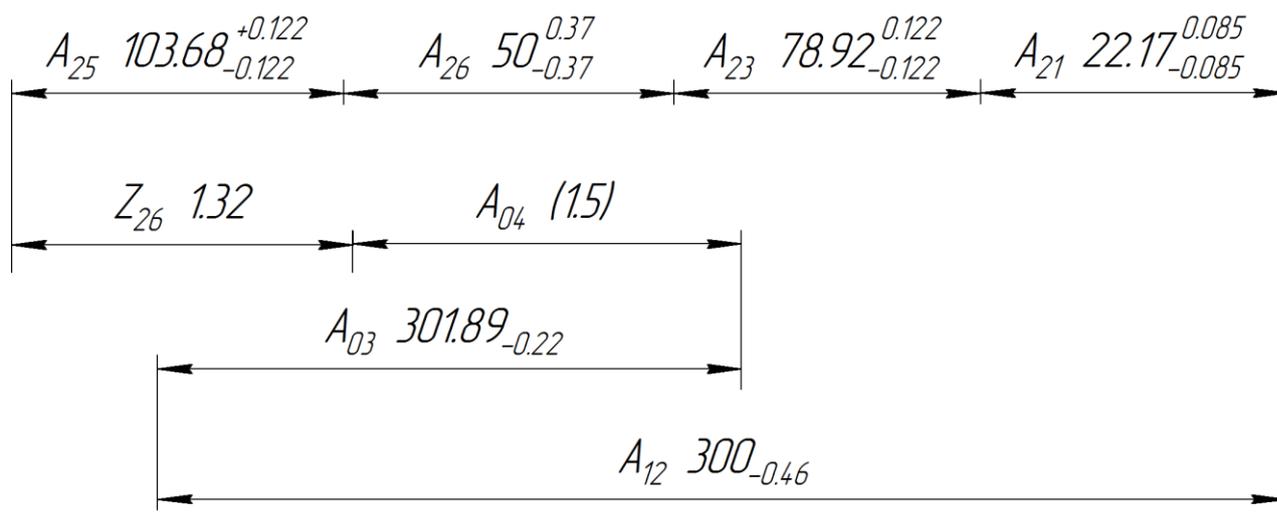
Уточним значение Z_{22} :

$$Z_{22} = 51 \pm 0,37 + 22,17 \pm 0,085 - 300_{-0,46} + 301,89_{-0,22} - 75_{-0,57}^{+0,75} =$$

$$2,06_{-1,035}^{+1,225};$$

Принимаем $Z_{25} = 2_{-0,97}^{+1,22}$.

8) Найдем технологический размер A_{04} .



$$Z_{26} = A_{26} + A_{25} + A_{23} + A_{21} + A_{11} - A_{04} - A_{12};$$

$$A_{03}^c = A_{26}^c + A_{25}^c + A_{23}^c + A_{21}^c + A_{11}^c - Z_{26}^c;$$

$$A_{12}^c = 299.77 \text{ мм};$$

$$A_{21}^c = 22.17 \text{ мм};$$

$$A_{25}^c = 103,68 \text{ мм};$$

$$A_{26}^c = 50 \text{ мм};$$

$$A_{23}^c = 78,92 \text{ мм};$$

$$A_{11}^c = 301,89 \text{ мм};$$

$$Z_{26}^c = 1,32 + \frac{0,74 + 0,17 + 0,25 + 0,25 + 0,46 + 0,22}{2} = 3,41 \text{ мм};$$

$$A_{04}^c = -3,41 + 50 + 103,68 + 78,92 + 22,17 + 301,89 - 299,77 \\ = 253,48 \text{ мм};$$

Принимаем $A_{04} = 253,5_{-0,75}^{+0,73}$ мм .

Уточним значение Z_{04} :

$$Z_{26} = 50 \pm 0,37 + 103,68 \pm 0,122 - 78,92 \pm 0,122 + 22,17 \pm 0,085 + \\ 301,89_{-0,22} - 253,5 \pm 0,75 - 300_{-0,22} = 3,16_{-0,909}^{+0,571};$$

Принимаем $Z_{04} = 3,16_{-0,91}^{+0,57}$.

1.7 Выбор оборудования и технологической оснастки

Операция 005«Фрезерно-центровальная».

Оборудование: Фрезерно-центровально-обточной полуавтомат 2Г942.14

Технические характеристики	Значение
Пределы длины обрабатываемых деталей, мм	100-500
Пределы диаметров устанавливаемых в тисках деталей, мм	20-160
Наибольший диаметр сверления, мм	16
Количество шпинделей	4
Пределы частот вращения шпинделей: сверлильного, об/мин	159...1588
Пределы частот вращения шпинделей: фрезерного, об/мин	130...740
Пределы бесступенчатых подач сверлильного шпинделя, мм/мин	20...2000
Пределы бесступенчатых подач фрезерного шпинделя, мм/мин	20...2000
Ход пиноли сверлильного шпинделя, мм	100
Габарит полуавтоматов, мм:длина	3970
ширина	1750
высота	2000
Род тока питающей сети перем.	3-х фазный
Частота тока, Гц	50
Напряжение, В	380/220

Количество электродвигателей	9
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	36.28
Вместимость резервуаров гидростанции, л	100
Рабочее давление в гидросистеме, МПа	3,5-4,0
Производительность, л/мин	50
Тип передачи	ременная
Масса станка, кг	4800

Таблица 3.12 – технические характеристики фрезерно-центровально-обточного полуавтомата 2Г942.14

Инструмент:

1. Торцовая насадная фреза CoroMill 245, пластины R242-12 T3 E-ML.
2. Центровочные комбинированные сверла Garant Ø6.3 type B по ГОСТ 14952-75 с цилиндрическим хвостовиком.

Операция 010«Токарная с ЧПУ».

Оборудование: Токарный станок с ЧПУ СJK6132

Технические характеристики	Значение
Диаметр обработки над станиной, мм	320
Диаметр обработки над суппортом, мм	150
Расстояние между центрами, мм	1000
Конус шпинделя наружный / внутренний	MT5
Диаметр отверстия в шпинделе, мм	38
Диапазон скорости вращения шпинделя, об/мин	100-2500
Продольный ход суппорта, мм	1000
Поперечный ход суппорта, мм	160
Скорость продольной подачи, м/мин	0-10
Скорость поперечной подачи, м/мин	0-5
Повторяемость продольная / поперечная, мм	0,01
Минимальный ввод (шаг подачи), мм	0,001
Количество позиций в инструментальной головке	4/6
Конус задней бабки	MT3
Ход пиноли задней бабки, мм	160
Тип двигателей привода подач	шаговые / швп
Усилия шаговых двигателей по осям X/Z, Нм	6/12
Мощность двигателя шпинделя, кВт	2,2
Вес нетто/брутто, кг	1200/1300
Размеры в упаковке, мм	2300x100x1650

Подключение, В/Гц	3ph 380V/50Hz
Диаметр обработки над станиной, мм	320
Диаметр обработки над суппортом, мм	150

Таблица 3.9 – технические характеристики токарного станка с ЧПУ СJK6132

Инструмент:

1. Sandvik coromant державка T-max P, пластина CNMG PR.
2. Sandvik coromant державка T-max P, пластина CNMG SF.
3. Sandvik coromant Coro-Turn SL, пластина Coro-Cut QD.
4. Sandvik coromant Coro-Thread 266, пластина 266 R/LG.

Операция 015 «Сверлильно – фрезерная с ЧПУ».

Оборудование – фрезерный станок с ЧПУ ХК7132А, его технические характеристики в таблице 3.13.

Таблица 3.13 – технические характеристики фрезерного станка с ЧПУ ХК7132А

Технические характеристики	Значение
Движение по оси X, мм	500
Движение по оси Y, мм	320
Движение по оси Z, мм	400
Расстояние между шпинделем и столом, мм	120-520
Расстояние между шпинделем и колонной, мм	360
Скорость подачи по осям X,Y, мм/мин	24000
Скорость подачи по оси Z, мм/мин	18000
Скорость подачи, мм/мин	1-40000
Размер поворотного стола, мм	800×320
Мак.грузоподъёмность стола, кг	300
Мак.скорость шпинделя, об/мин	10000
Номинальная мощность главного двигателя, кВт	3,7
Конус шпинделя	BT30

Мак.диаметр инструмента, мм	φ100
Мак.длина инструмента, мм	200
Мак.вес инструмента, кг	5
Пневматическое давление, мПа	0,6
Вес, кг	2400
Размер, мм	1600×1840× 2110

Инструмент:

1. Концевая фреза – CoroMillPlura Ø14.
2. Сверло спиральное Garant Ø 6.75 по ГОСТ 4010-77.
3. Зенковка коническая Garant Ø 10 по ГОСТ 14953-80.
4. Метчик Garant M8 с винтовыми канавками по ГОСТ 17933-72.
5. Инструмент – концевая фреза – CoroMillPlura Ø30.
6. Центровочные комбинированные сверла Garant Ø6.3 type B по ГОСТ 14952-75 с цилиндрическим хвостовиком.

Операция 020 «Зубофрезерная».

Оборудование – зубофрезерный станок для обработки конических колес с круговым зубом YKD-2280, технические характеристики в таблице 3.14.

Технические характеристики	Значение
Максимальный нарезаемый модуль, мм	15
Максимальное расстояние начального конуса (спиральный угол 30°), мм	420
Макс. диаметр делительной окружности	800
Угол наклона зубьев	5°30' - 84°0
Макс. спиральный угол	45°
Макс. глубина резания, мм	32
Макс. ширина торца, мм	100
Кол-во нарезаемых зубьев	4-100

Частота вращений резцовой головки, об/мин	31-110
Мощность главного мотора, кВт	15
Общая мощность, кВт	40
Вес станка, кг	12500
Габариты(Д×Ш×В), мм	2900×2750× 2200

Таблица 3.14 – технические характеристики зубофрезерного станка для обработки конических колес с круговым зубом УКД-2280.

Инструмент:

1. Дисковая модульная фреза №3 m=9 ГОСТ 10996-64.

Операция 030 «Шлифовальная».

Оборудование – круглошлифовальный станок 3М151Ф2, технические характеристики в таблице 3.16.

Технические характеристики	Значение
Длина, мм	4635
Ширина, мм	2450
Высота, мм	2170
Класс точности станка по ГОСТ 8-82, (Н, П, В, А, С)	П
Частота вращения шпинделя min/max, об/мин	50/500
Тип УЧПУ и емкость инструментального магазина	УЧПУ
Диаметр обрабатываемой детали, мм	200

Таблица 3.16 – технические характеристики круглошлифовального станка 3М151Ф2

Инструмент:

1. ПП 600х50х305 24А 25-П СТ1 6 К5 35м/с А 1 кл. ГОСТ 2424-83;

1.8 Расчет режимов резания

Обрабатываемый материал – сталь 18ХГТ ГОСТ 4543-71, $\sigma_B = 980$ Мпа, 217 НВ [1].

Операция 005 «Фрезерно-центровальная».

Оборудование: Фрезерно-центровально-обточной полуавтомат 2Г942.14

Переход 1 – фрезеровать торцы.

Расчет проводим, используя данные справочной литературы [1].

Инструмент – Торцовая насадная фреза CoroMill 245, пластины R242-12 T3 E-ML.

$z = 5$; $D = 125$ мм. $S = 0.07$; $T = 80$ мин.; $t \sim 1.69$ мм. ;

$$V = \frac{C_p \cdot D^g}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v \quad (16)$$

Значения коэффициентов: $C_v = 234$; $m = 0,37$; $x = 0,24$; $y = 0,26$; $g = 0,2$; $u = 0,1$; $P = 0,13$.

$$K_{mv} = K_\Gamma * \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v};$$

$$K_{mv} = 1 * \left(\frac{750}{980}\right)^1 = 0,765;$$

$$K_v = 0,765 * 1 * 1 = 0,765;$$

Скорость резания,

$$V = \frac{234 \cdot 125^{0,2}}{80^{0,2} \cdot 1.89^{0,24} \cdot 0,07^{0,26} \cdot 3,3^{0,1} \cdot 5^{0,13}} \cdot 0,765 = 319.27 \text{ м/мин}$$

Определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}; \quad (17)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 319.27}{\pi \cdot 125} = 813.42 \text{ об/мин.}$$

$$n = 813 \text{ об/мин.}$$

Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z}{D^g \cdot n^w} \cdot K_{mp}$$

Значения коэффициентов: $C_p = 825$ $x = 0.85$; $y = 0,75$; $u = 0,1$; $g = 0.73$;

$$K_{mp} = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,75} = 1,22;$$

Главная составляющая силы резания :

$$P_z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 1,89^{0,85} \cdot 0,07_z^{0,75} \cdot 3,3^{0,1} \cdot 5}{125^{0,73} \cdot 813^{-0,13}} \cdot 1,22 = 741 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (18)$$

$$N = \frac{11,18 \cdot 319,27}{1020 \cdot 60} = 3,86 \text{ кВт}$$

Крутящий момент

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} \quad (19)$$

$$M_{кр} = \frac{11,18 \cdot 125}{2 \cdot 100} = 6,98 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Переход 2 – сверлить центровые отверстия Ø6,3.

Инструмент – Центровочные комбинированные сверла Garant Ø6.3 type В по ГОСТ 14952-75 с цилиндрическим хвостовиком.

