

Оглавление

Введение.....	6
Раздел 1. Проектирование технологического процесса	
1.1. Исходные данные. Назначение и анализ конструкции детали.....	7
1.2. Определение типа производства, форм и методов организации работ...	8
1.3. Анализ технологичности конструкции детали.....	10
1.4. Выбор исходной заготовки и методов её изготовления.....	12
1.5. Выбор и анализ типового технологического процесса.....	14
1.6. Проектирование маршрутного технологического процесса и операций.....	17
1.7. Размерный анализ технологического процесса. Расчет допусков, припусков, промежуточных размеров заготовки по технологическим переходам и исходных.....	19
1.8. Выбор оборудования и технологической оснастки	31
1.9. Расчет и назначение режимов обработки на операции	33
1.10. Нормирование операций технологического процесса.....	40
1.11. Техничко-экономическое обоснование и показатели технологического процесса.....	45
Раздел 2. Проектирование станочного приспособления	
2.1. Техническое задание.....	47
2.2. Разработка расчетной схемы и определение силы закрепления заготовки.....	47
2.3. Выбор и расчет привода зажимного устройства.....	48
2.4. Расчет точности приспособления.....	48
2.5. Разработка технологической схемы сборки приспособления	50
Раздел 3. Финансовый менеджмент	
3.1. Оценка комерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования с позиции ресурсоэффеktivности и ресурсосбережения.....	52
3.2. Планирование научно-исследовательской работы.....	58

3.3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	72
Раздел 4. Социальная ответственность	
4.1. Техногенная безопасность.....	76
4.2. Анализ выявленных опасных факторов.....	
4.3. Анализ вредных факторов.....	79
4.4. Региональная безопасность.....	83
4.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	86
4.6. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности....	88
Заключение.....	90
Литература.....	91

Введение

Машиностроение является одной из самых старых отраслей и имеет огромное значение в хозяйстве. В наши дни машиностроение занимает первое место как по числу занятых, так и по стоимости продукции. По уровню развития машиностроения судят об уровне развития любой страны.

Структура машиностроения очень сложна. Она состоит как из самостоятельных отраслей – транспортное машиностроение, химическое и нефтяное машиностроение, станкостроительная промышленность, приборостроение, сельскохозяйственное машиностроение, машиностроение для легкой и пищевой промышленности и т. д., так и из множества специализированных подотраслей и производств.

Эффективность производства, технический прогресс и качество выпускаемой продукции во многом зависят от улучшения технологических процессов. Проектирование технологических процессов изготовления деталей машин один из ответственных этапов технологической подготовки производства. Они должны обеспечить высокую производительность труда и заявленное качество изделий при минимальных затратах материальных средств на их изготовление.

Цель данной выпускной квалификационной работы: спроектировать технологический процесс изготовления детали колесо коническое.

Для этого необходимо проанализировать исходные данные и определить тип, форму и метод организации производства. Исходя из типа производства, выбрать рациональный метод получения заготовки. На основе анализа базового техпроцесса составить новый маршрутно-операционный техпроцесс изготовления детали. Рассчитать припуски, режимы резания. Выбрать оборудование, приспособление, инструмент, с помощью которого будет производиться обработка. Разработать приспособление для одной из операций технологического процесса. Спроектированный технологический процесс должен удовлетворять требованиям экономичности изготовления детали и безопасности.

Раздел 1. Проектирование технологического процесса.

1.1. Исходные данные. Назначение и анализ конструкция детали.

Зубчатые передачи являются одним из важнейших элементов различных механизмов и машин. От качества их изготовления в значительной мере зависят эксплуатационные свойства этих машин и надежность.

Конические зубчатые колеса служат для передачи вращательного движения между валами с пересекающимися под определенным углом осями.

Деталь – коническое зубчатое колесо с прямыми зубьями, с центральным сквозным отверстием, круглым в поперечном сечении. Масса детали 0,8 кг. Наружный диаметр: венца $d = 104$ мм; ступицы $d = 75$ мм. Ширина 37,5 мм. Отверстие $D = \text{Ø}55\text{H}9$ мм с шероховатостью $Ra = 2,5$ мкм.

Зубья с модулем $m = 4,5$ мм, число зубьев $z = 21$, шероховатость $Ra = 2,5$ мкм. Зубья закалены до твердости 40...45 HRC₃. Степень точности зубьев 8-С по ГОСТ 1758—81.

В отверстии имеется шпоночный паз шириной 16N9 мм.

Имеется допуск, ограничивающий радиальное биение зубьев 0,08 мкм.

Основной конструкторской базой являются поверхности: отверстие $\text{Ø}55\text{H}9$ мм, торец ступицы; а вспомогательной – рабочие поверхности зубьев, которыми деталь входит в зацепление с другим зубчатым колесом.

Материалом для изготовления зубчатого колеса служит сталь 45 ГОСТ 1050-88.

Таблица 1 – Химический состав стали 45 ГОСТ 1050-88 в %.

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0,42-0,5	0,17-0,37	0.5-0.8	до 0,3	до 0.04	до 0.035	до 0,25	до 0,25	до 0,08

Таблица 2 – Механические свойства стали 45 ГОСТ 1050-88.

Предел прочности при растяжении σ_B , МПа	Предел прочности при срезе σ_T , МПа	Твёрдость НВ
610	520	229

1.2. Определение типа производства, форм и методов организации работ.

Тип производства определяем по коэффициенту закрепления операций, который находим по формуле [1, стр.19]:

$$K_{з.о}(K_{сер}) = \frac{t_B}{T_{шт}}, \quad (1)$$

где t_B – такт выпуска детали, мин.;

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

Величина такта выпуска рассчитывается по формуле [1, стр.19]:

$$t_B = \frac{F_D * 60}{N}, \quad (2)$$

где F_D – действительный годовой фонд времени работы оборудования, мин.;

N – годовая программа выпуска деталей.

Годовой фонд времени работы оборудования в 2016 году при пятидневной рабочей неделе с двумя выходными днями 247 рабочих дней. В том числе 2 предпраздничных дня (20 февраля, 3 ноября), и 119 выходных дней с учетом 14 праздничных нерабочих дней (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 и 8 января, 23 февраля, 8 марта, 1 и 9 мая, 12 июня, 4 ноября).

Норма рабочего времени в 2016 году при 40-часовой рабочей неделе составляет - 1974 часа (8 час. x 245 дней + 7 час. x 2 дня). При двухсменном режиме работы: $F_D = 3948$ часов.

Тогда

$$t_B = \frac{3948 * 60}{26000} = 9,1 \text{ мин.}$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса[3, стр.22]:

$$T_{шт.ср} = \frac{\sum_1^n T_{штi}}{n}, \quad (3)$$

где: $T_{штi}$ – штучное или штучно-калькуляционное время на каждой операции, мин.;

n – число операций.

В качестве основных операций выберем 3 операции ($n=3$): токарную с ЧПУ, протяжную и зубострогальную операции (см. операционную карту).

Штучное или штучно-калькуляционное время операций определяем по формуле [3, стр.147]:

$$T_{шт} = \varphi_k * T_o, \quad (4)$$

где φ_k – коэффициент операции, зависящий от вида станка и типа предполагаемого производства;

T_o – основное технологическое время, мин.

Коэффициент операции φ_k и основное технологическое время T_o назначаем в соответствии с приложением 1[3, стр. 146].

Для токарных с ЧПУ $\varphi_k = 1,36$.

Для протяжной $\varphi_k = 1,73$.

Для зуборезной $\varphi_k = 1,27$.

Основное технологическое время токарной операции:

$$T_o = 0,000052*(D^2-d^2)+0,00017dl+0,00018 dl+0,00017dl = 0,000037*(75^2-55^2) + 0,00017*75*20+0,00018*55*29,5+0,00017*17,5*104 = 1,08 \text{ мин.}$$

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

$$T_{шт} = \varphi_k * T_o = 1,36 * 1,08 = 1,47 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время протяжной операции:

$$T_o = 0,0004l = 0,0004*29,5=0,02 \text{ мин.}$$

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

$$T_{шт} = \varphi_k * T_o = 1,27 * 0,02 = 0,03 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время зубофрезерной операции:

$$T_o = 0,0022Db = 0,0022 * 104 * 16 = 3,66 \text{ мин.}$$

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

$$T_{шт} = \varphi_k * T_o = 1,27 * 3,66 = 4,64 \text{ мин.}$$

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

$$T_{ср} = \frac{1,47 + 0,03 + 4,64}{3} = 2,02 \text{ мин.}$$

Коэффициент закрепления операций определяем по формуле (1):

$$K_{з.о} = \frac{9,1}{2,05} = 4,44$$

Так как $K_{з.о} = 2 < 4,44 < 10$, то тип производства крупносерийный.

1.3. Анализ технологичности конструкции детали

Чертёж детали содержит все необходимые виды и разрезы, дающие однозначное представление о форме и размерах детали. Размеры и требования чертежа охватывают все формообразующие поверхности с указанием допусков на изготовление. Обозначения посадок и шероховатостей выполнены в соответствии с требованиями по оформлению чертежей по ЕСКД. Чертёж удовлетворяет всем предъявляемым требованиям и может быть принят к производству.

Простая конфигурация детали (отсутствие сложных фасонных поверхностей) позволяет использовать при её производстве унифицированную заготовку.