$D = 6,3 \text{ мм}; S = 0,08 \text{ мм/об}; T = 15 \text{ мин}$

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^g}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v$$

$$V = \frac{7 \cdot 6,3^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0,08^{0,7}} \cdot 0,765 = 50,2 \text{ м/мин}$$

$$C_v = 7 \quad g = 0,4; y = 0,7; m = 0,20;$$

Крутящий момент и осевая сила при сверлении

$$C_m = 0,345; g_m = 2; y_m = 0,8$$

$$M = 10C_m \cdot D^{g_m} \cdot S^{y_m} \cdot K_p = 0,345 \cdot 6,3^2 \cdot 0,08^{0,8} \cdot 0,69 = 1,25 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Частота вращения заготовки:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 50,2}{3,14 \cdot 6,3} = 2545 \text{ об/мин.}$$

$$n = 2500 \text{ об/мин.}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{M_n \cdot n}{9750} = \frac{1,25 \cdot 2545}{9750} = 0,32 \text{ кВт}$$

Операция 010 «Токарная с ЧПУ».

Оборудование: Токарный станок с ЧПУ СJK6132

Переход 1- точить цилиндрическую поверхность Ø39 (поверхность 1),

Инструмент – Sandvik coromant державка T-max P, пластина CNMG PR.

Расчет проводим, используя данные справочной литературы [1].

Глубина резания $t = 3,2$ мм. Подача $S_o = 0,5$ мм/об., $T = 35$ мин.

Скорость резания при точении определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m * t^x * S^y} * K_v; \quad (21)$$

где C_v, m, x, y – коэффициент и показатели степеней [5],

($C_v = 290, m = 0,2, x = 0,15, y = 0,2$);

K_v – поправочный коэффициент, который определяется по формуле:

$$K_v = K_{mv} * K_{iv} * K_{pv};$$

где K_{mv} – коэффициент на обрабатываемый материал.

K_{iv} – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала

($K_{iv} = 1$);

K_{pv} – коэффициент, учитывающий влияние поверхности заготовки на

скорость резания ($K_{pv} = 1$);

$$K_{mv} = K_\Gamma * \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v}; \quad (22)$$

где K_Γ – коэффициент, характеризующий группу стали ($K_\Gamma = 1$);

n_v – показатель степени ($n_v = 1$).

$$K_{mv} = 1 * \left(\frac{750}{980}\right)^1 = 0,765;$$

$$K_v = 0,765 * 1 * 1 = 0,765;$$

$$V = \frac{290}{35^{0,2} * 3,2^{0,15} * 0,5^{0,2}} * 0,765 = 147,9 \text{ м/мин.}$$

Определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * D}; \quad (23)$$

$$n = \frac{1000 * 148}{\pi * 39} = 1207,7 \text{ об/мин.}$$

$$n = 1208 \text{ об/мин.}$$

Определяем силу резания:

$$P_{z,y,x} = 10 * C_p * t^x * S^y * v^n * K_p; \quad (24)$$

где C_p, x, y, n – коэффициент и показатели степеней [5];

K_p – поправочный коэффициент, который определяется по формуле:

$$K_p = K_{mp} * K_{\varphi p} * K_{\gamma p} * K_{\lambda p} * K_{rp};$$

где $K_{mp}, K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}$ – поправочные коэффициенты

($K_{\gamma p} = 1, K_{\lambda p} = 1$);

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n; \quad (25)$$

где n – показатель степени ($n = 0,75$);

$$K_{mp} = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,75} = 1,22;$$

Для $P_z, K_{\varphi p} = 0,89, C_p = 300, x = 1, y = 0,75, n = -0,15$;

$$P_z = 10 * 300 * 3,2^1 * 0,5^{0,75} * 147,9^{-0,15} * 1,22 * 0,89 = 146,3 \text{ Н.}$$

Мощность резания определяется по формуле:

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60}; \quad (26)$$

$$N = \frac{146,3 * 147,9}{1020 * 60} = 0,35 \text{ кВт.}$$

Переход 2- точить коническую поверхность углом 12:100 (поверхность 2).

Инструмент – Sandvik coromant державка T-max P, пластина CNMG PR.

Глубина резания $t = 3,2$ мм. Подача $S_o = 0,5$ мм/об., $T = 35$ мин.

Скорость резания при точении определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m * t^x * S^y} * K_v;$$

($C_v = 290, m = 0,2, x = 0,15, y = 0,2$) [5];

$$K_{mv} = K_{\Gamma} * \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v};$$

$$K_{mv} = 1 * \left(\frac{750}{980}\right)^1 = 0,765;$$

$$K_v = 0,765 * 1 * 1 = 0,765;$$

$$V = \frac{290}{35^{0,2} * 3,2^{0,15} * 0,5^{0,2}} * 0,765 = 147,9 \text{ м/мин.}$$

Определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D};$$

$$n = \frac{1000 \cdot 148}{\pi \cdot 48} = 986,6 \text{ об/мин.}$$

$$n = 987 \text{ об/мин}$$

Определяем силу резания:

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p;$$

$$K_{mp} = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,75} = 1,22;$$

Для P_z , $K_{\text{фр}} = 0,89$, $C_p = 300$, $x = 1$, $y = 0,75$, $n = -0,15$;

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3,2^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 147,9^{-0,15} \cdot 1,22 \cdot 0,89 = 146,3 \text{ Н.}$$

Мощность резания определяется по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60};$$

$$N = \frac{146,3 \cdot 147,9}{1020 \cdot 60} = 0,35 \text{ кВт.}$$

Переход 3- точить цилиндрическую поверхность Ø56 (поверхность 3).

Инструмент – Sandvik coromant державка T-max P, пластина CNMG PR.

Глубина резания $t = 3,2$ мм. Подача $S_o = 0,5$ мм/об., $T = 35$ мин.

Скорость резания при точении определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v;$$

($C_v = 290$, $m = 0,2$, $x = 0,15$, $y = 0,2$) [5];

$$K_{mv} = K_\Gamma \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v};$$

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{980}\right)^1 = 0,765;$$

$$K_v = 0,765 \cdot 1 \cdot 1 = 0,765;$$

$$V = \frac{290}{35^{0,2} \cdot 3,2^{0,15} \cdot 0,5^{0,2}} \cdot 0,765 = 147,9 \text{ м/мин.}$$

Определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D};$$

$$n = \frac{1000 \cdot 148}{\pi \cdot 56} = 841,67 \text{ об/мин.}$$

$$n = 842 \text{ об/мин}$$

Определяем силу резания:

$$P_{z,y,x} = 10 * C_p * t^x * S^y * v^n * K_p;$$

$$K_{mp} = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,75} = 1,22;$$

Для P_z , $K_{фр} = 0,89$, $C_p = 300$, $x = 1$, $y = 0,75$, $n = -0,15$;

$$P_z = 10 * 300 * 3,2^1 * 0,5^{0,75} * 147,9^{-0,15} * 1,22 * 0,89 = 146,3 \text{ Н.}$$

Мощность резания определяется по формуле:

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60};$$

$$N = \frac{146,3 * 147,9}{1020 * 60} = 0,35 \text{ кВт.}$$

Переход 4- точить цилиндрическую поверхность Ø60 (поверхность 4).

Инструмент – Sandvik coromant державка T-max P, пластина CNMG PR.

Глубина резания $t = 0,32$ мм. Подача $S_o = 0,5$ мм/об., $T = 35$ мин.

Скорость резания при точении определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m * t^x * S^y} * K_v;$$

($C_v = 290$, $m = 0,2$, $x = 0,15$ $y = 0,2$) [5];

$$K_{mv} = K_\Gamma * \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v};$$

$$K_{mv} = 1 * \left(\frac{750}{980}\right)^1 = 0,765;$$

$$K_v = 0,765 * 1 * 1 = 0,765;$$

$$V = \frac{290}{35^{0,2} * 3,2^{0,15} * 0,5^{0,2}} * 0,765 = 147,9 \text{ м/мин.}$$

Определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * D};$$

$$n = \frac{1000 * 148}{\pi * 60} = 785,56 \text{ об/мин.}$$

$$n = 786 \text{ об/мин}$$

Определяем силу резания:

$$P_{z,y,x} = 10 * C_p * t^x * S^y * v^n * K_p;$$

$$K_{mp} = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,75} = 1,22;$$

Для P_z , $K_{фр} = 0,89$, $C_p = 300$, $x = 1$, $y = 0,75$, $n = -0,15$;

$$P_z = 10 * 300 * 3,2^1 * 0,5^{0,75} * 147,9^{-0,15} * 1,22 * 0,89 = 146,3 \text{ Н.}$$

Мощность резания определяется по формуле:

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60};$$

$$N = \frac{146,3 * 147,9}{1020 * 60} = 0,35 \text{ кВт.}$$

Переход 5- точить цилиндрическую поверхность Ø60 (поверхность 5).

Инструмент – Sandvik coromant державка T-max P, пластина CNMG PR.

Глубина резания $t = 3,2$ мм. Подача $S_o = 0,5$ мм/об., $T = 35$ мин.

Скорость резания при точении определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m * t^x * S^y} * K_v;$$

($C_v = 290$, $m = 0,2$, $x = 0,15$ $y = 0,2$) [5];

$$K_{mv} = K_\Gamma * \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v};$$

$$K_{mv} = 1 * \left(\frac{750}{980}\right)^1 = 0,765;$$

$$K_v = 0,765 * 1 * 1 = 0,765;$$

$$V = \frac{290}{35^{0,2} * 3,2^{0,15} * 0,5^{0,2}} * 0,765 = 147,9 \text{ м/мин.}$$

Определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * D};$$

$$n = \frac{1000 * 148}{\pi * 65} = 725,13 \text{ об/мин.}$$

$$n = 725 \text{ об/мин}$$

Определяем силу резания:

$$P_{z,y,x} = 10 * C_p * t^x * S^y * v^n * K_p;$$

$$K_{mp} = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,75} = 1,22;$$

Для P_z , $K_{\text{фр}} = 0,89$, $C_p = 300$, $x = 1$, $y = 0,75$, $n = -0,15$;

$$P_z = 10 * 300 * 3,2^1 * 0,5^{0,75} * 147,9^{-0,15} * 1,22 * 0,89 = 146,3 \text{ Н.}$$

Мощность резания определяется по формуле:

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60};$$

$$N = \frac{146,3 * 147,9}{1020 * 60} = 0,35 \text{ кВт.}$$

Переход б- точить цилиндрическую поверхность Ø118,26, R3, угол 23°45' (поверхности 7,8).

Инструмент – Sandvik coromant державка T-max P, пластина CNMG PR.

Глубина резания $t = 3,2$ мм. Подача $S_o = 0,5$ мм/об., $T = 35$ мин.

Скорость резания при точении определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m * t^x * S^y} * K_v;$$

($C_v = 290$, $m = 0,2$, $x = 0,15$ $y = 0,2$) [5];

$$K_{mv} = K_\Gamma * \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v};$$

$$K_{mv} = 1 * \left(\frac{750}{980}\right)^1 = 0,765;$$

$$K_v = 0,765 * 1 * 1 = 0,765;$$

$$V = \frac{290}{35^{0,2} * 3,2^{0,15} * 0,5^{0,2}} * 0,765 = 147,9 \text{ м/мин.}$$

Определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * D};$$

$$n = \frac{1000 * 148}{\pi * 118,26} = 398,56 \text{ об/мин.}$$

$$n = 399 \text{ об/мин}$$

Определяем силу резания:

$$P_{z,y,x} = 10 * C_p * t^x * S^y * v^n * K_p;$$

$$K_{mp} = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,75} = 1,22;$$

Для P_z , $K_{\text{фр}} = 0,89$, $C_p = 300$, $x = 1$, $y = 0,75$, $n = -0,15$;

$$P_z = 10 * 300 * 3,2^1 * 0,5^{0,75} * 147,9^{-0,15} * 1,22 * 0,89 = 146,3 \text{ Н.}$$

Мощность резания определяется по формуле:

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60};$$

$$N = \frac{146,3 * 147,9}{1020 * 60} = 0,35 \text{ кВт.}$$

Переход 7- точить цилиндрическую поверхность Ø65 (поверхность б).

Инструмент – Sandvik coromant державка T-max P, пластина CNMG PR.

Глубина резания $t = 3,2$ мм. Подача $S_o = 0,5$ мм/об., $T = 35$ мин.

Скорость резания при точении определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m * t^x * S^y} * K_v;$$

$$(C_v = 290, m = 0,2, x = 0,15, y = 0,2) [5];$$

$$K_{mv} = K_\Gamma * \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v};$$

$$K_{mv} = 1 * \left(\frac{750}{980}\right)^1 = 0,765;$$

$$K_v = 0,765 * 1 * 1 = 0,765;$$

$$V = \frac{290}{35^{0,2} * 3,2^{0,15} * 0,5^{0,2}} * 0,765 = 147,9 \text{ м/мин.}$$

Определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * D};$$

$$n = \frac{1000 * 148}{\pi * 65} = 725,13 \text{ об/мин.}$$

$$n = 725 \text{ об/мин}$$

Определяем силу резания:

$$P_{z,y,x} = 10 * C_p * t^x * S^y * v^n * K_p;$$

$$K_{mp} = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,75} = 1,22;$$

$$\text{Для } P_z, K_{\text{фр}} = 0,89, C_p = 300, x = 1, y = 0,75, n = -0,15;$$

$$P_z = 10 * 300 * 3,2^1 * 0,5^{0,75} * 147,9^{-0,15} * 1,22 * 0,89 = 146,3 \text{ Н.}$$

Мощность резания определяется по формуле:

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60};$$

$$N = \frac{146.3 \cdot 147.9}{1020 \cdot 60} = 0.35 \text{ кВт.}$$

Переход 8 - точить канавку Ø36х3мм (поверхность 10).

Инструмент – Sandvik coromant Coro-Turn SL, пластина Coro-Cut QD.

Глубина резания $t = 1,5$ мм. Подача $S_o = 0,12$ мм/об., $T = 25$ мин.

Скорость резания при точении определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v;$$

($C_v = 290$, $m = 0,2$, $x = 0,15$ $y = 0,2$) [5];

$$K_{mv} = K_\Gamma \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v};$$

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{980}\right)^1 = 0,765;$$

$$K_v = 0,765 \cdot 1 \cdot 1 = 0,765;$$

$$V = \frac{290}{25^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,12^{0,2}} \cdot 0,765 = 146,46 \text{ м/мин.}$$

Определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D};$$

$$n = \frac{1000 \cdot 146,46}{\pi \cdot 36} = 1294,63 \text{ об/мин.}$$

$$n = 1296 \text{ об/мин}$$

Определяем силу резания:

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p;$$

$$K_{mp} = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,75} = 1,22;$$

Для P_z , $K_{fp} = 0,89$, $C_p = 300$, $x = 1$, $y = 0,75$, $n = -0,15$;

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^1 \cdot 0,12^{0,75} \cdot 146,4^{-0,15} \cdot 1,22 \cdot 0,89 = 459,39 \text{ Н.}$$

Мощность резания определяется по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60};$$

$$N = \frac{459,39 \cdot 146,4}{1020 \cdot 60} = 1,09 \text{ кВт.}$$

Переход 9 - точить канавку Ø46x4мм (поверхность 13).

Инструмент – Sandvik coromant Coro-Turn SL, пластина Coro-Cut QD.

Глубина резания $t = 1,5$ мм. Подача $S_o = 0,12$ мм/об., $T = 25$ мин.

Скорость резания при точении определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m * t^x * S^y} * K_v;$$

($C_v = 290, m = 0,2, x = 0,15, y = 0,2$) [5];

$$K_{mv} = K_\Gamma * \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v};$$

$$K_{mv} = 1 * \left(\frac{750}{980}\right)^1 = 0,765;$$

$$K_v = 0,765 * 1 * 1 = 0,765;$$

$$V = \frac{290}{25^{0,2} * 1,5^{0,15} * 0,12^{0,2}} * 0,765 = 146,46 \text{ м/мин.}$$

Определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * D};$$

$$n = \frac{1000 * 146,46}{\pi * 46} = 1013,98 \text{ об/мин.}$$

$$n = 1014 \text{ об/мин}$$

Определяем силу резания:

$$P_{z,y,x} = 10 * C_p * t^x * S^y * v^n * K_p;$$

$$K_{mp} = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,75} = 1,22;$$

Для $P_z, K_{фр} = 0,89, C_p = 300, x = 1, y = 0,75, n = -0,15;$

$$P_z = 10 * 300 * 1,5^1 * 0,12^{0,75} * 146,46^{-0,15} * 1,22 * 0,89 = 459,39 \text{ Н.}$$

Мощность резания определяется по формуле:

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60};$$

$$N = \frac{459,39 * 146,4}{1020 * 60} = 1,09 \text{ кВт.}$$

Переход 10 - точить канавку Ø53x3мм (поверхность 12).

Инструмент – Sandvik coromant Coro-Turn SL, пластина Coro-Cut QD.

Глубина резания $t = 1,5$ мм. Подача $S_o = 0,12$ мм/об., $T = 25$ мин.

Скорость резания при точении определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m * t^x * S^y} * K_v;$$

($C_v = 290, m = 0,2, x = 0,15, y = 0,2$) [5];

$$K_{mv} = K_\Gamma * \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v};$$

$$K_{mv} = 1 * \left(\frac{750}{980}\right)^1 = 0,765;$$

$$K_v = 0,765 * 1 * 1 = 0,765;$$

$$V = \frac{290}{25^{0,2} * 1,5^{0,15} * 0,12^{0,2}} * 0,765 = 146,46 \text{ м/мин.}$$

Определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * D};$$

$$n = \frac{1000 * 146,46}{\pi * 53} = 1004,4 \text{ об/мин.}$$

$$n = 1004 \text{ об/мин}$$

Определяем силу резания:

$$P_{z,y,x} = 10 * C_p * t^x * S^y * v^n * K_p;$$

$$K_{mp} = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,75} = 1,22;$$

Для $P_z, K_{фp} = 0,89, C_p = 300, x = 1, y = 0,75, n = -0,15$;

$$P_z = 10 * 300 * 1,5^1 * 0,12^{0,75} * 146,46^{-0,15} * 1,22 * 0,89 = 459,39 \text{ Н.}$$

Мощность резания определяется по формуле:

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60};$$

$$N = \frac{459,39 * 146,4}{1020 * 60} = 1,09 \text{ кВт.}$$

Переход 11 - резать резьбу M39x1.5 (поверхность 9).

Инструмент – Sandvik coromant Coro-Thread 266, пластина 266 R/LG.

Глубина резания $t = 0,2$ мм (4 прохода). Подача $S_o = P$ (шаг) = 1,5 мм/об., $T = 20$ мин.

Скорость резания при точении определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m * t^x * S^y} * K_v;$$

$(C_v = 290, m = 0,2, x = 0,15 y = 0,2) [5];$

$$K_{mv} = K_{\Gamma} * \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v};$$

$$K_{mv} = 1 * \left(\frac{750}{980}\right)^1 = 0,765;$$

$$K_v = 0,765 * 1 * 1 = 0,765;$$

$$V = \frac{290}{20^{0,2} * 0,2^{0,15} * 1,5^{0,2}} * 0,765 = 144,05 \text{ м/мин.}$$

Определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * D};$$

$$n = \frac{1000 * 144,05}{\pi * 39} = 1175,89 \text{ об/мин.}$$

$$n = 1176 \text{ об/мин}$$

Определяем силу резания:

$$P_{z,y,x} = 10 * C_p * t^x * S^y * v^n * K_p;$$

$$K_{mp} = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,75} = 1,22;$$

Для $P_z, K_{\text{фр}} = 0,89, C_p = 300, x = 1, y = 0,75, n = -0,15;$

$$P_z = 10 * 300 * 0,2^1 * 1,5^{0,75} * 144,05^{-0,15} * 1,22 * 0,89 = 407,1 \text{ Н.}$$

Мощность резания определяется по формуле:

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60};$$

$$N = \frac{407,1 * 144,05}{1020 * 60} = 0,95 \text{ кВт.}$$

Переход 12 - резать резьбу M56x2 (поверхность 11).

Инструмент – Sandvik coromant Coro-Thread 266, пластина 266 R/LG.

Глубина резания $t = 0,2$ мм (5 проходов). Подача $S_o = P$ (шаг) = 2 мм/об., $T = 20$ мин.

Скорость резания при точении определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m * t^x * S^y} * K_v;$$

$(C_v = 290, m = 0,2, x = 0,15 y = 0,2) [5];$

$$SK_{mv} = K_{\Gamma} * \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v};$$

$$K_{mv} = 1 * \left(\frac{750}{980}\right)^1 = 0,765;$$

$$K_v = 0,765 * 1 * 1 = 0,765;$$

$$V = \frac{290}{20^{0,2} * 0,2^{0,15} * 2^{0,2}} * 0,765 = 118 \text{ м/мин.}$$

Определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * D};$$

$$n = \frac{1000 * 118}{\pi * 56} = 671,06 \text{ об/мин.}$$

$$n = 671 \text{ об/мин}$$

Определяем силу резания:

$$P_{z,y,x} = 10 * C_p * t^x * S^y * v^n * K_p;$$

$$K_{mp} = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,75} = 1,22;$$

Для P_z , $K_{\text{фр}} = 0,89$, $C_p = 300$, $x = 1$, $y = 0,75$, $n = -0,15$;

$$P_z = 10 * 300 * 0,2^1 * 1,5^{0,75} * 118^{-0,15} * 1,22 * 0,89 = 415,9 \text{ Н.}$$

Мощность резания определяется по формуле:

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60};$$

$$N = \frac{415,9 * 118}{1020 * 60} = 0,8 \text{ кВт.}$$

Установ Б.

Переход 1- точить цилиндрическую поверхность Ø118,26, (поверхность 1).

Инструмент – Sandvik coromant державка T-max P, пластина CNMG PR.

Глубина резания $t = 3,2$ мм. Подача $S_o = 0,5$ мм/об. (9 проходов), $T = 35$ мин.

Скорость резания при точении определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m * t^x * S^y} * K_v;$$

$$(C_v = 290, m = 0,2, x = 0,15 y = 0,2) [5];$$

$$K_{mv} = K_\Gamma * \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v};$$

$$K_{mv} = 1 * \left(\frac{750}{980}\right)^1 = 0,765;$$

$$K_v = 0,765 * 1 * 1 = 0,765;$$

$$V = \frac{290}{35^{0,2} * 3,2^{0,15} * 0,5^{0,2}} * 0,765 = 147,9 \text{ м/мин.}$$

Определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * D};$$

$$n = \frac{1000 * 148}{\pi * 118,26} = 398,56 \text{ об/мин.}$$

$$n = 399 \text{ об/мин}$$

Определяем силу резания:

$$P_{z,y,x} = 10 * C_p * t^x * S^y * v^n * K_p;$$

$$K_{mp} = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,75} = 1,22;$$

$$\text{Для } P_z, K_{\text{фр}} = 0,89, C_p = 300, x = 1, y = 0,75, n = -0,15;$$

$$P_z = 10 * 300 * 3,2^1 * 0,5^{0,75} * 147,9^{-0,15} * 1,22 * 0,89 = 146,3 \text{ Н.}$$

Мощность резания определяется по формуле:

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60};$$

$$N = \frac{146,3 * 147,9}{1020 * 60} = 0,35 \text{ кВт.}$$

Операция 015 «Сверлильно – фрезерная с ЧПУ».

Оборудование – фрезерный станок с ЧПУ ХК7132А, его технические характеристики в таблице 3.13.

Расчет проводим, используя данные справочной литературы [1].

Переход 1 – фрезеровать шпоночный паз.

Инструмент – концевая фреза – CoroMillPlura Ø14.

$z = 2$; $D = 14$ мм. $S = 0,14$ мм/зуб; $t = 6$ мм. $T = 60$ мин (2 прохода)

$$V = \frac{C_p \cdot D^g}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v$$

Значения коэффициентов: $C_v = 234$; $m = 0,37$; $x = 0,24$; $y = 0,26$; $g = 0,44$; $u = 0,1$; $P = 0,13$. [5].

Скорость резания:

$$V = \frac{234 \cdot 14^{0,44}}{80^{0,2} \cdot 6^{0,24} \cdot 0,14^{0,26} \cdot 3,3^{0,1} \cdot 2^{0,13}} \cdot 0,765 = 209,94 \text{ м/мин}$$

Определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D};$$

$$n = \frac{1000 \cdot 210}{\pi \cdot 14} = 4777,07 \text{ об/мин.}$$

$$n = 4777 \text{ об/мин}$$

Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z}{D^g \cdot n^w} \cdot K_{mp}$$

Значения коэффициентов: $C_p = 12,5$ $x = 0,85$; $y = 0,75$; $u = 0,1$; $g = 0,73$;

$$K_{mp} = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,75} = 1,22;$$

$$P_Z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 6^{0,85} \cdot 0,14^{0,75} \cdot 3,3^{0,1} \cdot 2}{14^{0,86} \cdot 4777^{-0,13}} \cdot 1,22 = 131,41 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \times 60} = 787,95 \times \frac{131,41 \cdot 210}{1020 \times 60} = 0,45 \text{ кВт}$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{131,41 \cdot 14}{2 \cdot 100} = 9,19 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Переход 2 – фрезеровать лыску.

Инструмент – концевая фреза – CoroMillPlura Ø30.

$z = 6$; $D = 14$ мм. $S = 0,14$ мм/зуб; $t = 3$ мм. $T = 60$ мин

$$V = \frac{C_p \cdot D^g}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v$$

Значения коэффициентов: $C_v = 234$; $m = 0,37$; $x = 0,24$; $y = 0,26$; $g = 0,44$; $u = 0,1$ [5].

Скорость резания:

$$V = \frac{234 \cdot 30^{0,44}}{80^{0,2} \cdot 3^{0,24} \cdot 0,14^{0,26} \cdot 3,3^{0,1} \cdot 6^{0,13}} \cdot 0,765 = 401,15 \text{ м/мин}$$

Определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D};$$

$$n = \frac{1000 \cdot 401}{\pi \cdot 30} = 4258,53 \text{ об/мин.}$$

$$n = 4258 \text{ об/мин}$$

Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z}{D^g \cdot n^w} \cdot K_{mp}$$

Значения коэффициентов: $C_p = 12,5$ $x = 0,85$; $y = 0,75$; $u = 0,1$; $g = 0,73$;

$$K_{mp} = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,75} = 1,22;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 3^{0,85} \cdot 0,14^{0,75} \cdot 3,3^{0,1} \cdot 6}{30 \cdot 4258^{-0,13}} \cdot 1,22 = 57,84 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \times 60} = 787,95 \times \frac{57,84 \cdot 401}{1020 \times 60} = 0,37 \text{ кВт}$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{57,84 \cdot 30}{2 \cdot 100} = 8,67 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Переход 3 – сверлить центровые отверстия Ø6,3.

Инструмент – Центровочные комбинированные сверла Garant Ø6.3 type B по ГОСТ 14952-75 с цилиндрическим хвостовиком.