Габаритные размеры детали и ее использование позволяет использовать рациональные методы получения заготовки, такие как: прокат, штамповка, литье.

Заготовка по условию задания выполнена из качественной конструкционной стали 45 ГОСТ 1050–88. Данная сталь достаточно хорошо обрабатывается лезвийным и абразивным инструментами.

Материал не является дефицитным, стоимость приемлема.

Деталь имеет простую форму центрального отверстия, что значительно упрощает его обработку.

Конструкция детали обеспечивает свободный доступ инструмента к обрабатываемым поверхностям, что позволяет обрабатывать большое их количества с одного установа

Анализируя параметры точности размеров детали, можно заметить, что почти на все поверхности назначены относительно грубые допуски, что позволяет использовать универсальное оборудование и простой измерительный инструмент.

Что касается точности формы и расположения поверхностей, то в данном случае предъявлены жесткие требования к радиальному биению зубчатого венца. Требования обусловлены необходимостью обеспечить надежную работу зубчатого зацепления.

Отношение длины детали к наружному диаметру невелико (0,36), что обеспечивает достаточную жесткость детали при обработке.

Деталь имеет совокупность поверхностей, которые могут быть использованы в качестве технологических баз. Во время механической обработки единство баз соблюдается.

Конструкция детали обеспечивает возможность использования типовых технологических процессов ее изготовления.

Учитывая все вышеперечисленные факторы, приходим к выводу что деталь технологична.

1.4. Выбор исходной заготовки и метода её изготовления.

Исходя из назначения, конструкции детали, материала из которого она изготовлена, учитывая технические требования и тип производства в качестве заготовки выбираем поковку. Так как производство крупносерийное целесообразно применить горячую объемную штамповку. В качестве оборудования выбираем кривошипный горячештамповочный пресс с закрытой штамповкой.

Штамповка на кривошипно горячештамповочном прессе высокопроизводительна, имеет большую точность размеров поковки близкую по форме к готовой детали, а значит, имеет меньшее значение припусков на механическую обработку.

Ориентировочная величина расчетной массы поковки определяется по формуле [ГОСТ 7505-89, стр.56]:

$$M_{\text{пр}} = M_{\text{д}} * K_{\text{р}} \quad (5)$$

где $M_{\text{д}}$ – масса детали;

$K_{\text{р}}$ – расчетный коэффициент, устанавливаемый в соответствии с приложением 3 [ГОСТ 7505-89, таб. 20].

$M_{\text{д}} = 0,8$ кг; $K_{\text{р}} = 1,5$.

$$M_{\text{пр}} = 0,8 * 1,5 = 1,2 \text{ кг.}$$

Средняя массовая доля углерода составляет 0,45%, следовательно группа стали М2 [ГОСТ 7505-89, таб. 1].

Степень сложности поковки определяется отношением массы $G_{\text{п}}$ поковки к массе $G_{\text{ф}}$ геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки [ГОСТ 7505-89].

Масса геометрической фигуры:

$$G_{\text{ф}} = \frac{\pi * D^2 * h}{4000} * \rho, \quad (6)$$

где D – диаметр фигуры;

h – высота фигуры;

ρ – плотность материала сталь 45 ГОСТ 1050-88.

$$G_{\phi} = \frac{3,14 * 104^2 * 37,5}{4000} * 7,8 = 2,48 \text{ кг.}$$

$$G_{\pi}/G_{\phi} = 1,2/2,48 = 0,48$$

Степень сложности поковки С2.

Класс точности – Т4 [ГОСТ 7505-89, прил. 1].

Исходный индекс – 6 [ГОСТ 7505-89, таб. 2].

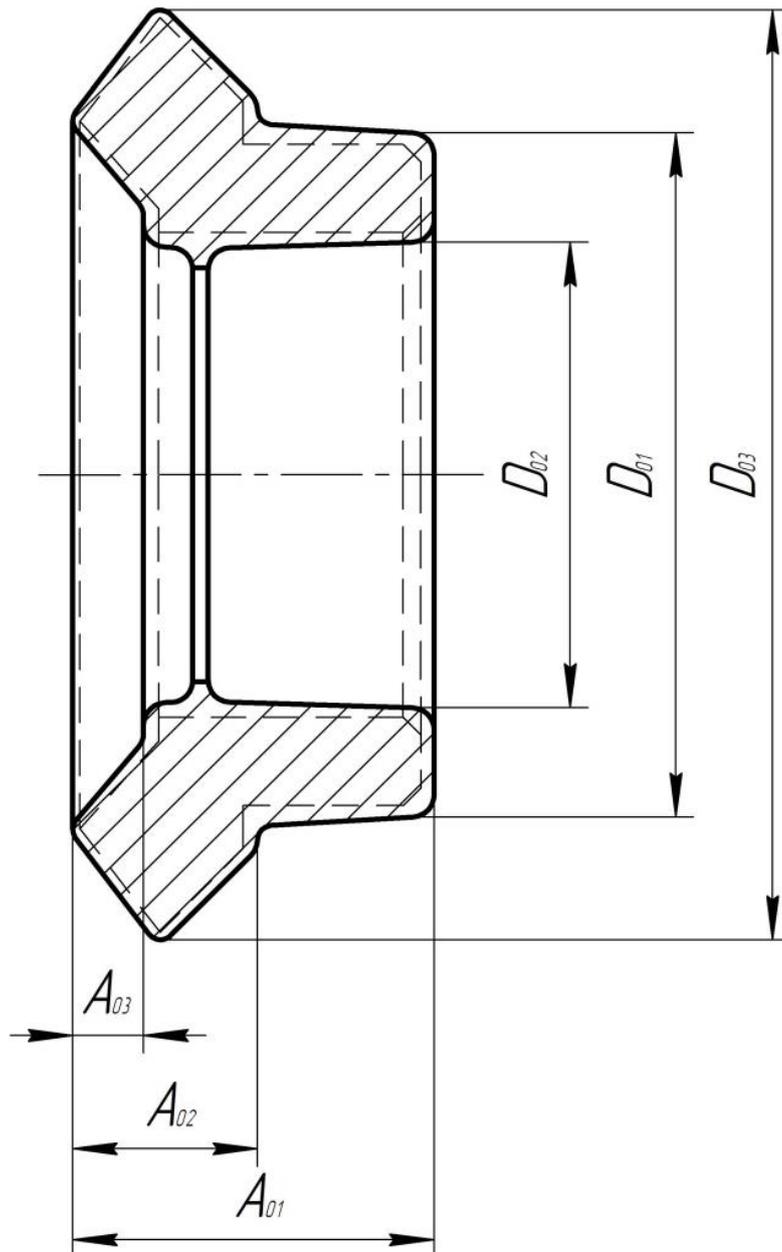


Рисунок 1. Эскиз заготовки

1.5. Выбор и анализ типового технологического процесса.

Рассмотрим маршрут типового технологического процесса механической обработки конического зубчатого колеса [4, стр.449], эскиз которого представлен на рисунке 2.

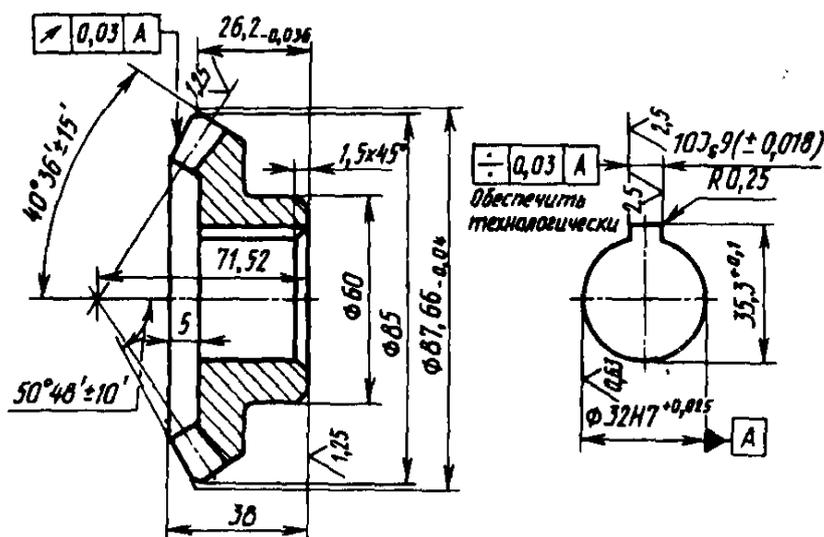


Рисунок 2. Эскиз колеса зубчатого конического.

Таблица 3 – Маршрут обработки конического зубчатого колеса.