$D = 6,3 \text{ мм}; S = 0,08 \text{ мм/об.}; T = 15 \text{ мин}$

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^g}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v$$

$$V = \frac{7 \cdot 6,3^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0,08^{0,7}} \cdot 0,765 = 50,2 \text{ м/мин}$$

$$C_v = 7 \quad g = 0,4; y = 0,7; m = 0,20;$$

Крутящий момент и осевая сила при сверлении

$$C_m = 0,345; g_m = 2; y_m = 0,8$$

$$M = 10C_m \cdot D^{g_m} \cdot S^{y_m} \cdot K_p = 0,345 \cdot 6,3^2 \cdot 0,08^{0,8} \cdot 0,69 = 1,25 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Частота вращения заготовки:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 50,2}{3,14 \cdot 6,3} = 2545 \text{ об/мин.}$$

$$n = 2500 \text{ об/мин.}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{M_n \cdot n}{9750} = \frac{1,25 \cdot 2545}{9750} = 0,32 \text{ кВт}$$

Переход 4 – сверлить отверстия Ø6,75 под метрическую резьбу М8.

Инструмент – сверло спиральное Garant по ГОСТ 4010-77.

$D = 6,75 \text{ мм. } S = 0,1 \text{ мм/об.}; T = 30 \text{ мин.}$

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^g}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v$$

$$V = \frac{7 \cdot 6,75^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 0,1^{0,7}} \cdot 0,765 = 78,84 \text{ м/мин}$$

$$C_v = 7 \quad g = 0,4; y = 0,7; m = 0,20;$$

Определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D};$$

$$n = \frac{1000 \cdot 79}{6,75 \cdot 14} = 3632,18 \text{ об/мин.}$$

$$n = 3632 \text{ об/мин}$$

Крутящий момент и осевая сила при сверлении

$$M = 10C_m \cdot D^{g_m} \cdot S^{y_m} \cdot K_p = 0,345 \cdot 6,75^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 0,69 = 1,44 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$C_m = 0,345; g_m = 2; y_m = 0,8$$

Частота вращения заготовки:

Мощность резания:

$$N = \frac{M_n \cdot n}{9750} = \frac{1,44 \cdot 3632}{9750} = 0,53 \text{ кВт}$$

Переход 5 – зенковать фаски 1,5x45°.

Инструмент – зенковка коническая Garant Ø 10 по ГОСТ 14953-80.

$$D = 10 \text{ мм.}; S = 0,11; T = 35; t = 0,75;$$

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^g}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v$$

$$V = \frac{7 \cdot 10^{0,4}}{35^{0,2} \cdot 0,11^{0,7}} \cdot 0,765 = 32,1 \text{ м/мин}$$

$$C_v = 7 \quad g = 0,4; y = 0,7; m = 0,20;$$

Определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D};$$

$$n = \frac{1000 \cdot 31}{\pi \cdot 10} = 987,26 \text{ об/мин.}$$

$$n = 987 \text{ об/мин}$$

Крутящий момент и осевая сила при сверлении

$$M = C_m \cdot D^{g_m} \cdot S^{y_m} \cdot K_p = 0,345 \cdot 10^2 \cdot 0,11^{0,8} \cdot 0,69 = 4,07 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$C_m = 0,345; g_m = 2; y_m = 0,8$$

Частота вращения заготовки:

Мощность резания:

$$N = \frac{M_n \cdot n}{9750} = \frac{4,07 \cdot 987}{9750} = 0,41 \text{ кВт}$$

Переход б – нарезать метрическую резьбу М8.

Инструмент – метчик Garant с винтовыми канавками М8 по ГОСТ 17933-72.

Шаг резьбы $P = 1,25$ мм. Номинальный диаметр резьбы $D = 8$ мм.

Глубина резания $t = 12$ мм. Подача $S_o = 1,25$ мм/об.

$$v = 10 \text{ м/мин.} \quad [9]$$

$$n = \frac{1000 \cdot 10}{\pi \cdot 8} = 397,9 \text{ об/мин.}$$

$$n = 398$$

$$S_m = 1,25 \cdot 397,9 = 497,3 \text{ мм/мин.}$$

Крутящий момент и осевая сила при сверлении

$$M = C_m \cdot D^{g_m} \cdot S^{y_m} \cdot K_p = 0,345 \cdot 8^2 \cdot 1,25^{0,8} \cdot 0,69 = 18,21 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$C_m = 0,345; g_m = 2; y_m = 0,8$$

Частота вращения заготовки:

Мощность резания:

$$N = \frac{M_n \cdot n}{9750} = \frac{18,21 \cdot 398}{9750} = 0,74 \text{ кВт}$$

Операция 020 «Зубофрезерная».

Оборудование – зубофрезерный станок для обработки конических колес с круговым зубом УКД-2280, технические характеристики в таблице 3.14.

Расчет проводим, используя данные справочной литературы [1].

Переход 1 – фрезеровать зуб $t=9$.

Инструмент – Дисковая модульная фреза М9 ГОСТ 10996-64.

$$z = 10; D = 125 \text{ мм. } S = 0,05 \text{ мм/зуб; } t = 8 \text{ мм. } T = 15 \text{ мин}$$

$$V = \frac{C_p \cdot D^g}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v$$

Значения коэффициентов: $C_v = 43; m = 0,37; x = 0,24; y = 0,26; g = 0,23; u = 0,1$

$$V = \frac{43 \cdot 125^{0,23}}{15^{0,2} \cdot 8^{0,24} \cdot 0,05^{0,26} \cdot 3,3^{0,1} \cdot 10^{0,13}} \cdot 0,765 = 35,43 \text{ м/мин}$$

Определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D};$$

$$n = \frac{1000 \cdot 32}{\pi \cdot 125} = 81,51 \text{ об/мин.}$$

$$n = 82 \text{ об/мин}$$

Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z}{Dg \cdot n^w} \cdot K_{mp}$$

Значения коэффициентов: $C_p = 12,5$ $x = 0,85$; $y = 0,75$; $u = 0,1$; $g = 0,73$;

$$K_{mp} = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,75} = 1,22;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 8^{0,85} \cdot 0,05^{0,75} \cdot 3,3^{0,1} \cdot 10}{125 \cdot 82^{-0,13}} \cdot 1,22 = 75,63 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{75,63 \cdot 82}{1020 \cdot 60} = 0,45 \text{ кВт}$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{131,41 \cdot 14}{2 \cdot 100} = 0,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Операция 030 «Шлифовальная».

Оборудование – круглошлифовальный станок 3М151Ф2, технические характеристики в таблице 3.16.

Расчет проводим, используя данные справочной литературы [1].

Переход 1 – Шлифовать конус 12:100.

Режущий инструмент: ПП 600x50x305 24А 25-П СТ1 6 К5 35м/с А 1 клГОСТ 2424-83;

Скорость круга $V_K = 35$ м/с; частота вращения круга, $t = 0,075$ мм (5 проходов);

$$n_K = \frac{1000 \cdot 60 \cdot V_K}{\pi \cdot d_K} = \frac{1000 \cdot 60 \cdot 35}{3,14 \cdot 600} = 1112 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

Скорость заготовки $V_3 = 55$ м/мин; частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 55}{3,14 \cdot 46} = 380,78 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

Примем по паспорту станка

$$n_3 = 360 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

$$V_3 = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_3}{1000} = \frac{3,14 \cdot 46 \cdot 240}{1000} = 34,66 \text{ м/мин}$$

Переход 2 – Шлифовать $\varnothing 60$ мм.

Режущий инструмент: ПП 600х50х305 24А 25-П СТ1 6 К5 35м/с А 1 клГОСТ 2424-83;

Скорость круга $V_K = 35$ м/с; частота вращения круга, $t = 0,075$ мм (5 проходов);

$$n_K = \frac{1000 \cdot 60 \cdot V_K}{\pi \cdot d_K} = \frac{1000 \cdot 60 \cdot 35}{3,14 \cdot 600} = 1112 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

Скорость заготовки $V_3 = 55$ м/мин; частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 55}{3,14 \cdot 60} = 291,9 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

Примем по паспорту станка

$$n_3 = 240 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

$$V_3 = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_3}{1000} = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 240}{1000} = 45,21 \text{ м/мин}$$

Переход 3 – Шлифовать Ø65 мм.

Режущий инструмент: ПП 600х50х305 24А 25-П СТ1 6 К5 35м/с А 1 клГОСТ 2424-83;

Скорость круга $V_K = 35$ м/с; частота вращения круга, $t = 0,075$ мм (5 проходов);

$$n_K = \frac{1000 \cdot 60 \cdot V_K}{\pi \cdot d_K} = \frac{1000 \cdot 60 \cdot 35}{3,14 \cdot 600} = 1112 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

Скорость заготовки $V_3 = 55$ м/мин; частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 55}{3,14 \cdot 65} = 269,4 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

Примем по паспорту станка

$$n_3 = 240 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

$$V_3 = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_3}{1000} = \frac{3,14 \cdot 65 \cdot 240}{1000} = 48,98 \text{ м/мин}$$

1.9 Нормирование технологического процесса.

В среднесерийном производстве рассчитывается норма штучно-калькуляционного времени:

$$t_{\text{шт.к}} = t_{\text{шт.}} + \frac{t_{\text{п.з}}}{n}, \quad (11)$$

где $t_{\text{п.з}}$ – подготовительно-заключительное время;

n – размер партии деталей.

Штучное время определяется по формуле:

$$t_{\text{шт}} = t_o + t_B + t_{\text{обс}} + t_{\text{п}}, \quad (12)$$

где t_o – основное время; t_B – вспомогательное время; $t_{\text{обс}}$ – время обслуживания рабочего места; $t_{\text{п}}$ – время на личные потребности рабочего.

Основное время для каждого перехода находят по формуле:

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S_M}, \quad (13)$$

где L – расчетная длина обработки (длина перемещения инструмента, мм); i – число рабочих ходов в данном переходе; S_M – подача инструмента, мм/мин.

Расчетная длина обработки определяется по формуле:

$$L = l + l_{вр} + l_{сх} + l_{пд}, \quad (14)$$

где l – длина обрабатываемой поверхности; $l_{вр}$ – длина врезания инструмента; $l_{сх}$ – длина схода инструмента; $l_{пд}$ – длина подвода инструмента.

Найдем основное время для каждой операции:

005. Фрезерно-центровальная.

Переход 1 (Фрезеровать торцы).

$$L1 = l + l_{вр} + l_{пд} = 120 + 1 + 1 = 122 \text{ мм};$$

$$L2 = l + l_{вр} + l_{пд} = 40 + 1 + 1 = 42 \text{ мм};$$

$$S_M = s_z \cdot z \cdot n = 0,07 \cdot 5 \cdot 813 = 285 \text{ мм/мин};$$

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{164 \cdot 1}{285} = 0,57 \text{ мин};$$

Переход 2 (Центровать торец).

$$L = l + l_{вр} = 12 + 1 = 13 \text{ мм};$$

$$S_M = s \cdot n = 0,08 \cdot 2500 = 200 \text{ мм/мин};$$

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{13 \cdot 2}{200} = 0,13 \text{ мин};$$

010. Токарная с ЧПУ.

Установ А.

Переход 1 (Точить поверхность Ø39 мм).

$$L = l + l_{пд} = 22 + 1 = 23 \text{ мм};$$

$$S_M = s \cdot n = 0,5 \cdot 1208 = 604 \text{ мм/мин};$$

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{23 \cdot 1}{604} = 0,03 \text{ мин};$$

Переход 2 (Точить поверхность конус 12:100).

$$L = l + l_{\text{пд}} = 51 + 1 = 52 \text{ мм};$$

$$S_M = s \cdot n = 0,5 \cdot 987 = 493 \text{ мм/мин};$$

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{52 \cdot 1}{493} = 0,1 \text{ мин};$$

Переход 3 (Точить поверхность Ø56 мм).

$$L = l + l_{\text{пд}} = 22 + 1 = 23 \text{ мм};$$

$$S_M = s \cdot n = 0,5 \cdot 842 = 421 \text{ мм/мин};$$

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{23 \cdot 1}{421} = 0,05 \text{ мин};$$

Переход 4 (Точить поверхность Ø60 мм).

$$L = l + l_{\text{пд}} = 105 + 1 = 106 \text{ мм};$$

$$S_M = s \cdot n = 0,5 \cdot 786 = 393 \text{ мм/мин};$$

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{106 \cdot 1}{393} = 0,27 \text{ мин};$$

Переход 5 (Точить поверхность Ø60 мм).

$$L = l + l_{\text{пд}} = 105 + 1 = 106 \text{ мм};$$

$$S_M = s \cdot n = 0,5 \cdot 725 = 362 \text{ мм/мин};$$

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{106 \cdot 1}{393} = 0,29 \text{ мин};$$

Переход 6 (Точить поверхность Ø65 мм).

$$L = l + l_{\text{пд}} = 50 + 1 = 51 \text{ мм};$$

$$S_M = s \cdot n = 0,5 \cdot 725 = 362 \text{ мм/мин};$$

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{51 \cdot 1}{362} = 0,14 \text{ мин};$$

Переход 7 (Точить поверхность Ø118 мм).

$$L = l + l_{\text{пд}} = 20 + 1 = 21 \text{ мм};$$

$$S_M = s \cdot n = 0,5 \cdot 399 = 199 \text{ мм/мин};$$

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{21 \cdot 1}{199} = 0,1 \text{ мин};$$

Переход 8 (Точить канавку Ø36x3 мм).

$$L = l + l_{\text{пд}} = 1,5 + 1 = 2,5 \text{ мм};$$

$$S_M = s \cdot n = 0,12 \cdot 1294 = 155 \text{ мм/мин};$$

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{2,5 \cdot 1}{155} = 0,01 \text{ мин};$$

Переход 9 (Точить канавку Ø46x4 мм).

$$L = l + l_{\text{пд}} = 1 + 1 = 2 \text{ мм};$$

$$S_M = s \cdot n = 0,12 \cdot 1013 = 121 \text{ мм/мин};$$

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{2,5 \cdot 1}{121} = 0,02 \text{ мин};$$

Переход 10 (Точить канавку Ø53x3 мм).

$$L = l + l_{\text{пд}} = 1,5 + 1 = 2,5 \text{ мм};$$

$$S_M = s \cdot n = 0,12 \cdot 988 = 118 \text{ мм/мин};$$

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{2,5 \cdot 1}{118} = 0,02 \text{ мин};$$

Переход 11 (Резать резьбу М39x1.5).

$$L = l + l_{\text{пд}} = 20 + 1 = 21 \text{ мм};$$

$$S_M = s \cdot n = 1,5 \cdot 1176 = 1764 \text{ мм/мин};$$

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{21 \cdot 4}{1764} = 0,04 \text{ мин};$$

Переход 12 (Резать резьбу М53х2).

$$L = l + l_{\text{пд}} = 28 + 1 = 29 \text{ мм};$$

$$S_M = s \cdot n = 2 \cdot 671 = 1342 \text{ мм/мин};$$

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{29 \cdot 5}{1342} = 0,1 \text{ мин};$$

Установ Б.