№ операции	Содержание операции	Станок	Оснастка
005	Отрезать заготовку	Абразивно-отрезной 8Б262	Тиски
010	Кузнечная		
015	Термическая обработка		
020	Подрезать торцы $\varnothing 60 \varnothing 32H7$, $\varnothing 87.66 / \varnothing 66$ предварительно. Точить поверхность $\varnothing 60$ предварительно. Сверлить, зенкеровать,	Токарный полуавтомат с ЧПУ КТ141	Трехкулачковый патрон

	развернуть отверстие Ø32H7 предварительно. Точить фаски.		
025	Подрезать торец Ø87,66/Ø32H7. Точить поверхность Ø87,66 предварительно.	Токарный полуавтомат с ЧПУ КТ141	Трёхкулачковый патрон
030	Протянуть шпоночный паз В= 10 js 9 окончательно.	Горизонтально- протяжной 7512	Жесткая опора
035	Опилить заусенцы на шпоночном пазе	Вибробункер	
040	Подрезать торец Ø 60/Ø32H7 предварительно, торец Ø87,66/Ø60 и точить поверхность Ø60, Ø87,66 окончательно.	Токарный полуавтомат с ЧПУ КТ141	Трёхкулачковый патрон
045	Подрезать торец Ø87,66/Ø32H7 предварительно	Токарный с ПУ КТ141	Трёхкулачковый патрон.
050	Контроль		
055	Строгать 35 зубьев (m=2,5) под шлифование	Зубострогальный 5Т23В	Оправка
060	Зачистить заусеницы на зубьях	Вибробункер	
065	Шлифовать торец Ø60/Ø32H7 окончательно и	Внутришлифовальный	Трёхкулачковый патрон

	отверстие $\varnothing 32H7$ окончательно		
070	Шлифовать торец $\varnothing 87,66/\varnothing 32H7$ окончательно	Плоскошлифовальный 3Б740	Магнитный стол
075	Шлифовать 35 зубьев (m $=2,5$) окончательно	Зубошлифовальный 58П70В	Оправка
080	Промыть деталь	Моечная машина	
085	Технический контроль		
090	Нанесение антикоррозионного покрытия		

Анализируя маршрут базового технологического процесса мы можем принять его за основной, с доработками учитывающими конфигурацию исходной детали и тип производства (крупносерийный).

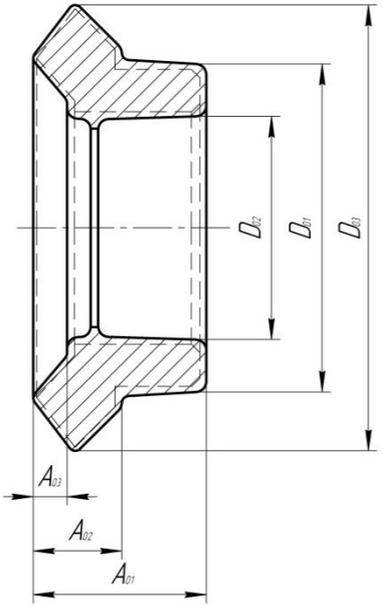
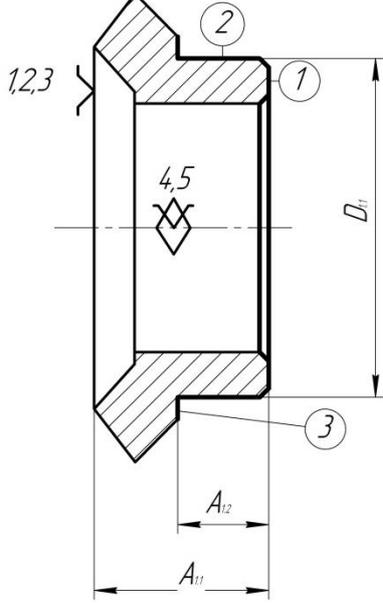
На заготовительной операции следует применить горячую объемную штамповку. В качестве оборудования выбираем кривошипно горячештамповочный пресс. Это оборудование высокопроизводительно, а поковки имеют большую точность размеров близких к готовым деталям. На прессах можно штамповать с прошивкой отверстия.

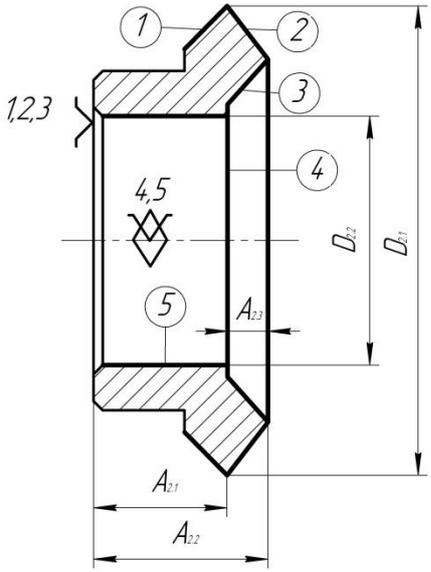
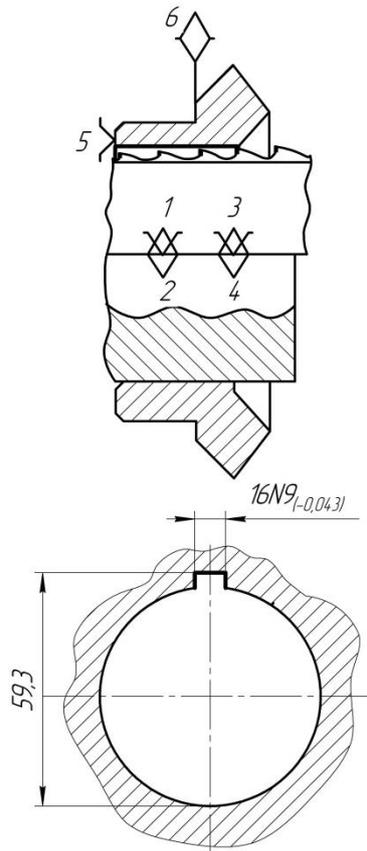
Зубострогальную операцию следует заменить зубофрезерной двумя дисковыми фрезами. Зубчатые колеса модулем до 5 мм нарезают комбинированным методом (врезание, обкатка) за одну операцию. Этот метод более производителен по сравнению зубостроганием в 4 раза. Достигаемая точность соответствует 7 – 8-й степени [6, стр.222].

1.6. Проектирование маршрутного технологического процесса и операций.

На основании анализа типового технологического процесса проектируем маршрут изготовления заданной детали.

Таблица 4 – Маршрут обработки колеса конического.

№	Наименование и содержание операций	Эскиз обработки
000	Заготовительная Штамповка	 <p>The drawing shows a cross-section of a conical gear blank. It features a central bore and a conical outer profile. Dimension lines indicate the following parameters: D_2 (inner diameter), D_1 (pitch diameter), D_3 (outer diameter), A_{23} (width of the top chamfer), A_{22} (width of the main body), and A_{21} (width of the bottom chamfer).</p>
005	Токарная с ЧПУ Установ А: подрезать торец 1, выдержав размер A_{11} ; точить поверхность 2, выдержав размер D_{11} ; точить поверхность 3, выдержав размер A_{21} ; точить фаски.	 <p>The drawing shows the same conical gear blank as in the previous row, but with specific processing steps indicated. Feature 1 is the top chamfer, feature 2 is the outer conical surface, and feature 3 is the bottom chamfer. Dimensions D_{11} (pitch diameter), A_{12} (width of the main body), and A_{11} (width of the bottom chamfer) are shown. Chamfers 4 and 5 are also indicated on the top and bottom edges.</p>

	<p>Установ Б:</p> <p>точить поверхность 1 и 2, выдержав размер A_{21} и D_{21};</p> <p>точить поверхность 3, выдержав размер A_{22};</p> <p>точить поверхность 4, выдержав размер A_{23};</p> <p>расточить отверстие начерно, начисто выдержав размер D_{23}.</p>	 <p>Technical drawing of a stepped shaft. The shaft has five distinct diameters labeled 1 through 5. Dimensions are indicated: A_{21} and A_{22} are axial lengths; A_{23} is a diameter; D_{21} and D_{22} are diameters. Surface 1 is the top chamfered edge, surface 2 is the top cylindrical part, surface 3 is the middle cylindrical part, surface 4 is the bottom cylindrical part, and surface 5 is the bottom chamfered edge. A hole is shown in the middle section with a diameter of 4,5 and a depth of 1,2,3.</p>
010	<p>Шпоночно-протяжная</p> <p>Протянуть шпоночный паз в размер.</p>	 <p>Technical drawing showing a keyway in a shaft. The shaft has a diameter of 59,3. The keyway is labeled with numbers 1 through 6. The material is specified as 16N9_(-0,04,3). The drawing includes a side view of the keyway and a cross-sectional view of the shaft.</p>
015	<p>Зубофрезерная</p> <p>Фрезеровать 21 зуб ($m = 4,5$)</p>	
020	<p>Контрольная</p>	
025	<p>Термическая</p>	

	Калить ТВЧ 40...45 HRC ₃	
030	Зубошлифовальная Шлифовать 21 зуб (m = 4,5)	
035	Моечная	
040	Контрольная	
045	Нанесение антикоррозийного покрытия	

1.7. Размерный анализ технологического процесса. Расчет допусков, припусков, промежуточных размеров заготовки по технологическим переходам.

Размерный анализ технологического процесса заключается в правильном и обоснованном определении промежуточных и окончательных технологических размеров и допусков на них для обрабатываемой детали.

Задачи размерного анализа:

1. определить технологические размеры и допуски на них;
2. определить предельные отклонения размеров, припусков и рассчитать размеры заготовки;
3. определить наиболее рациональную последовательность обработки поверхностей детали, обеспечивая требуемую точность размеров.

Для решение этих задач необходимо выявить и рассчитать технологические размерные цепи.

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

Для выявления технологических размерных цепей на основании маршрута изготовления колеса зубчатого конического, составляется

размерная схема, которая представлена на рисунке 3, и содержит все технологические размеры, припуски и конструкторские размеры, расчет и проверка которых будет осуществляться в ходе данной работы.

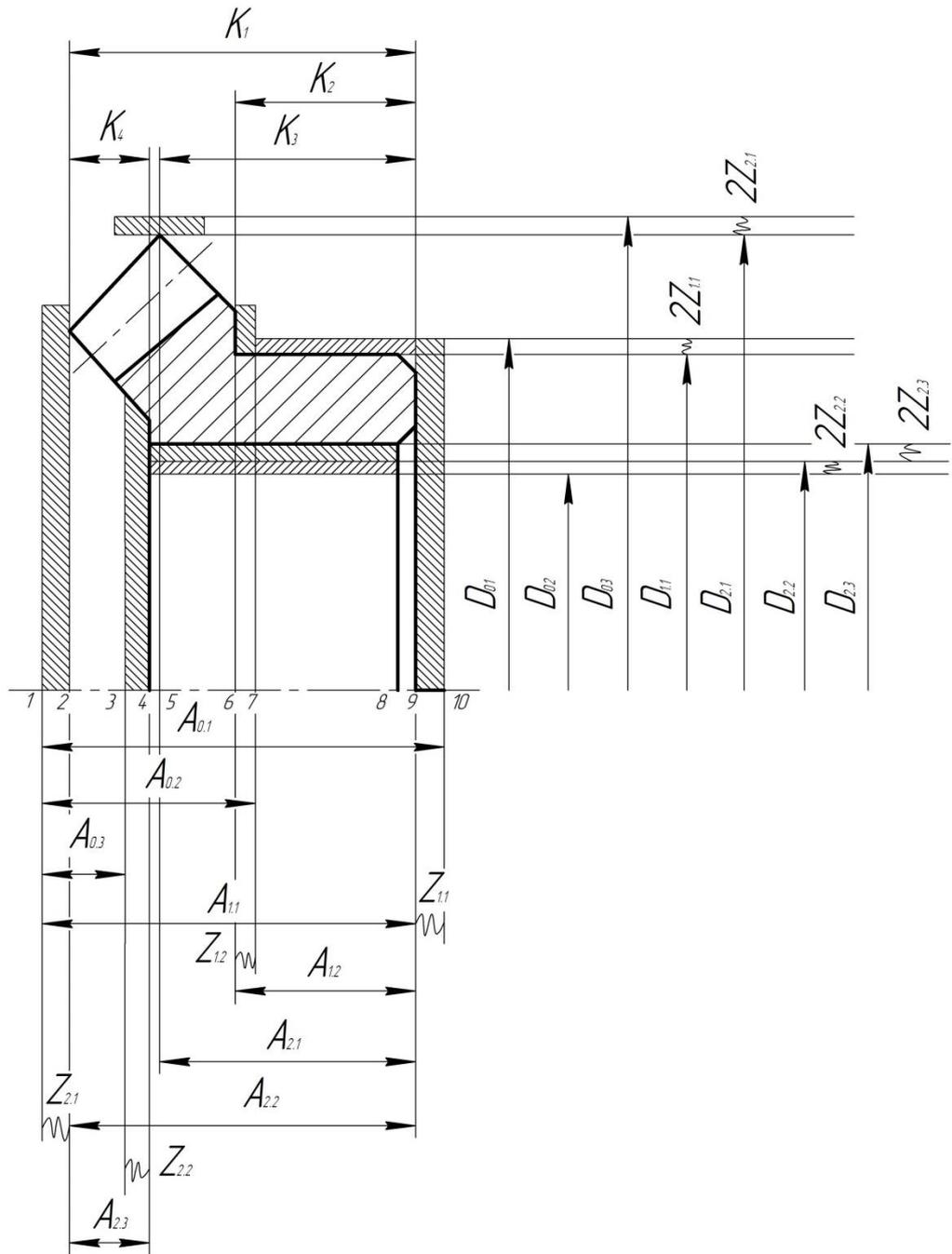


Рисунок 3. Размерная схема

С целью облегчения выявления по размерной схеме технологических размерных цепей строим граф технологических размерных цепей, представленный на рисунке 4.

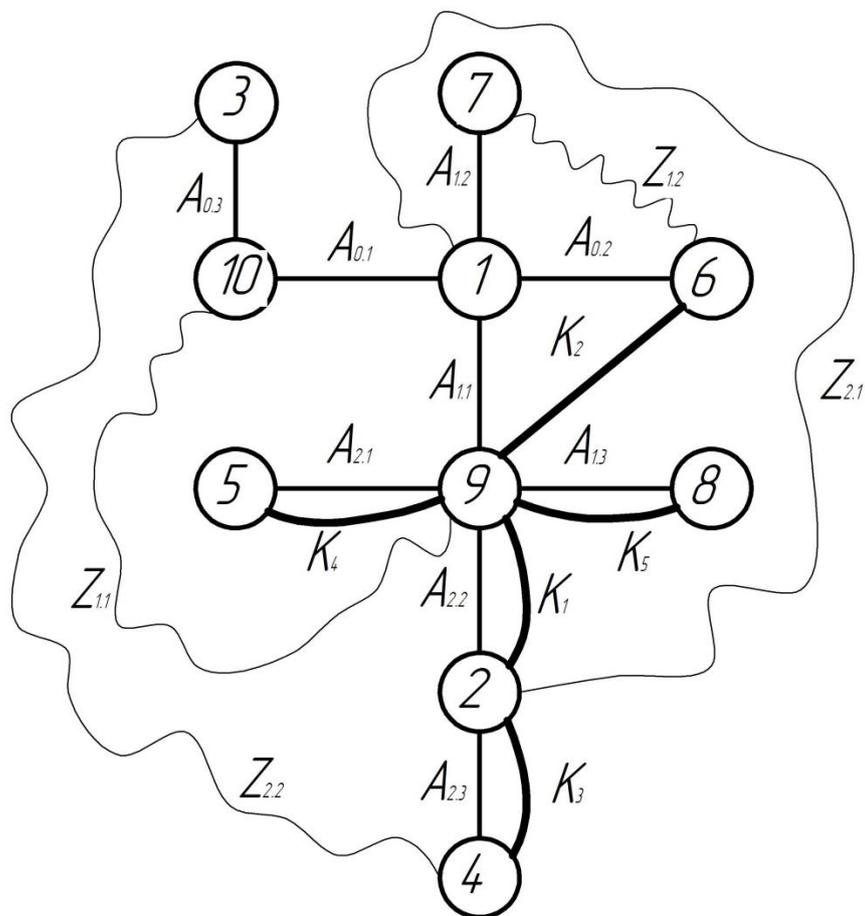


Рисунок 4. Граф технологических размерных цепей

Допуски на размеры поковки назначаем по ГОСТ 7505-89:

$$TA_{01} = (37,5)_{-0,3}^{+0,5} = 0,8 \text{ мм}$$

$$TD_{01} = (55)_{-0,3}^{+0,6} = 0,9 \text{ мм}$$

$$TA_{02} = (17,5)_{-0,3}^{+0,5} = 0,8 \text{ мм}$$

$$TD_{02} = (75)_{-0,3}^{+0,6} = 0,9 \text{ мм}$$

$$TA_{03} = (8)_{-0,3}^{+0,5} = 0,8 \text{ мм}$$

$$TD_{03} = (104)_{-0,3}^{+0,7} = 1,0 \text{ мм}$$

Допуски на осевые технологические размеры рассчитываем по формуле [2, стр. 38]:

$$TA_i = \omega_{ci} + \rho_{ni-1}, \quad (7)$$

где ω_{ci} – статистическая погрешность;

ρ_{ni-1} – пространственное отклонение измерительной (технологической) базы;

Остаточное пространственное отклонение поковки на одну сторону $\rho_{ni}=0,5$ мм.

$$TA_{11} = 0,2 + 0,5 = 0,7 \text{ мм}$$

$$TA_{12} = 0,2 + 0,03 = 0,23 \text{ мм}$$

$$TA_{21} = 0,2 + 0,03 = 0,23 \text{ мм}$$

$$TA_{22} = 0,2 + 0,03 = 0,23 \text{ мм}$$

$$TA_{23} = 0,2 + 0,03 = 0,23 \text{ мм}$$

Допуски на диаметральные размеры принимаем равными статистической погрешности [2, стр.38]:

$$TD_i = \omega_{ci}, \quad (8)$$

Назначаем допуски руководствуясь приложением 1 [2, стр. 75]:

$$TD_{11} = 0,2 \text{ мм}$$

$$TD_{21} = 0,25 \text{ мм}$$

$$TD_{22} = 0,17 \text{ мм}$$

$$TD_{23} = 0,2 \text{ мм}$$

$$TD_{24} = 0,074 \text{ мм}$$

Проверка обеспечения точности конструкторских размеров.

При расчете методом максимума-минимума условие обеспечения точности конструкторского размера проверяется по формуле [2, стр. 60]:

$$TK \geq \sum_{i=1}^{n+p} TA_i. \quad (9)$$

Размерная цепь для размера K_1 .