Переход 1 (Точить поверхность Ø118 мм).

$$L = l + l_{\text{пд}} = 37 + 1 = 38 \text{ мм};$$

$$S_M = s \cdot n = 0,5 \cdot 399 = 199 \text{ мм/мин};$$

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{21 \cdot 9}{199} = 1,71 \text{ мин};$$

Операция 015 «Сверлильно – фрезерная с ЧПУ».

Переход 1 (Фрезеровать шпоночный паз 14х46х12).

$$L = l + l_1 + l_2 = 46 + 7 + 1 = 54 \text{ мм};$$

$$S_M = s_z \cdot n = 0,14 \cdot 24777 = 573 \text{ мм/мин};$$

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{54 \cdot 2}{573} = 0,2 \text{ мин};$$

Переход 2 (Фрезеровать лыску).

$$L = l + l_1 + l_2 = 28 + 15 + 1 = 44 \text{ мм};$$

$$S_M = s \cdot n = 0,14 \cdot 4258 = 596 \text{ мм/мин};$$

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{44 \cdot 2}{596} = 0,14 \text{ мин};$$

Переход 3 (Центровать торцы).

$$L = l + l_{\text{вр}} = 12 + 1 = 13 \text{ мм};$$

$$S_M = s \cdot n = 0,08 \cdot 2500 = 200 \text{ мм/мин};$$

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{13 \cdot 2}{200} = 0,13 \text{ мин};$$

Переход 4 (Сверлить отв. Ø6.75).

$$L = l + l_1 = 21 + 1 = 44 \text{ мм};$$

$$S_M = s \cdot n = 0,11 \cdot 3632 = 399 \text{ мм/мин};$$

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{44 \cdot 2}{399} = 0,22 \text{ мин};$$

Переход 5 (Зенковать фаску 1.5x45°).

$$L = l + l_1 = 1,5 + 1 = 2,5 \text{ мм};$$

$$S_M = s \cdot n = 0,11 \cdot 987 = 108 \text{ мм/мин};$$

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{2,5 \cdot 2}{108} = 0,02 \text{ мин};$$

Переход 6 (Нарезать резьбу М8-6Н).

$$L = l + l_1 = 15 + 1 = 16 \text{ мм};$$

$$S_M = s \cdot n = 1,25 \cdot 398 = 497 \text{ мм/мин};$$

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{16 \cdot 2}{497} = 0,06 \text{ мин};$$

Операция 020 «Зубофрезерная».

Переход 1 (Нарезать зуб $t=9$).

$$L = l + l_1 + l_2 = 37 + 62,5 + 1 = 100 \text{ мм};$$

$$S_M = s \cdot n = 0,05 \cdot 82 = 4,1 \text{ мм/мин};$$

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{100,5 \cdot 1}{4,1} = 24,52 \text{ мин};$$

Операция 030 «Шлифовальная».

Переход 1 (шлифовать конус 12:100).

$$L = l + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}} = 51 + 1 + 1 = 53 \text{ мм};$$

$$S_M = s \cdot n = 0,02 \cdot 1112 = 22 \text{ мм/мин};$$

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{53 \cdot 5}{22} = 12,04 \text{ мин};$$

Переход 3 (шлифовать Ø60).

$$L = l + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}} = 50 + 1 + 1 = 52 \text{ мм};$$

$$S_M = s \cdot n = 0,02 \cdot 1112 = 22 \text{ мм/мин};$$

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{52 \cdot 5}{22} = 11,8 \text{ мин};$$

Переход 3 (шлифовать Ø65).

$$L = l + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}} = 50 + 1 + 1 = 52 \text{ мм};$$

$$S_M = s \cdot n = 0,02 \cdot 170 = 22 \text{ мм/мин};$$

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{52 \cdot 5}{425} = 11,8 \text{ мин};$$

Вспомогательное время рассчитываем по формуле:

$$T_{\text{в}} = T_{\text{у.с.}} + T_{\text{з.о.}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{из}}, \quad (15)$$

где $T_{\text{у.с.}}$ – время на установку и снятие детали; $T_{\text{з.о.}}$ – время на закрепление и открепление детали; $T_{\text{уп}}$ – время на приемы управления; $T_{\text{из}}$ – время на измерение детали.

Найдем вспомогательное время для каждой операции:

$$t_{\text{в.1}} = 1,85 \cdot (0,5 + 0,135 + 0,05 + 0,2) = 1,63 \text{ мин};$$

$$t_{\text{в.2}} = 1,85 \cdot (0,3 + 0,135 + 0,05 + 1,5) = 3,67 \text{ мин};$$

$$t_{\text{в.3}} = 1,85 \cdot (0,5 + 0,255 + 0,05 + 0,5) = 2,35 \text{ мин};$$

$$t_{\text{в.4}} = 1,85 \cdot (0,5 + 1,255 + 0,05 + 2) = 7,03 \text{ мин};$$

$$t_{\text{в.5}} = 1,85 \cdot (0,3 + 0,135 + 0,05 + 0,4) = 1,63 \text{ мин};$$

Найдем время обслуживания рабочего места для каждой операции:

$$t_{\text{обс.1}} = 0,1 \cdot 4,62 = 0,46 \text{ мин};$$

$$t_{\text{обс.2}} = 0,1 \cdot 2,1 = 0,21 \text{ мин};$$

$$t_{\text{обс.3}} = 0,1 \cdot 3 = 0,3 \text{ мин};$$

$$t_{\text{обс.4}} = 0,1 \cdot 1,99 = 0,199 \text{ мин};$$

$$t_{\text{обс.5}} = 0,1 \cdot 8,67 = 0,87 \text{ мин};$$

Найдем время на личные потребности для каждой операции:

$$t_{\text{п.1}} = 0,025 \cdot 4,62 = 0,11 \text{ мин};$$

$$t_{\text{п.2}} = 0,025 \cdot 2,1 = 0,05 \text{ мин};$$

$$t_{\text{п.3}} = 0,025 \cdot 3 = 0,075 \text{ мин};$$

$$t_{\text{п.4}} = 0,025 \cdot 1,99 = 0,04 \text{ мин};$$

$$t_{\text{п.5}} = 0,025 \cdot 8,67 = 0,21 \text{ мин};$$

Посчитаем штучное время для каждой операции по формуле (14):

$$t_{\text{ш.1}} = 0,7 + 1,63 + 0,46 + 0,11 = 2,27 \text{ мин};$$

$$t_{\text{ш.2}} = 2,88 + 3,67 + 0,21 + 0,05 = 6,81 \text{ мин};$$

$$t_{\text{ш.3}} = 0,64 + 2,35 + 0,3 + 0,075 = 3,36 \text{ мин};$$

$$t_{\text{ш.4}} = 24,52 + 7,03 + 0,199 + 0,04 = 31,78 \text{ мин};$$

$$t_{\text{ш.5}} = 33,64 + 1,63 + 0,87 + 0,21 = 36,35 \text{ мин};$$

Определим норму штучно-калькуляционного времени по формуле (11):

$$t_{\text{шт.к.1}} = 2,27 + \frac{25}{3800} = 4,43 \text{ мин};$$

$$t_{\text{шт.к.2}} = 6,81 + \frac{16}{3800} = 7,96 \text{ мин};$$

$$t_{\text{шт.к.3}} = 3,36 + \frac{25}{3800} = 11,81 \text{ мин};$$

$$t_{\text{шт.к.4}} = 31,78 + \frac{8}{3800} = 2,78 \text{ мин};$$

$$t_{\text{шт.к.5}} = 36,35 + \frac{40}{3800} = 5,61 \text{ мин};$$

Проектирование станочного приспособления.

В данном разделе работы рассматривается приспособление для фрезерно-центровальной операции, определены силы закрепления и произведен расчет функциональных узлов приспособления. Произведен анализ технологичности и собираемости узла, разработана технология его сборки вместе со схемой сборки.

2.1 Принцип работы приспособления.

Для 015 операции, технологического процесса изготовления детали «вал-шестерня», были разработаны тиски пневматические самоцентрирующие, предназначенные для установки цилиндрических заготовок при обработке на фрезерном станке. Зажим, обрабатываемых заготовок, осуществляется самоцентрирующими губками, усилие зажима которым передается от пневмокамеры двустороннего действия.

Приспособление позволяет устанавливать заготовки на станке без выверки, что ликвидирует дорогостоящую и трудоемкую операцию разметки, обеспечивает возможность получения точности размеров и повышает точность обработки за счет устранения погрешностей, связанных с разметкой и выверкой. Приспособление позволяет повысить производительность труда за счет сокращения времени на установку и закрепление детали, или совмещения основного и вспомогательного времени.

Принцип действия данного приспособления основан на встречном движении зажимных устройств. Воздух подается под давлением $P = 0,39$ Мпа. Пневматические универсальные самоцентрирующие тиски состоят из корпуса 11, установленного на основании 7. На корпусе смонтированы основания 8 подвижных губок, на которых закреплены сменные накладки – призматические губки 3. Снизу корпуса, у основания, сделана выточка, в которой закрепляется пневматический цилиндр 2. В цилиндр помещен поршень 4 со штоком 5.

При подаче воздуха в верхнюю полость пневматического цилиндра происходит перемещение штока, который, действуя через рычаги 6 и коромысла 9, закрепленные на оси 10, передает горизонтальное перемещение на подвижные губки, которые зажимают заготовку.

Для открепления детали воздух подается в нижнюю полость пневматического цилиндра и шток, перемещаясь вниз, увлекает за собой систему рычагов и разжимает губки тисков.

Для ориентирования заготовки в осевом направлении служит упор 1. При установке заготовки в приспособление заготовка перемещается до момента касания упора торцом.

2.2 Анализ исходных данных (по заготовки) и разработка технического задания для изготовления данного приспособления.

Исходные данные:

Наименование детали – Вал-шестерня, чертеж представлен на первом листе графической части;

Материал – Сталь 18ХГТ;

Масса детали – 7 кг;

Программа – 2800 штук в год.

Все технические данные, необходимые для проектирования зажимного приспособления сведём в таблицу 1.3.

Таблица 1.3

	<i>Раздел</i>	<i>Содержание раздела</i>
	2	3
	Наименование и область применения	Приспособление для фрезерования.
	Основание для разработки	Маршрутная карта технологического процесса механической обработки детали «Вал-шестерня».
	Цель и назначение разработки	Приспособление должно обеспечить точную и быструю установку по цилиндрической шейк вала и постоянство положения во время обработки, время установки детали не должно превышать 0,1 мин
	Тактико-технические требования	Тип производства – среднесерийное. Программа выпуска 2800 в год. Уровень унификации и стандартизации (сколько стандартных деталей в приспособлении по отношению к нестандартным) % приспособления Уровень унификации = 0.87 Уровень стандартизации = 0.7

		Приспособление обслуживается оператором 4 разряда. Коэффициент загрузки на операции $K_z=0,59=59\%$
	Документация по разработке	ЕСТПП «Правила выбора технологической оснастки» ГОСТ 14305-73, чертёж детали. ЕСТПП «Общие правила обеспечения технологичности конструкции изделия» ГОСТ 14.201-73
	Документация, подлежащая разработке	Чертёж общего вида, спецификация.
	Экономические показатели	Не оговариваются.

2.3 Разработка схемы для расчета и определения сил закрепления.

Станочное приспособление должно обеспечивать надежное закрепление заготовки, исключая ее вибрацию и смещение. Сила закрепления заготовки должна соответствовать силе резания. Сила закрепления заготовки определяется из определения из условия равновесия сил резания, трения и зажима.