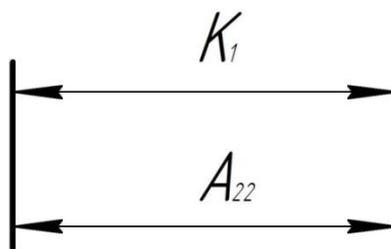


Рисунок 5. Размерная цепь для размера K_1 .

$$TK_1 = 0,62\text{мм} \geq TA_{22} = 0,23\text{мм}$$

Размерная цепь для размера K_2 .

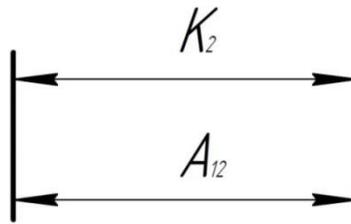


Рисунок 6. Размерная цепь для размера K_2 .

$$TK_2 = 0,52\text{мм} \geq TA_{12} = 0,23\text{мм}$$

Размерная цепь для размера K_3 .

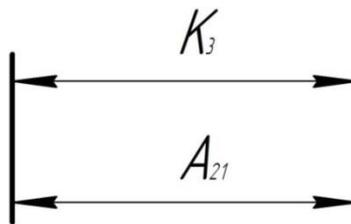


Рисунок 7. Размерная цепь для размера K_3 .

$$TK_3 = 0,33\text{ мм} \geq TA_{21} = 0,23\text{ мм}$$

Размерная цепь для размера K_4 .

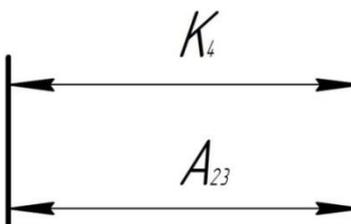


Рисунок 8. Размерная цепь для размера K_4 .

$$TK_4 = 0,36\text{мм} \geq TA_{23} = 0,23\text{мм}$$

Размерная цепь для размера K_5 .

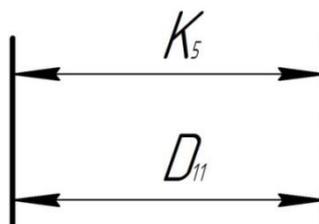


Рисунок 9. Размерная цепь для размера K_5 .

$$TK_5 = 0,74\text{ мм} \geq TD_{11} = 0,2\text{ мм}$$

Размерная цепь для размера K_6 .

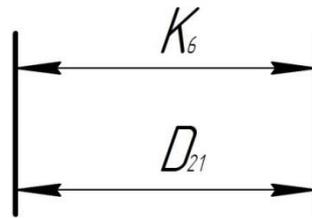


Рисунок 10. Размерная цепь для размера K_6 .

$$TK_6 = 0,87 \text{ мм} \geq TD_{21} = 0,25 \text{ мм}$$

Размерная цепь для размера K_7 .

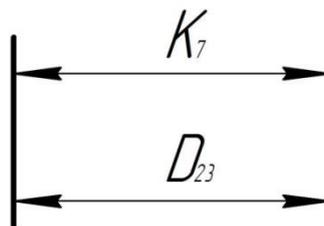


Рисунок 11. Размерная цепь для размера K_7 .

$$TK_7 = 0,074 \text{ мм} \geq TD_{23} = 0,074 \text{ мм}$$

Расчет припусков.

Определяем минимальный припуск на обработку плоскости по формуле [2, стр.50]:

$$Z_{i \min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}, \quad (7)$$

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.

Шероховатость штампованной заготовки $Rz = 160$ мкм.

Дефектный слой $h = 200$ мкм.

В качестве ρ выбираем отклонение от перпендикулярности, торцевое биение [2, приложение 3].

$$Z_{11\min} = 0,16 + 0,2 + 0,2 = 0,56 \text{ мм}$$

$$Z_{12\min} = 0,16 + 0,2 + 0,2 = 0,56 \text{ мм}$$

$$Z_{21\min} = 0,16 + 0,2 + 0,05 = 0,41 \text{ мм}$$

$$Z_{22\min} = 0,16 + 0,2 + 0,05 = 0,41 \text{ мм}$$

Определяем минимальный припуск на диаметр при обработке поверхностей вращения по формуле [2, стр.50]:

$$Z_{i\min} = 2 * \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) \quad (8)$$

где ε_i – погрешность установки и закрепления перед рассматриваемой обработкой, мкм.

Шероховатость поверхности и толщину дефектного поверхностного слоя после механической обработки назначаем по таблице 4.5 [3, стр.64]: черновое растачивание $Rz = 50$ мкм, $h = 50$ мкм.

Погрешность установки и закрепления перед рассматриваемой обработкой назначаем по таблице 2 [2, приложение 4]:

горячая штамповка – 120 мкм;

предварительно обработанная поверхность 100 мкм.

$$Z_{11\min}^D = 2 * \left(0,16 + 0,2 + \sqrt{0,5^2 + 0,12^2} \right) = 0,874 \text{ мм}$$

$$Z_{21\min}^D = 2 * \left(0,16 + 0,2 + \sqrt{0,5^2 + 0,1^2} \right) = 0,867 \text{ мм}$$

$$Z_{22\min}^D = 2 * \left(0,05 + 0,05 + \sqrt{0,03^2 + 0,1^2} \right) = 0,204 \text{ мм}$$

$$Z_{23\min}^D = 2 * \left(0,16 + 0,2 + \sqrt{0,5^2 + 0,1^2} \right) = 0,867 \text{ мм}$$

$$Z_{24\min}^D = 2 * \left(0,05 + 0,05 + \sqrt{0,03^2 + 0,1^2} \right) = 0,204 \text{ мм}$$

Расчет осевых технологических размеров.

$$A_{12} = K_2 = 20 \pm 0,26 \text{ мм};$$

$$A_{21} = K_3 = 29,27 \pm 0,026 \text{ мм};$$

$$A_{22} = K_1 = 37,5_{-0,62} \text{ мм};$$

$$A_{23} = K_4 = 8 \pm 0,18 \text{ мм};$$

Расчет технологического размера A_{11} .

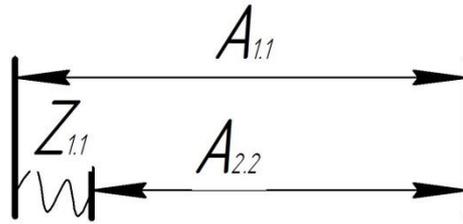


Рисунок 12. Размерная цепь для размера A_{11} .

$$A_{11}^C = A_{22}^C + Z_{21}^C;$$

$$A_{11}^C = A_{22}^C + \frac{Z_{21\min} + Z_{21\max}}{2};$$

$$A_{22}^C = 37,19 \text{ мм.}$$

$$Z_{21}^C = \frac{Z_{21\min} + (Z_{21\min} + TA_{11} + TA_{22})}{2} = \frac{0,41 + 0,41 + 0,7 + 0,62}{2} = 1,07$$

$$A_{11}^C = 37,19 + 1,07 = 38,26$$

$$A_{11} = 38,26 \pm 0,35 = 38,61_{-0,7}$$

Принимаем $A_{11} = 38,7_{-0,7}$.

Расчет технологического размера A_{01} .

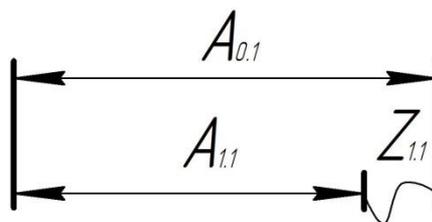


Рисунок 13. Размерная цепь для размера A_{01} .

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

$$A_{01}^C = A_{11}^C + \frac{Z_{11\min} + Z_{11\max}}{2};$$

$$A_{11}^C = 38,35 \text{ мм.}$$

$$Z_{11}^C = \frac{Z_{11\min} + (Z_{11\min} + TA_{01} + TA_{11})}{2} = \frac{0,56 + 0,56 + 0,8 + 0,7}{2} = 1,31 \text{ мм}$$

$$A_{01}^C = 38,35 + 1,31 = 39,66 \text{ мм}$$

$$A_{01} = 39,66 \pm 0,4 = 39,56_{-0,3}^{+0,5}$$

Принимаем $A_{01} = 39,6_{-0,3}^{+0,5}$.

Расчет технологического размера A_{02} .

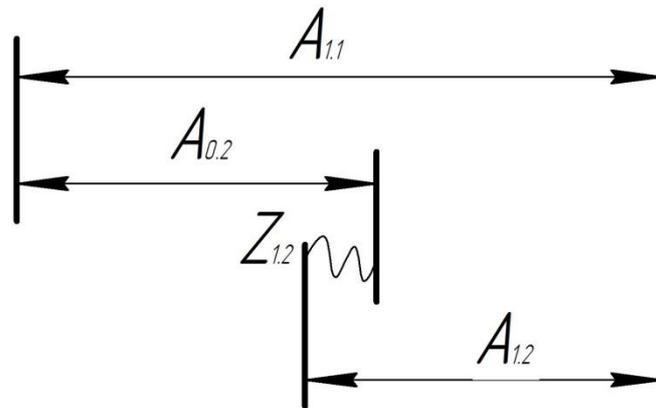


Рисунок 14. Размерная цепь для размера A_{02} .

$$A_{02}^C = A_{11}^C + Z_{12}^C - A_{12}^C$$

$$Z_{12}^C = \frac{Z_{12\min} + (Z_{12\min} + TA_{12} + TA_{11} + TA_{02})}{2}$$

$$Z_{12}^C = \frac{0,56 + 0,56 + 0,52 + 0,7 + 0,8}{2} = 1,57 \text{ мм}$$

$$A_{11}^C = 38,35 \text{ мм}$$

$$A_{12}^C = 20 \text{ мм}$$

$$A_{02}^C = 38,35 + 1,57 - 20 = 19,92 \text{ мм}$$

$$A_{02} = 19,92 \pm 0,4 = 19,82_{-0,3}^{+0,5}$$

Принимаем $A_{02} = 19,9_{-0,3}^{+0,5}$.

Расчет технологического размера A_{03} .

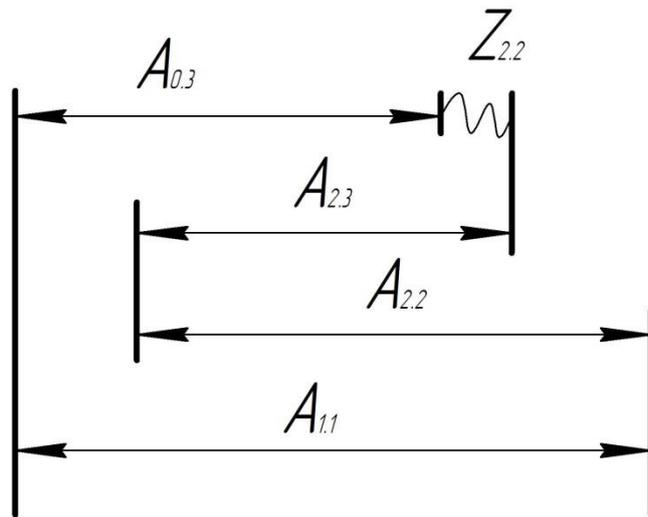


Рисунок 15. Размерная цепь для размера A_{03} .

$$A_{03}^C = A_{11}^C + A_{23}^C - A_{22}^C - Z_{22}^C$$

$$Z_{22}^C = \frac{Z_{22\min} + (Z_{22\min} + TA_{23} + TA_{22} + TA_{11} + TA_{03})}{2}$$

$$Z_{22}^C = \frac{0,41 + 0,41 + 0,36 + 0,62 + 0,7 + 0,8}{2} = 1,65 \text{ мм}$$

$$A_{11}^C = 38,35 \text{ мм}$$

$$A_{23}^C = 8 \text{ мм}$$

$$A_{22}^C = 37,19 \text{ мм}$$

$$A_{03}^C = 38,35 + 8 - 1,65 - 37,19 = 7,51 \text{ мм}$$

$$A_{03} = 7,51 \pm 0,4 = 7,41_{-0,3}^{+0,5} \text{ мм}$$

Принимаем $A_{03} = 7,5_{-0,3}^{+0,5} \text{ мм}$

Расчет диаметральных технологических размеров.

$$D_{11} = K_5 = 75_{-0,74} \text{ мм};$$

$$D_{22} = K_6 = 104_{-0,87} \text{ мм};$$

$$D_{24} = K_7 = 55^{+0,074} \text{ мм}.$$

Расчет технологического размера D_{23} .

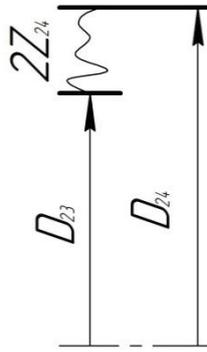


Рисунок 16. Размерная цепь для размера D_{23} .

$$D_{23}^C = D_{24}^C - Z_{24}^C$$

$$Z_{24}^C = \frac{Z_{24\min} + (Z_{24\min} + TD_{24} + TD_{23})}{2}$$

$$Z_{24}^C = \frac{0,204 + (0,204 + 0,074 + 0,2)}{2} = 0,341 \text{ мм}$$

$$D_{24}^C = 55,037 \text{ мм}$$

$$D_{23}^C = 55,037 - 0,341 = 54,696 \text{ мм}$$

$$D_{23} = 54,696 \pm 0,1 = 54,596^{+0,2} \text{ мм}$$

Принимаем $D_{23} = 54,6^{+0,2} \text{ мм}$.

Расчет технологического размера D_{21} .

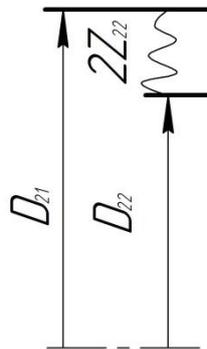


Рисунок 17. Размерная цепь для размера D_{21} .

$$D_{21}^C = D_{22}^C + Z_{22}^C$$

$$Z_{22}^C = \frac{Z_{22\min} + (Z_{22\min} + TD_{22} + TD_{21})}{2}$$

$$Z_{22}^C = \frac{0,204 + (0,204 + 0,87 + 0,25)}{2} = 0,764 \text{ мм}$$

$$D_{22}^C = 103,565 \text{ мм}$$

$$D_{21}^C = 103,565 + 0,764 = 104,329 \text{ мм}$$

$$D_{21} = 104,329 \pm 0,125 = 104,204^{+0,25} \text{ мм}$$

Принимаем $D_{21} = 104,2^{+0,25}$ мм.

Расчет технологического размера D_{03} .

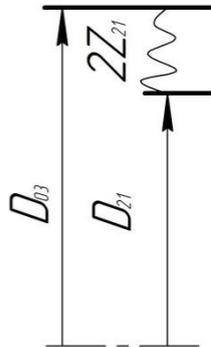


Рисунок 18. Размерная цепь для размера D_{03} .

$$D_{03}^C = D_{21}^C + Z_{21}^C$$

$$Z_{21}^C = \frac{Z_{21\min} + (Z_{21\min} + TD_{21} + TD_{03})}{2}$$

$$Z_{21}^C = \frac{0,867 + (0,867 + 0,25 + 1,0)}{2} = 1,492 \text{ мм}$$

$$D_{21}^C = 104,325 \text{ мм}$$

$$D_{03}^C = 104,325 + 1,492 = 105,817 \text{ мм}$$

$$D_{03} = 105,817 \pm 0,5 = 105,817_{-0,3}^{+0,7} \text{ мм}$$

Принимаем $D_{03} = 105,9_{-0,3}^{+0,7}$ мм.

Расчет технологического размера D_{02} .

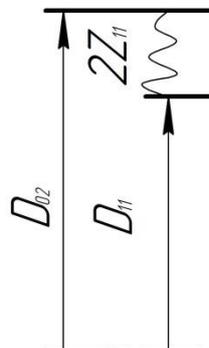


Рисунок 18. Размерная цепь для размера D_{02} .

$$D_{02}^C = D_{11}^C + Z_{11}^C$$

$$Z_{11}^C = \frac{Z_{11\min} + (Z_{11\min} + TD_{11} + TD_{02})}{2}$$

$$Z_{11}^C = \frac{0,874 + (0,874 + 0,74 + 0,9)}{2} = 1,694 \text{ мм}$$

$$D_{02}^C = 74,63 + 1,694 = 76,324$$

$$D_{02} = 76,324 \pm 0,45 = 76,174_{-0,3}^{+0,6} \text{ мм}$$

Принимаем $D_{02} = 76,2_{-0,3}^{+0,6}$ мм.

Расчет технологического размера D_{01} .

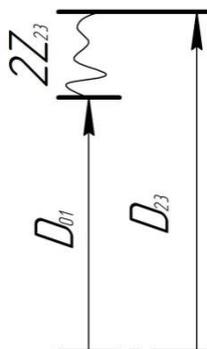


Рисунок 19. Размерная цепь для размера D_{01} .

$$D_{01}^C = D_{23}^C - Z_{23}^C$$

$$Z_{23}^C = \frac{Z_{23\min} + (Z_{23\min} + TD_{23} + TD_{01})}{2}$$

$$Z_{23}^C = \frac{0,867 + (0,867 + 0,2 + 0,9)}{2} = 1,417 \text{ мм}$$

$$D_{23}^C = 55,037 \text{ мм}$$

$$D_{01}^C = 54,7 - 1,417 = 53,283 \text{ мм}$$

$$D_{01} = 53,283 \pm 0,45 = 53,133_{-0,3}^{+0,6} \text{ мм}$$

Принимаем $D_{01} = 53,1_{-0,3}^{+0,6}$ мм.

1.8. Выбор оборудования и технологической оснастки.

1. Операция 005. Токарная с ЧПУ.

Выбираем токарно-винторезный станок с ЧПУ 16К20Ф3.

Таблица 8 – Технические характеристики станка.

Класс точности	П
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм.	400
Диапазон скоростей вращения шпинделя, об/мин.	60-6000
Диапазон подач, мм/об.	0,02-5
Мощность станка, кВт.	7,5
Габаритные размеры, мм.	3950×2200×1900

В качестве оснастки выбираем трехкулачковый самоцентрирующийся патрон 7100-0001 ГОСТ 2675-80.

2. Операция 010. Шпоночно-протяжная.

Выбираем горизонтально-протяжной станок 7Б55.

Таблица 9 – Технические характеристики станка.