Сила резания при фрезеровании шпоночного паза равен:

$$P_z = 141,41 \text{ Н м}$$

Находим силу закрепления заготовки:

$$P_{\text{зак}} = K \times M_{\text{кр}} \times f_{\text{тр}} \times \frac{D_{\text{заг}}}{2}; \quad [12] \text{ (2.1)}$$

где K – коэффициент запаса, учитывающий нестабильность силовых воздействий на заготовку;

$M_{\text{кр}}$ – момент сил резания при фрезеровании ; $M_{\text{кр}}=9,19\text{Нм}$;

$f_{\text{тр}}$ – коэффициент в местах контакта заготовки с зажимным механизмом ($f_{\text{тр}}=0,7$);

$D_{\text{заг}}$ – диаметр заготовки, мм ($D_{\text{заг}}= 65 \text{ мм}$);

$$K = K^0 * K^1 * K^2 * K^3 * K^4 * K^5 * K^6; \quad (2.2)$$

где K_0 – гарантированный коэффициент запаса ($K^0 = 1,5$);

K_1 – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемых поверхностях заготовок ($K_1 = 1,2$);

K_2 – коэффициент учитывающий увеличение сил реакции вследствие затупления режущего инструмента ($K_2 = 1,5$);

K_3 – коэффициент учитывающий увеличение сил резания при прерывистом резании ($K_3 = 1,3$);

K_4 – коэффициент, характеризующий постоянства силы, развиваемый зажимным механизмом ($K_4 = 1,0$);

K_5 – коэффициент характеризующий эргономику не механизированного зажимного механизма ($K_5 = 1,2$);

Коэффициент K_6 – не учитываем;

$$K = 1,5 * 1,5 * 1,3 * 1,2 * 1,0 * 1,2 = 4,2.$$

Сила закрепления заготовки равна:

$$P_3 = 4,2 * 9,19 * 0,7 * 65/2 = 878 \text{ Н.}$$

2.4 Расчет функциональных элементов приспособления.

Расчеты проводим по методике, изложенной в [12] пособии.

Усилие, развиваемое на штоке Q:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot \rho \cdot \eta}{4}, \quad (2.3)$$

где η – коэффициент, учитывающий потери на трение; $\eta = 0,95$;

ρ – давление сжатого воздуха (0.3 Мпа);

D – диаметр пневмоцилиндра.

Определим диаметр поршня пневмоцилиндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \rho \cdot \eta}} = 62 \text{ мм.}$$

Возьмем коэффициент запаса $k = 1,5$, тогда

$$D = 62 * 1,5 = 93$$

Принимаем ближайшее большее значение по ГОСТ 6540-68:

$$D_{ц} = 100 \text{ мм.}$$

2.5 Расчет приспособления на точность.

Проводим расчет отклонений выполняемого размера.

Погрешность установки E_y есть отклонения фактически достигнутого положения заготовки при установке в станочное приспособление от требуемого. E_y возникает вследствие не совмещения измерительных и технологических баз, неоднородности качества поверхностей заготовок, неточности изготовления и износа опор станочного приспособления, нестабильности сил закрепления и др. E_y вычисляют по погрешностям: базирования $E_б$, закрепления $E_з$ и приспособления $E_п$.

$$E_y = \sqrt{E_б^2 + E_з^2 + E_п^2}, \quad [12] (2.4)$$

Определяем погрешность базирования $E_б$ заготовок в тисках.

Погрешность базирования - это отклонение фактически достигнутого положения заготовки при базировании от заданного, или требуемого. Погрешность базирования следует определить исходя из пространственной схемы расположения заготовки. Базирование осуществляется наружной цилиндрической поверхностью $D = 60$ мм, $TD_3 = 0.03$ мм, в самоцентрирующие призмы. В базировании так же участвует торец детали с размером $300_{-1.4}$ мм, $TD = 1.4$ мм. Таким образом $E_б = 1.43$ мм;

Погрешность закрепления $E_з$ – это разность между наибольшей и наименьшей величинами проекций смещения измерительной базы по направлению выполняемого размера в результате приложения к заготовке силы закрепления. Выдерживаемые размеры перпендикулярны к направлению силы закрепления $P_з$, $\lambda = 90^\circ$ следовательно $\text{Cos}90^\circ = 0$, значит $E_з = 0$, погрешность закрепления отсутствует.

Погрешность приспособления $E_{\text{п}}$ и заготовки возникает в результате погрешностей изготовления приспособления, погрешностей установки и фиксации приспособления на станке и износа опор приспособления. Среднюю погрешность приспособления можно описать формулой:

$$E_{\text{пр}} = E_{\text{изготовления}} + E_{\text{сборки}} + E_{\text{погрешность установки приспособления}} + E_{\text{износа опор}} \quad [8][12](2.5)$$

$$E_{\text{пр}} = 0.077 + 0.051 + 0.046 + 0.009 = 0,183 \text{ мм.}$$

При окончательном расчете получается:

$$E_y = \sqrt{1,43^2 + 0^2 + 0,183^2} = 1,439 \text{ мм.}$$

Из расчета видно, что погрешность установки $E_y < TD$ изготавливаемых размеров 46^{+3} мм и 28_{-2} мм. Следовательно приспособление можно использовать для данной операции.

2.6 Расчет экономической эффективности.

Расчет основывается на сопоставлении затрат на приспособление и получаемой экономии. Условие эффективности приспособления:

$$\mathcal{E}_n \geq P, \quad (2.5)$$

где \mathcal{E}_n – годовая экономия (без учета годовых затрат на приспособление), руб;

P – годовые затраты на приспособление, руб.

Годовая экономия может быть определена следующим образом:

$$\mathcal{E}_n = (T_{\text{шт}} + T_{\text{шт}}^{\text{пр}}) * \frac{(l_m + C_{\text{ч.з.}}) * N}{60}, \quad (2.5)$$

где $T_{\text{шт}}$ – штучное время до применения приспособления, мин;

$T_{\text{шт}}^{\text{пр}}$ – штучное время в результате применения приспособления, мин;

$l_m = 160,6$ – часовая тарифная ставка рабочего;

$C_{\text{ч.з.}}$ – часовые затраты на эксплуатацию рабочего места, Р/час:

$$C_{ч.з.} = C_{ч.з.}^{б.у.} * K_M,$$

где $C_{ч.з.}^{б.у.} = 143,9$ Р/час - часовые затраты в базовом устройстве;

$K_M = 1,1$ – машинный коэффициент;

N – годовая программа выпуска, шт.

Часовые затраты, Р/час:

$$C_{ч.з.} = 143,9 * 1,1 = 158,29$$

Годовая экономия, руб:

$$\mathcal{E}_n = (1,425 + 1,179) * \frac{(160,6 + 158,29) * 4500}{60} = 62279,22$$

Годовые затраты на приспособление, руб:

$$P = S_{пр} * (A + B), \quad (2.6)$$

где $S_{пр}$ – себестоимость приспособления, принимается укрупненно в зависимости от группы сложности приспособления (3 группа сложности),

$S_{пр} = 16200$ руб.;

$A = 0,5$ – коэффициент амортизации при окупаемости 2 года;

$B = 0,1$ – коэффициент, учитывающий ремонт и хранение приспособления.

Тогда годовые затраты на приспособление, руб:

$$P = 16200 * (0,5 + 0,1) = 9720$$

Экономический эффект применения приспособления, руб:

$$\Delta_n = \mathcal{E}_n - P,$$

$$\Delta_n = 62279,22 - 9720 = 52559,22$$

Заключение.

В результате данной работы был проведён полный анализ и разработка технологического процесса получения «Вал-шестерня» в условиях среднесерийного производства. Был обоснован способ получения заготовки, разработан маршрутный процесс изготовления детали, произведён выбор оборудования, режущего и измерительного инструмента, станочных приспособлений и технологических баз, рассчитаны припуски на механическую обработку, режимы резания.

Расчёт режимов резания позволил не только установить оптимальные параметры процесса резания, но и определить основное время на каждую операцию. Получение оптимального технологического процесса обработки детали в условиях среднесерийного производства в ходе дипломного проекта достигнуто. Подобрано соответствующее оборудование, которое позволяет максимально эффективно использовать современные возможности режущего инструмента и полностью реализовать все преимущества разработанного технологического процесса. Проработана технологическая карта, произведён расчёт припусков. Спроектировано и просчитано по всем основным технологическим критериям станочное приспособление.

На основании проведенных расчетов можно подвести итог, что разработанный технологический процесс изготовления детали «вал-шестерня» полностью работоспособен и отвечает всем требованиям современного производства. Станочное приспособление соответствует требованиям технологического процесса и допускается к использованию.

ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л122	Лаврентьеву Василию Вячеславовичу

Институт	ИнЭО	Кафедра	ТМСИР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 «Машиностроение»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя - 17000 руб. Оклад инженера - 17000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Премияльный коэффициент руководителя 30%; Доплаты и надбавки руководителя 40%; Дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	-Анализ конкурентных технических решений
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Гантта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления во внебюджетные фонды - накладные расходы.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	- Определение эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта конкурентных технических решений
2. График Гантта
3. Расчет бюджета затрат НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Шулинина Юлия Игоревна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
38Л122	Лаврентьев Василий Вячеславович		

3.1 Потенциальные потребители детали «вал-шестерня»

Вал-шестерня – это вал, на котором есть зубчатая часть, передающая момент. Вал-шестерни применяются на различных производствах в редукторах и приводных механизмах, их функциональность напрямую зависят от качества, таким образом очень важно, чтобы данная технология изготовления детали была максимально совершенной, что позволит резко увеличить круг потребителей, за счет повышения качества и конкурентоспособности на рынке изделий.

Главным рынком сбыта детали является машиностроительная отрасль России. «Вал-шестерня», как узловая часть редуктора, является важнейшим элементом. Сами редуктора находят применение во всех отраслях промышленности, таких как: автомобилестроение, станкостроение, нефтяная и газовая отрасль, энергетическая сфера и многих других.

Главной задачей редуктора, а вместе с ним и детали «вал-шестерня» - это понижение или повышение крутящего момента ведомого вала, относительно ведущего. Отсюда следует что везде, где требуется передать вращение с изменением скорости этого вращения и будут применять детали такого типа.

Ключевым умением в финансовом менеджменте является умение рационально и эффективно использовать доступные ресурсы и является важнейшей частью ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является создание технологического процесса изготовления детали «вал-шестерня», полностью отвечающего современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

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.

3.2 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) - это гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке, на основе которого можно принимать решение о целесообразности инвестирования денежных средств в научно-исследовательский проект по созданию технологии для детали «вал шестерня».

Для более наглядной визуализации системы QuaD приведем оценку всех параметров к табличной форме (табл. 2).

В соответствии с методикой QuaD каждому показателю присваивается свое значение по 100-бальной шкале, где 1 – наиболее низкий показатель (слабый), а 100 – наиболее высокий (сильный). Веса показателей, в сумме должны составлять 1.

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum V_i \cdot B_i, \quad (13)$$

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

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

$$P_{cp} = 90$$

Проведенные расчеты говорят о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Значение показателя P_{cp} получилось от 100 до 80, что значит - разработка считается перспективной.

Таблица 2 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Время изготовление детали.	0,2	100	100	1	0,2
2. Производительность механообработки.	0,15	100	100	1	0,15
3. Качество изготовления детали.	0,15	90	100	0,9	0,135
4. Унификация процесса обработки.	0,05	35	100	0,35	0,0175
5. Уровень квалификации рабочего.	0,05	65	100	0,65	0,0325
6. Кол-во операций технологического процесса.	0,1	70	100	0,7	0,07
7. Гибкость системы.	0,05	40	100	0,4	0,02
8. Цена техпроцесса.	0,15	65	100	0,65	0,0975
9. Сложность техпроцесса.	0,05	85	100	0,85	0,0425
10. Уровень автоматизации.	0,15	90	100	0,9	0,135
Итого	1				0,9

3.3 Структура работ в рамках научного исследования.

Для равномерного распределения хода работы нам следует создать список этапов, которые помогут отслеживать степень готовности и выполнения работы. (таблица 3)

Таблица 3- Список этапов и распределение обязанностей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Подготовительный этап	1	Выбор и назначение темы ВКР.	Научный руководитель, студент

	2	План работ по ВКР.	Научный руководитель
	3	Подбор материалов по теме исследования.	Студент
Основной этап	4	Изучение, анализ, систематизация материалов по выбранной теме исследования.	Студент
	5	Написание технологической части ВКР.	Студент
	6	Промежуточная проверка проделанной работы с научным руководителем.	Научный руководитель, Студент
	7	Написание конструкторской части ВКР.	Студент
	8	Проектирование приспособления.	Студент
	9	Оформление графической части ВКР.	Студент
Заключительный этап	10	Согласование и проверка проделанной работы с научным руководителем.	Научный руководитель, Студент
	11	Оформление работы по стандарту.	Студент

3.4 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты, как правило, составляют главную часть стоимости разработки, исходя из этого нужно рассчитать трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (13)$$

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

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка), чел.-дн.

Среднее значение трудоемкости выполнения 1-й работы составило:

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

Среднее значение трудоемкости выполнения 2-й работы составило:

$$t_{\text{ож}2} = \frac{(3*2)+(2*2)}{5} = 2 \text{ чел.-дн.}$$

Среднее значение трудоемкости выполнения 3-й работы составило:

$$t_{\text{ож}3} = \frac{(3*4)+(2*7)}{5} = 3,2 \text{ чел.-дн.}$$

Среднее значение трудоемкости выполнения 4-й работы составило:

$$t_{\text{ож}4} = \frac{(3*3)+(2*6)}{5} = 4,2 \text{ чел.-дн.}$$

Среднее значение трудоемкости выполнения 5-й работы составило:

$$t_{\text{ож}5} = \frac{(3*10)+(2*21)}{5} = 38,4 \text{ чел.-дн.}$$

Среднее значение трудоемкости выполнения 6-й работы составило:

$$t_{\text{ож}6} = \frac{(3*1)+(2*3)}{5} = 1,8 \text{ чел.-дн.}$$

Среднее значение трудоемкости выполнения 7-й работы составило:

$$t_{\text{ож}7} = \frac{(3*2)+(2*5)}{5} = 3,2 \text{ чел.-дн.}$$

Среднее значение трудоемкости выполнения 8-й работы составило:

$$t_{\text{ож}8} = \frac{(3*3)+(2*7)}{5} = 4,6 \text{ чел.-дн.}$$

Среднее значение трудоемкости выполнения 9-й работы

составило:

$$t_{\text{ож}9} = \frac{(3*3)+(2*2)}{5} = 2,6 \text{ чел.-дн.}$$

Среднее значение трудоемкости выполнения 10-й работы

составило:

$$t_{\text{ож}10} = \frac{(3*2)+(2*7)}{5} = 4 \text{ чел.-дн.}$$

Среднее значение трудоемкости выполнения 11-й работы

составило:

$$t_{\text{ож}11} = \frac{(3*7)+(2*10)}{5} = 8,2 \text{ чел.-дн.}$$

Из средней трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такой расчет необходим для обоснованного расчета заработной платы, потому что удельный вес зарплаты, в общей сметной стоимости научных исследований, составляет примерно 65 %.