Класс точности	Н
Максимальный диаметр обрабатываемой детали, мм.	600
Номинальное тяговое усилие, тс.	10
Наибольшая/наименьшая скорость рабочего хода, м/мин.	11,5-1,5
Мощность, кВт.	18,5
Габаритные размеры, мм.	6340×2090×1910

3. Операция 015. Зубофрезерная.

Выбираем станок для нарезания прямозубых конических колес 5С277П.

Таблица 10 – Технические характеристики станка

Степень точности обрабатываемых колес	7
Максимальный диаметр заготовки, мм.	315
Максимальный модуль, мм.	M10
Диапазон частот вращения фрезерной головки, об/мин	35-310
Диапазон числа зубьев	6-100

Подача на высоту зуба, мм/с.	0-12,0
Подача вальцов, град/с.	0-30
Мощность станка, кВт.	5,5
Габаритные размеры, мм.	4300×3000×3100

4. Операция 020. Зубошлифовальная.

Выбираем зубошлифовальный полуавтомат 58П70В.

Таблица 11 – Технические характеристики станка

Класс точности	В
Наибольший диаметр обрабатываемого колеса, мм	320
Наибольший модуль обрабатываемых колес	8
Наибольшая ширина зубчатого венца, мм	32
Обороты шпинделя, об/мин	50-310
Мощность, кВт	6,2
Габаритные размеры	3515×1970×1715

1.9. Расчет и назначение режимов обработки на операции.

Операция 005. Токарная с ЧПУ.

Установ А.

Переход 1: черновая подрезка торца ступицы.

Материал режущего инструмента – Т15К6 [8, стр.116].

Глубина резания $t = 1,31$ мм.

Подача $s = 0,8$ мм/об [8, стр. 266].

Скорость резания определяем по формуле [8, стр. 265]:

$$v = \frac{C_v}{T^m * t^x * S^y} * K_v \quad (9)$$

Период стойкости инструмента принимаем $T = 45$ мин.

Значения коэффициентов: $C_v = 340$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,45$ – назначены по таблице 17 [8, стр. 269].

Общий поправочный коэффициент K_v , учитывающий фактические условия резания находим по формуле [8, стр. 268]:

$$K_v = K_{mv} * K_{pv} * K_{iv}, \quad (10)$$

где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала (таблица 1 – 4) [8, стр. 261];

K_{pv} – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки (таблица 5) [8, стр. 263];;

K_{iv} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента (таблица 6) [8, стр. 263].

$$K_{mv} = K_r * \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} \quad (11)$$

Значение коэффициента K_r и показателя степени n_v назначаем по таблице 2 [8, стр. 262]: $K_r = 1,0$; $n_v = 1,75$.

$$K_{mv} = 1,0 * \left(\frac{750}{610}\right)^{1,75} = 1,44$$

$$K_{pv} = 0,8$$

$$K_{iv} = 1,0$$

$$K_v = 1,44 * 0,8 * 1,0 = 1,15$$

$$v = \frac{340}{45^{0,2} * 1,31^{0,15} * 0,8^{0,45}} * 1,15 = 194,5 \text{ м/мин}$$

Расчетное число оборотов шпинделя определяем по формуле:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * d} \quad (12)$$

$$n = \frac{1000 * 194,5}{3,14 * 76,2} = 812,9 \text{ об/мин}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка, типа обработки и обрабатываемого типа материала: 800 об/мин.

Фактическая скорость резания определяем по формуле:

$$v = \frac{\pi * d * n}{1000} \quad (13)$$

$$v = \frac{3,14 * 76,2 * 800}{1000} = 191,4 \text{ м/мин}$$

Определяем главную составляющую силы резания по формуле [8, стр. 271].

$$P_z = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p \quad (14)$$

Значение коэффициентов: $C_p = 300$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = - 0,15$ – назначены по таблице 22 [8, стр. 273].

Поправочный коэффициент K_p , представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактические условия резания, определяем по формуле [8, стр. 271]:

$$K_p = K_{mp} * K_{\varphi p} * K_{\gamma p} * K_{\lambda p} * K_{rp} \quad (15)$$

Коэффициенты, входящие в формулу, назначаем по таблице 9 [8, стр. 264] и таблице 23 [8, стр. 275].

$$K_{mp} = 0,86; K_{\varphi p} = 0,89; K_{\gamma p} = 1,0; K_{\lambda p} = 1,0; K_{rp} = 1,0.$$

$$K_p = 0,86 * 0,89 * 1,0 * 1,0 * 1,0 = 0,77$$

$$P_z = 10 * 300 * 1,31^{1,0} * 1,2^{0,75} * 191,4^{-0,15} * 0,77 = 1552 \text{ Н}$$

Мощность резания находим по формуле [8, стр. 271]:

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60} \quad (16)$$

$$N = \frac{1552 * 191,4}{1020 * 60} = 4,9 \text{ кВт}$$

Переход 2. Черновое обтачивание наружного диаметра ступицы.

Материал режущего инструмента – Т15К6 [8, стр.116].

Глубина резания $t = 1,69$ мм.

Подача $s = 1,2$ мм/об [8, стр. 266].

Скорость резания определяем по формуле (9):

$$v = \frac{340}{45^{0,2} * 1,69^{0,15} * 0,8^{0,45}} * 1,15 = 187,9 \text{ м/мин}$$

Расчетное число оборотов шпинделя определяем по формуле (12):

$$n = \frac{1000 * 187,9}{3,14 * 76,2} = 785,3 \text{ об/мин}$$

Принимаем фактическое число оборотов: 800 об/мин.

Фактическая скорость резания определяем по формуле (13):

$$v = \frac{3,14 * 76,2 * 800}{1000} = 191,4 \text{ м/мин}$$

Переход 3. Черновое точение торца.

Материал режущего инструмента – Т15К6 [8, стр.116].

Глубина резания $t = 1,57$ мм.

Подача $s = 0,8$ мм/об [8, стр. 266].

Скорость резания определяем по формуле (9):

$$v = \frac{340}{45^{0,2} * 1,57^{0,15} * 0,8^{0,45}} * 1,15 = 189,8 \text{ м/мин}$$

Расчетное число оборотов шпинделя определяем по формуле (12):

$$n = \frac{1000 * 189,8}{3,14 * 84,5} = 715,3 \text{ об/мин}$$

Принимаем фактическое число оборотов: 800 об/мин.

Фактическая скорость резания определяем по формуле (13):

$$v = \frac{3,14 * 84,5 * 800}{1000} = 212,3 \text{ м/мин}$$

Переход 4. Точение фасок.

Материал режущего инструмента – Т15К6 [8, стр.116].

Глубина резания $t = 1,855$ мм.

Подача $s = 0,4$ мм/об [8, стр. 266].

Скорость резания определяем по формуле (9):

$$v = \frac{340}{45^{0,2} * 1,855^{0,15} * 0,4^{0,45}} * 1,15 = 340 \text{ м/мин}$$

Расчетное число оборотов шпинделя определяем по формуле (12):

$$n = \frac{1000 * 340}{3,14 * 76,2} = 1421 \text{ об/мин}$$

Принимаем фактическое число оборотов: 800 об/мин.

Фактическая скорость резания определяем по формуле (13):

$$v = \frac{3,14 * 76,2 * 800}{1000} = 191,4 \text{ м/мин}$$

Переход 5. Черновое точение зубчатого венца.

Материал режущего инструмента – Т15К6 [8, стр.116].

Глубина резания $t = 1,49$ мм.

Подача $s = 0,8$ мм/об [8, стр. 266].

Скорость резания определяем по формуле (9):

$$v = \frac{340}{45^{0,2} * 1,49^{0,15} * 0,8^{0,45}} * 1,15 = 186,9 \text{ м/мин}$$

Расчетное число оборотов шпинделя определяем по формуле (12):

$$n = \frac{1000 * 186,9}{3,14 * 105,9} = 562,1 \text{ об/мин}$$

Принимаем фактическое число оборотов: 800 об/мин.

Фактическая скорость резания определяем по формуле (13):

$$v = \frac{3,14 * 105,9 * 800}{1000} = 266 \text{ м/мин}$$

Переход 6. Чистовое точение зубчатого венца.

Материал режущего инструмента – Т15К6 [8, стр.116].

Глубина резания $t = 0,764$ мм.

Подача $s = 0,2$ мм/об [8, стр. 268].

Скорость резания определяем по формуле (9):

$$v = \frac{340}{45^{0,2} * 0,764^{0,15} * 0,2^{0,45}} * 1,15 = 398,9 \text{ м/мин}$$

Расчетное число оборотов шпинделя определяем по формуле (12):

$$n = \frac{1000 * 398,9}{3,14 * 104} = 1245,5 \text{ об/мин}$$

Принимаем фактическое число оборотов: 1000 об/мин.

Фактическая скорость резания определяем по формуле (13):

$$v = \frac{3,14 * 104 * 1000}{1000} = 320,3 \text{ м/мин}$$

Переход 7. Черновое точение поверхности 3 и 4.

Материал режущего инструмента – Т15К6 [8, стр.116].

Глубина резания $t = 1,65$ мм.

Подача $s = 0,8$ мм/об [8, стр. 266].