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad [13]$$

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-дн.

Продолжительность выполнения 1-ой

$$T_{p1} = \frac{1,4}{2} = 0,7 \text{ дня.}$$

Продолжительность выполнения 2-ой

$$T_{p2} = \frac{2}{2} = 1 \text{ день.}$$

Продолжительность выполнения 3-ой

$$T_{p3} = \frac{3,2}{1} = 3,2 \text{ дня.}$$

Продолжительность выполнения 4-ой

$$T_{p4} = \frac{4,2}{1} = 4,2 \text{ дня.}$$

Продолжительность выполнения 5-ой

$$T_{p5} = \frac{38,4}{1} = 38,4 \text{ дня.}$$

Продолжительность выполнения 6-ой

$$T_{p6} = \frac{1,8}{2} = 1,5 \text{ дня.}$$

Продолжительность выполнения 7-ой

$$T_{p7} = \frac{3,2}{1} = 3,2 \text{ дня.}$$

Продолжительность выполнения 8-ой

$$T_{p8} = \frac{4,6}{1} = 4,6 \text{ дня.}$$

Продолжительность выполнения 9-ой

$$T_{p9} = \frac{2,6}{1} = 2,6 \text{ дня.}$$

Продолжительность выполнения 10-ой

$$T_{p10} = \frac{4}{2} = 2 \text{ дня.}$$

Продолжительность выполнения 11-ой

$$T_{p11} = \frac{8,2}{1} = 8,2 \text{ дня.}$$

3.5 Разработка графика проведения научного исследования

В данном разделе на примере диаграммы Ганта разработан график проведения ВКР с целью определения времени на каждую из работ.

Для наглядности и удобства построения графика, продолжительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Воспользуемся следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3)$$

где T_{ki} — продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} — продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4)$$

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.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе $T_{\text{ки}}$

округлим до целого числа.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 102 - 16} = 1,48$$

Длительность 1-ой работы в календарных днях:

$$T_{\text{к1}} = 0,7 * 1,48 = 1 \text{ дня}$$

Длительность 2-ой работы в календарных днях:

$$T_{\text{к2}} = 1 * 1,48 = 1 \text{ дня}$$

Длительность 3-ой работы в календарных днях:

$$T_{\text{к3}} = 3,2 * 1,48 = 5 \text{ дней}$$

Длительность 4-ой работы в календарных днях:

$$T_{\text{к4}} = 4,2 * 1,48 = 6 \text{ дня}$$

Длительность 5-ой работы в календарных днях:

$$T_{\text{к5}} = 38,4 * 1,48 = 57 \text{ дней}$$

Длительность 6-ой работы в календарных днях:

$$T_{\text{к6}} = 1,5 * 1,48 = 2 \text{ дня}$$

Длительность 7-ой работы в календарных днях:

$$T_{\text{к7}} = 3,2 * 1,48 = 5 \text{ дней}$$

Длительность 8-ой работы в календарных днях:

$$T_{\text{к8}} = 4,6 * 1,48 = 7 \text{ дней}$$

Длительность 9-ой работы в календарных днях:

$$T_{к9} = 2,6 * 1,48 = 4 \text{ дня}$$

Длительность 10-ой работы в календарных днях:

$$T_{к10} = 2 * 1,48 = 3 \text{ дня}$$

Длительность 11-ой работы в календарных днях:

$$T_{к11} = 8,2 * 1,48 = 12 \text{ дня}$$

Сведем все полученные данные в таблицу (табл. 4).

Таблица 4 - Временные показатели проведения научного исследования.

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}	Длительность работ в календарных днях, T_{ki}
	tmin, чел-дни	tmax, чел-дни	toжi, чел-дни			
Составление и утверждение темы работы	1	2	1,4	Научный руководитель, студент	0,7	1
План работ по ВКР.	2	2	2	Научный руководитель	1	1
Подбор материалов по теме исследования.	4	7	3,2	Студент	3,2	5
Изучение, анализ, систематизация материалов по выбранной теме исследования.	3	6	4,2	Студент	4,2	6
Написание технологической части ВКР.	10	21	38,4	Студент	38,4	57
Промежуточная проверка проделанной работы с научным руководителем.	1	3	1,8	Научный руководитель Студент	1,5	2
Написание конструкторской части ВКР.	2	5	3,2	Студент	3,2	5
Проектирование приспособления.	3	7	4,6	Студент	4,6	7
Оформление графической части ВКР.	3	2	2,6	Студент	2,6	4
Согласование и проверка	2	7	4	Научный руководитель,	2	3

проделанной работы с научным руководителем				Студент		
Оформление работы по стандарту	7	10	8,2	Студент	8,2	12

По данным табл. 4 построим календарный график, который строится для максимального по длительности исполнения работ с разбивкой по месяцам и декадам.

Таблица 5 - Календарный план-график проведения ВКР

№ работ	Вид работ	Исполнители	Кол-во дней, Ткі	Продолжительность выполнения работ, календарные дни												Июнь 2017
				Февраль 2017			Март 2017			Апрель 2017			Май 2017			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление и утверждение темы работы	Научный руководитель, студент	1	■												
2	План работ по ВКР.	Научный руководитель	1	■												
3	Подбор материалов по теме исследования.	Студент	5	□												
4	Изучение, анализ, систематизация материалов по выбранной теме исследования.	Студент	6		□											
5	Написание технологической части ВКР.	Студент	57				□									
6	Промежуточная проверка	Научный руководитель	2									□				

По календарному плану-графику проведения ВКР видно, что начало работы было в первой половине декады февраля. Первые две работы выполняются одновременно. Так же можно заметить, 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 третьей декады мая.

3.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В процессе планирования бюджета НТИ должно быть обеспечено всестороннее и правдивое отражение всех статей расходов, связанных с его выполнением. В ходе формирования бюджета НТИ воспользуемся следующей группировкой затрат по статьям:

- 1) материальные затраты НТИ;
- 2) основная заработная плата исполнителей темы;
- 3) дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- 4) отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- 5) накладные расходы;
- 6) формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.

3.7 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат рассчитаем по следующей формуле:

$$Z_m = \sum_{i=1}^m C_i * N_{расхi} , [13]$$

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.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.).

Составим список необходимых материальных затрат в таблице 6.

Таблица 6 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы (З _м), руб.
Бумага	лист	200	1,5	300
Краска для печати	Шт.	5	360	1800
USB накопитель	Gb	1	250	250
Папка	Шт.	1	140	140
Тубус	Шт.	1	800	800
Нетбук	Шт	1	10000	10000
3G модем	Шт	1	500	500
Итого:				13700

3.8 Основная заработная плата исполнителей темы

В эту графу включается основная заработная плата научного руководителя и студента.

Количество 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 6.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, включая премии, доплаты, и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} , [13,]$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя от предприятия рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = T_p \cdot Z_{\text{дн}}, [13]$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d}, [13]$$

где Z_M – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 7 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные	118	118
- праздничные		
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	72
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	175

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{\text{тс}} * (1 + k_{\text{пр}} + k_d) * k_p, [13]$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – 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 (г. Томск).

Месячный должностной оклад руководителя темы, руб.:

$$Z_{м} = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,4) \cdot 1,3 = 37570 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад бакалавра, руб.:

$$Z_{м} = 17000 \cdot (1 + 0 + 0) \cdot 1,3 = 22100 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата руководителя темы, руб.:

$$Z_{сд} = \frac{37570 \cdot 10,4}{199} = 1963 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата бакалавра темы, руб.:

$$Z_{сд} = \frac{22100 \cdot 11,4}{175} = 1439 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата руководителя, руб.:

$$Z_{оснР} = 6,2 \cdot 1963 = 14892,4$$

Основная заработная плата бакалавра, руб.:

$$Z_{оснБ} = 89,2 \cdot 1439 = 128358,8$$

Таблица 8 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$, руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$, руб.	$Z_{сд}$, руб.	Тр, раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	17000	0,3	0,4	1,3	37570	1963	6	11778
Бакалавр	17000	0	0	1,3	22100	1439	89	128358,8
Итого $Z_{осн}$:								155424,6

3.9 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.

Затраты по дополнительной заработной плате учитывают величину предусмотренных ТК РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда,

а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций. Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}}, [13]$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Следовательно, дополнительная заработная плата:

Научного руководителя: $Z_{\text{доп Р.}} = 0,12 * 11778 = 1413$ руб.,

Студента: $Z_{\text{доп С.}} = 0,12 * 128358,8 = 15403$ руб.

Общая: $Z_{\text{доп общая}} = 1413 + 15403 = 16815$ руб.

3.10 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В этой статье расходов показаны обязательные отчисления по установленным законодательством РФ 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 как:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), [13]$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды. На 2017 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов 30%.

Таблица 9 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Руководитель	Студент
Основная заработная плата, руб.	12173,4	128358,8
Дополнительная заработная плата, тыс. руб.	1413	15403
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	

Итого, руб.	4076 + 38815,686 = 43305,086
-------------	------------------------------

3.11 Накладные расходы

Накладные расходы включают прочие затраты организации, не попавшие в другие статьи расходов. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}}, [13]$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Таким образом, накладные расходы равны:

$$Z_{\text{накл}} = (13700 + 155424,6 + 16863 + 43305) \cdot 0,16 = 36689,056 \text{ руб.}$$

3.12 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Полученная величина затрат работы служит основой для формирования бюджета затрат проекта, который засчитывается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на научную деятельность.

Расчет бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 10.

Таблица 10 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Доля затрат, %
1. Материальные затраты НТИ	13700	6,5
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	155424,6	58,4
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	16863	6,33

4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	43319,086	16,25
5. Накладные расходы	36689,056	13,79
6. Бюджет затрат НИИ	265995,6	100

3.13 Оценка эффективности исследования

Анализ рассмотренных решений выявил, что созданный технологический процесс изготовления детали «вал-шестерня», полностью отвечает современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Проведенные расчеты по технологии Quad позволяют говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Значение показателя P_{cp} говорит о том, что такая разработка считается перспективной.

В процессе планирования научной работы была создана структура работ, построен график этих работ и определена их трудоемкость. По календарному графику-плану проведения ВКР наглядно видно, что начало работы состоялось в первой половине декады февраля. Начальные две работы выполняются одновременно. Из графика следует, что написание теоретической части исследования, самая трудоемкая часть работы и занимает 57 дней. Так же видно, что такие работы, как составление и утверждение темы работы, выбор объекта исследования и согласование работы, руководителем и студентом одновременно. Окончание работы во второй половины третьей декады мая. Расчет коэффициента календарности позволил создать план-график научно-технического исследования. Содержание работ для проведения исследования насчитывает 10 этапов. Для визуализации календарного графика использована диаграмма Ганта, которая характеризуется высокой степенью информативности. Общая продолжительность исследования составила 103 дня. В завершении был определен бюджет исследования, который составил 265995,6 рублей.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л22	Лаврентьеву Василию Вячеславовичу

Институт	ИнЭО	Кафедра	ТМСПР
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 «Машиностроение»

Тема ВКР: Создание технологического процесса изготовления детали «Вал-Шестерня»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Характеристика объекта исследования	<i>Объектом исследования является механический цех по производству деталей типа «Вал-шестерня».</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	<i>Параметры анализа : 1. микроклимат; 2. наличие вредных веществ; 3. производственный шум; 4. расчет освещенности рабочего места; 5. электрическая безопасность; 6. движущиеся машины и механизмы, незащищенные подвижные элементы производственного оборудования</i>
2. Экологическая безопасность:	<i>– анализ воздействия объекта на окружающую среду (сбросы, выбросы, отходы); – мероприятия по сокращению негативного воздействия на окружающую среду.</i>
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<i>Защита в чрезвычайных ситуациях: – сильные морозы; – несанкционированное проникновение постороннего на территорию предприятия. – план эвакуации</i>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	<i>Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства (приводится перечень ГОСТов, СНиПов и др. законодательных документов, использованных в своей работе);</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	10.03.17
---	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ЭБЖ	Федорчук Юрий Митрофанович	Доктор технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л22	Лаврентьев Василий Вячеславович		

Описание рабочего места

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 «вал-шестерня». Он состоит из основного помещения на первом этаже корпуса, где располагается металлорежущие оборудование и вспомогательных (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. Так как цех механообработки находится в городе Томске, наиболее вероятной ЧС является мороз. Так же, в связи с беспокойной геополитической ситуацией в мире, одной из возможных ЧС может быть теракт.

4.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

В цехе, 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 работы	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	средняя	19 – 24	15 - 75	≤ 0.1
Теплый	средняя	20 - 28	15 - 75	≤ 0.2

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
Гексахлорэтан	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
Метилметакрилат	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	5,0	3
Тетрахлорэтан	5,0	3
Трихлорэтан	20,0	4

Тетрахлорметан	20,0	2
Углерод оксид	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 звукопоглощающие навесные элементы в районе потолка, элементы и панели в верхней части стен, а также звукопоглощающие напыления на стены и пол (звукопоглощающий, иглопробивной материал из пенополиэтилена и акустический войлок). 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 Освещенность

Нормы освещенности по СНиП 23-05-95 для «Механических, инструментальных цехов, отделений, участков, цеха оснастки ОТК. (Г-0.8)» составляют 300 люкс.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное

психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Расчёт общего освещения выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен.

Световой поток лампы определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} \quad (4.1)$$

где E_n – нормируемая минимальная освещённость по СНиП 23-05-95, 300 лк;

S – площадь освещаемого помещения, м²;

K_3 – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника наличие в атмосфере цеха дыма, пыли;

Z – коэффициент неравномерности освещения, отношение $E_{ср} / E_{min}$.

Для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным 1,1;

N – число ламп в помещении;

η – коэффициент использования светового потока.

Коэффициент использования светового потока зависит от индекса помещения i , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью h и коэффициентов отражения стен ρ_c и потолка ρ_n .

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = S / h(A+B) \quad (4.2)$$

Расчитав световой поток Φ , зная тип лампы, по табл. выбираем ближайшую стандартную лампу и определяем электрическую мощность осветительной системы.

Основное станочное помещение с размерами:

длина $A = 19$ м,

ширина $B = 10,5$ м,

высота $H = 5$ м.

Высота рабочей поверхности $h_{\text{рп}} = 0,8$ м.

Требуемая освещенность $E = 300$ лк.

Коэффициент отражения стен $R_c = 50$ %, потолка $R_n = 70$ %.

Коэффициент запаса $k = 1,8$, коэффициент неравномерности $Z = 1,1$.

Выбираем лампу дневного света ЛХБ 80, со световым потоком $\Phi_{\text{ЛД}} = 4220$ Лм.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР-2-40.

Одним из критериев оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем $\lambda = 1,1$, расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_c = 0,3$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p, \quad (4.3)$$

где h_n – высота светильника над полом, высота подвеса,

h_p – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОДОР: $h_n = 3,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 5 - 0,8 - 0,3 = 3,9 \text{ м.}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,1 \cdot 3,9 = 4,29 \text{ м}$$

Число рядов светильников в помещении:

$$Nb = \frac{B}{L} = \frac{10,5}{4,29} = 2,64 \approx 3$$

Число светильников в ряду:

$$Na = \frac{A}{L} = \frac{19}{4,29} = 4,42 \approx 4$$

Общее число светильников:

$$N = Na \cdot Nb = 3 \cdot 4 = 12$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$l = \frac{L}{3} = \frac{4,29}{3} = 1,43 \text{ м.}$$

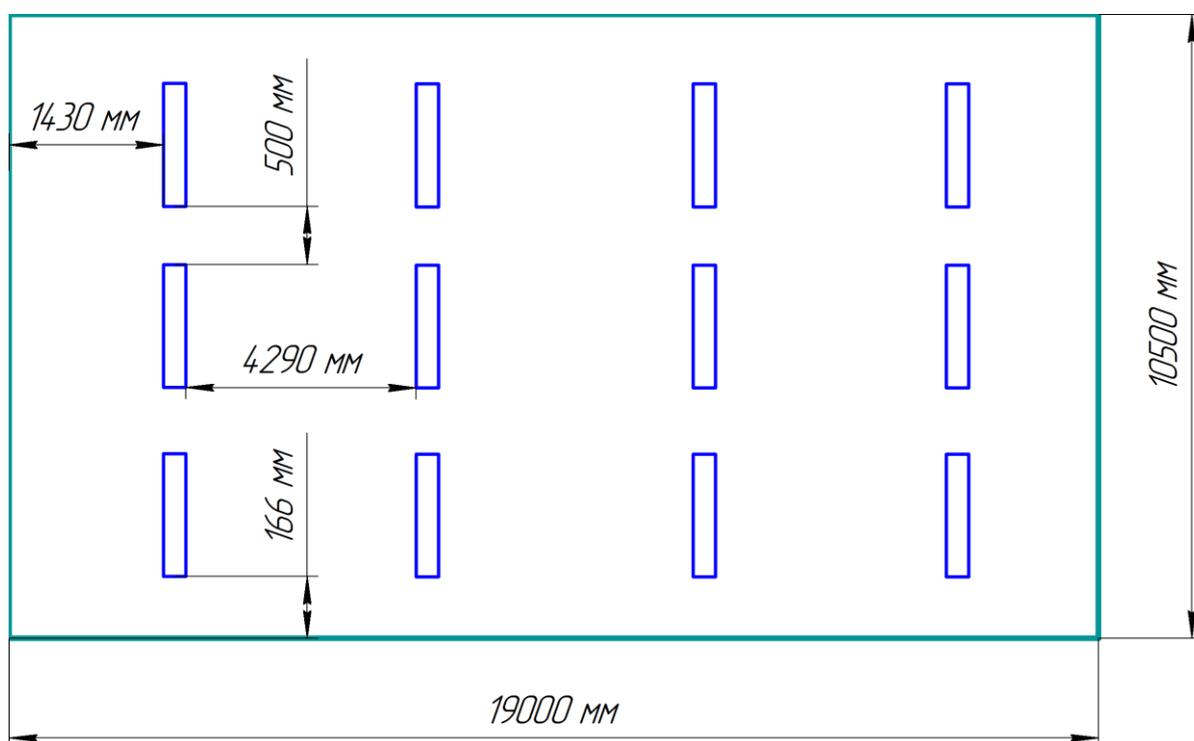


Рисунок 1 – Схема расположения светильников в производственном помещении.

Индекс помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{19 \cdot 10,5}{3,9 \cdot (19 + 10,5)} = 1,73$$

Коэффициент использования светового потока для светильников типа ОДОР с люминесцентными лампами при:

$$\rho_{\Pi} = 70 \%;$$

$$\rho_{С} = 50\%;$$

Индекс помещения $i = 1,6$ равен $\eta = 0,61$.

Потребный световой поток люминесцентной лампы светильника определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{150 \cdot 19 \cdot 10,5 \cdot 1,8 \cdot 1,1}{24 \cdot 0,61} = 4047,23 \text{лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\Pi}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\Pi}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{4220 - 4047,23}{4220} \cdot 100\% = 4,09\%.$$

Таким образом: $-10\% \leq 4,09\% \leq 20\%$, необходимый световой поток светильника не выходит за пределы требуемого диапазона.

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, закрывающиеся 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..

5. 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, брикетируется 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.

3. 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 удастся 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. Рекомендуется применять при электро- и газосварке, пайке, лужении, лазерной и плазменной обработке, переплаве металлов и др. При высокой концентрации в помещении СО, 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.

6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Производство находится в городе Томске, в умеренном климатическом поясе.

Природные катаклизмы в данном регионе крайне маловероятны. Наиболее вероятными ЧС на объекте могут быть сильные морозы и теракт.

Для Западной Сибири в зимнее время года характерны морозы до -45°C . Достижение низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели (дизельные станции, калориферы и т.п.). Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта (закрытой внутренней сетью интернет и введением режима секретности), расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. На предприятии должна быть создана служба гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям, способная быстро и правильно реагировать на любые возможные ЧС на предприятии.

Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

ПЛАН ЭВАКУАЦИИ

Механический цех _____

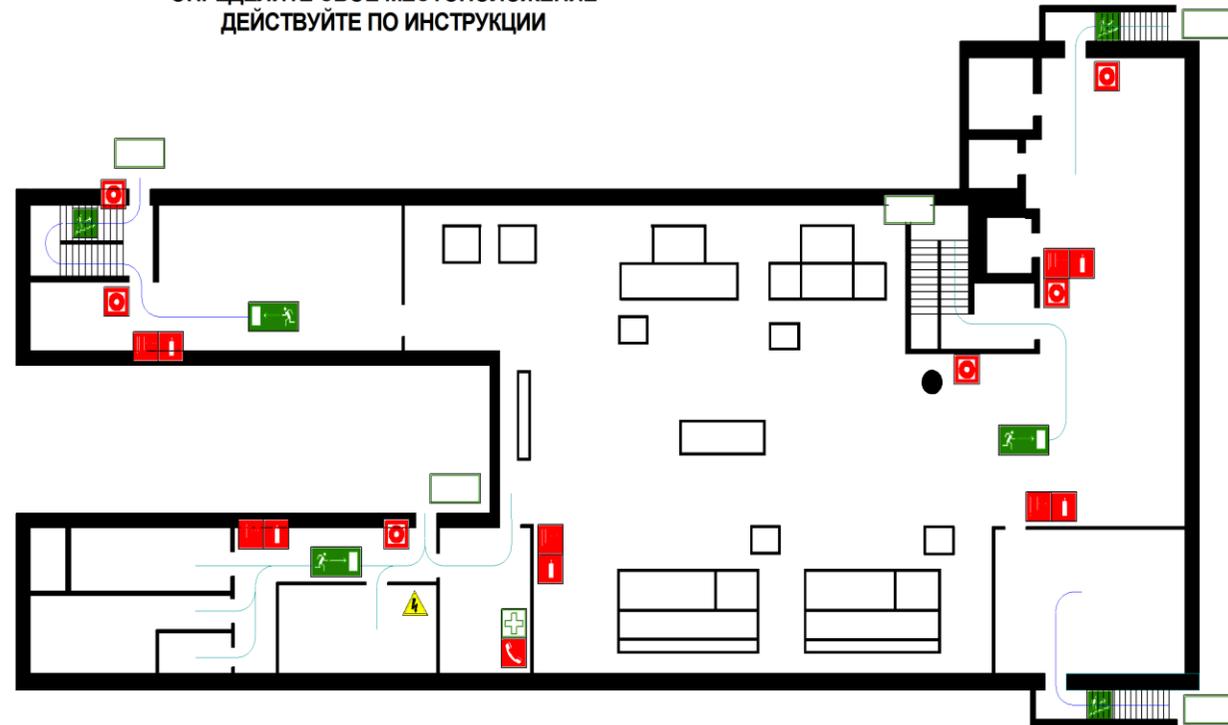
СОРИЕНТИРУЙТЕСЬ НА ПЛАНЕ
ОПРЕДЕЛИТЕ СВОЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ
ДЕЙСТВУЙТЕ ПО ИНСТРУКЦИИ

ДЕЙСТВИЯ ПРИ ПОЖАРЕ
СОХРАНЯЙТЕ СПОКОЙСТВИЕ!

1		СООБЩИТЕ ПО ТЕЛЕФОНУ 01
2		ОПОВЕСТИТЕ ЛЮДЕЙ
3		ЭВАКУИРУЙТЕ ЛЮДЕЙ
4	 	ПО ВОЗМОЖНОСТИ, ПРИМИТЕ МЕРЫ ПО ТУШЕНИЮ ПОЖАРА

ДЕЙСТВИЯ ПРИ АВАРИИ
СОХРАНЯЙТЕ СПОКОЙСТВИЕ!

1		СООБЩИТЕ ПО ТЕЛЕФОНУ 01
2		ЛОКАЛИЗИРУЙТЕ АВАРИЮ
3	 	ЭВАКУИРУЙТЕ ЛЮДЕЙ



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

	КНОПКА ВКЛЮЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКИ		НАПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ К ЭВАКУАЦИОННОМУ ВЫХОДУ
	ОГНЕТУШИТЕЛЬ		НАПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ВВЕРХ/ВНИЗ ПО ЛЕСТНИЦЕ
	ПОЖАРНЫЙ КРАН		ЭВАКУАЦИОННЫЙ ВЫХОД
	ТЕЛЕФОН		ПУТЬ К ОСНОВНОМУ ЭВАКУАЦИОННОМУ ВЫХОДУ
	АПТЕЧКА ПЕРВОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ		ПУТЬ К ЗАПАСНОМУ ЭВАКУАЦИОННОМУ ВЫХОДУ
	ЭЛЕКТРОЩИТ		ВЫ НАХОДИТЕСЬ ЗДЕСЬ

7. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

1. ОСТ 54 30013-83 Электромагнитные излучения СВЧ. Предельно допустимые уровни облучения. Требования безопасности
2. 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
4. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 "Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)".
5. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
6. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
7. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
8. ГОСТ 12.4.123-83. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования.
9. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
10. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
11. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
- ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности
12. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха
13. ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.
14. СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.

15. ГОСТ 12.4.154. Система стандартов безопасности труда. Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования, основные параметры и размеры
16. СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение"

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т./Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Сулова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – 5-е изд., исправл. – М.:Машиностроение, 2003 г.
2. Справочник: Прогрессивные конструкции режущих инструментов и режимы резания/ Под ред. А. А. Баранчикова.- М.: Машиностроение, 1984 г.
3. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. – 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с четвертого издания 1983 г. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
4. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: Учебное пособие / В.Ф. Скворцов. – 2-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 91с.
5. Технология машиностроения: учебно-методическое пособие / Е.П. Михаевич; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 100 с.
6. Основы технологии машиностроения: учебное пособие / В.Ф. Скворцов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во томского политехнического университета, 2012. – 352 с.
7. Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении и приборостроении: Справочник в 2 т. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство стандартов, 1989. – Т. 2: Контроль деталей. – 208 с.
8. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.:Машиностроение, 1979. – 303 с., ил.
9. Справочник HOFFMANN GROUP 2014 Обработка резанием Garant(1091 страница)

10. Матвеев В.В., Размерный анализ технологических процессов, Москва «Машиностроение» 1992г., -294с.
11. Каталог SANDVIK COROMANT 2015 Металлорежущий инструмент (1060 страниц).
12. Основы конструирования приспособлений в машиностроении. Корсаков В.С. – М.: Машиностроение 1971г. – 288с.
13. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. В426 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Креницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.