Скорость резания определяем по формуле (9):

$$v = \frac{340}{45^{0,2} * 1,65^{0,15} * 0,8^{0,45}} * 1,15 = 188 \text{ м/мин}$$

Расчетное число оборотов шпинделя определяем по формуле (12):

$$n = \frac{1000 * 188}{3,14 * 104} = 587 \text{ об/мин}$$

Принимаем фактическое число оборотов: 800 об/мин.

Фактическая скорость резания определяем по формуле (13):

$$v = \frac{3,14 * 104 * 800}{1000} = 256,2 \text{ м/мин}$$

Переход 8. Растачивание отверстия черновое.

Материал режущего инструмента – Т15К6 [8, стр.116].

Глубина резания $t = 1,14$ мм.

Подача $s = 0,8$ мм/об [8, стр. 266].

Скорость резания определяем по формуле (9):

$$v = \frac{340}{45^{0,2} * 1,14^{0,15} * 0,8^{0,45}} * 1,15 = 199,5 \text{ м/мин}$$

Расчетное число оборотов шпинделя определяем по формуле (12):

$$n = \frac{1000 * 199,5}{3,14 * 53,1} = 1196,8 \text{ об/мин}$$

Принимаем фактическое число оборотов: 1000 об/мин.

Фактическая скорость резания определяем по формуле (13):

$$v = \frac{3,14 * 53,1 * 1000}{1000} = 166,7 \text{ м/мин}$$

Переход 9. Растачивание отверстия чистовое.

Материал режущего инструмента – Т15К6 [8, стр.116].

Глубина резания $t = 0,34$ мм.

Подача $s = 0,2$ мм/об [8, стр. 266].

Скорость резания определяем по формуле (9):

$$v = \frac{340}{45^{0,2} * 0,34^{0,15} * 0,2^{0,45}} * 1,15 = 449,4 \text{ м/мин}$$

Расчетное число оборотов шпинделя определяем по формуле (12):

$$n = \frac{1000 * 449,4}{3,14 * 55} = 2602,2 \text{ об/мин}$$

Принимаем фактическое число оборотов: 1000 об/мин.

Фактическая скорость резания определяем по формуле (13):

$$v = \frac{3,14 * 55 * 1000}{1000} = 172,7 \text{ м/мин}$$

010. Шпоночно-протяжная.

Найдем периметр резания по формуле [7, с.298]:

$$\sum B = B * z_i,$$

где B – периметр резания, равный длине обрабатываемого контура заготовки;

z_i – наибольшее число одновременно режущих зубьев.

Наибольшее число одновременно режущих зубьев определим по формуле [7, с.299]:

$$z_i = \frac{l}{t},$$

где l – длина обрабатываемой поверхности;

t – шаг режущих зубьев.

$$z_i = \frac{27,5}{12} = 2$$

Скорость резания определяем по формуле [7, с.300]:

$$v = 61200 \frac{N}{P_z} \eta,$$

где N – мощность двигателя станка;

P_z – сила резания при протягивании;

η – КПД станка.

Силу резания при протягивании определяем по формуле [7, с300]:

$$P_z = P * \sum B$$

P – принимаем по таблице 54 [7, с.300].

015. Зубофрезерная.

Режимы резания для зубофрезерного станка 5С277П назначаем по таблице 10.11 [6, стр. 255].

$$v = 49,5 \text{ м/мин}$$

Толщина слоя срезаемого одним резцом: $t = 0,1$ мм.

Число резцов в дисковой фрезе – 30.

Коэффициент подачи $K = 1,15$.

Силу резания находим по формуле [7, с.282]:

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

$$P_z = \frac{10 * 68,2 * 10,84^{0,86} * 0,1^{0,72} * 3,8^{1,0} * 30}{450^{0,86} * 35^0} * 0,86 = 518,8 \text{ Н}$$

1.10. Нормирование операций технологического процесса

Основное время для токарных операций рассчитываем по формуле [8, с.604]:

$$t_o = \frac{L * i}{n * S}, \quad (17)$$

где L – расчетная длина обработки, мм;

i – число рабочих ходов;

n – частота вращения шпинделя, об/мин;

S – подача, мм/об.

Расчетная длина обработки определяется по формуле:

$$L = l + l_B + l_{cx} + l_{пд}, \quad (18)$$

где l – размер детали на данном переходе, мм;

l_B – величина врезания инструмента, мм;

l_{cx} – величина схода инструмента, мм;

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

Принимаем $l_{cx} = l_{пд} = 1$ мм.

Время врезания инструмента:

$$l_B = \frac{t}{tg\varphi}, \quad (19)$$

где t – глубина резания, мм;

φ – угол в плане.

Преобразовав формулу(17), подставив в нее формулы(18,19), она примет окончательный вид:

$$t_o = \frac{(l + \frac{t}{tg\varphi} + l_{cx} + l_{пд}) * i}{n * S}$$

Переход 1:

$$t_o = \frac{(23,1 + 0,76 + 1 + 1) * 1}{800 * 0,8} = 0,13 \text{ мин.}$$

Переход 2:

$$t_o = \frac{(20 + 0,98 + 1 + 1) * 1}{800 * 0,8} = 0,12 \text{ мин}$$

Переход 3:

$$t_o = \frac{(5 + 0,91 + 1 + 1) * 1}{800 * 0,8} = 0,04 \text{ мин}$$

Переход 4:

$$t_o = \frac{(l + \frac{t}{tg\varphi} + l_{cx} + l_{пд}) * i}{n * S} = 0,08$$

Переход 5:

$$t_o = \frac{(l + \frac{t}{tg\varphi} + l_{cx} + l_{пд}) * i}{n * S} = 0,08$$

Переход 6:

$$t_o = \frac{(30 + 0,86 + 1 + 1) * 1}{160 * 1,2} = 0,17 \text{ мин}$$

Переход 7:

$$t_o = \frac{(30 + 0,86 + 1 + 1) * 1}{1245 * 0,2} = 0,13 \text{ мин}$$

Переход 8:

$$t_o = \frac{(17 + 0,96 + 1 + 1) * 1}{160 * 1,2} = 0,10 \text{ мин}$$

Переход 9:

$$t_o = \frac{(29,7 + 0,36 + 1 + 1) * 1}{160 * 0,8} = 0,25 \text{ мин}$$

Переход 10:

$$t_o = \frac{(29,7 + 0,36 + 1 + 1) * 1}{1245 * 0,2} = 0,13$$

Переход 11:

$$t_o = \frac{(l + \frac{t}{tg\varphi} + l_{cx} + l_{пд}) * i}{n * S}$$

010. Шпоночно-протяжная.

$$t_o = \frac{L + l_d + 20}{1000 * v_p} * i, \quad (20)$$

где L – рабочая длина протяжки;

l_d – длина протягиваемой детали;

v_p – скорость рабочего хода протяжки;

i – число проходов.

$$t_o = \frac{76 + 27,5 + 20}{1000 * 10} * 1 = 0,12 \text{ мин}$$

015. Зубофрезерная.

При нарезании комбинированным методом основное время рассчитываем по формуле [9, стр. 565]:

$$t_o = \frac{(t_{вр} + t_{об} + t_x) * z}{60}, \quad (21)$$

где $t_{вр}$ – время врезания;

$t_{об}$ – время обкатки;

t_x – время холостого хода;

z – число зубьев.

Время врезания определяем по формуле [9, стр. 565]:

$$t_{вр} = T_{вр} * \left(1 - \frac{\Delta n}{2,2}\right) * K_M \quad (22)$$

$T_{вр} = 9$. Назначено по таблице 10 [9, с. 566].

$\Delta n = 0,35$. Назначено по таблице 9 [9, с. 566].

$K_M = 1$. Назначено по таблице 7 [9, с. 563].

$$t_{вр} = 9 * \left(1 - \frac{0,35}{2,2}\right) * 1 = 7,57 \text{ мин.}$$

Время обкатки определяем по формуле [9, стр. 565]:

$$t_{об} = \frac{20}{z_c} * T_o * K_M \quad (23)$$

$T_o = 13$. Назначено по таблице 10 [9, с. 566].

$z_c = 30$. Назначено по таблице 9 [9, с. 566].

$$t_{об} = \frac{20}{30} * 13 * 1 = 8,7 \text{ мин.}$$
$$t_o = \frac{(7,57 + 8,7 + 3,06) * 21}{60} = 6,77 \text{ мин.}$$

030. Зубошлифовальная.

$$t_o = 5,34 \text{ мин.}$$

Расчет вспомогательного времени.

Вспомогательное время на операции складывается из времени на установку и снятие детали, управления станком и измерение детали [10, с.30]:

$$t_B = t_{yc} + t_{упр} + t_{изм}, \quad (24)$$

где t_{yc} – время на установку и снятие детали;

$t_{упр}$ – время на управление станком;

$t_{изм}$ – время измерения.

005. Токарная с ЧПУ.

На станках с ЧПУ время измерения деталей перекрывается временем управления станком.

Установ А:

$$t_B = t_{yc} + t_{упр} = 0,18 + 0,12 = 0,30 \text{ мин}$$

Установ Б:

$$t_B = 0,18 + 0,23 = 0,41 \text{ мин}$$

010. Протяжная.

$$t_B = 0,08 + 0,12 + 0,13 = 0,33 \text{ мин}$$

015. Зубофрезерная.

$$t_B = 0,15 + 0,12 + 0,8 = 1,07 \text{ мин}$$

030. Зубошлифовальная.

$$t_B = 0,15 + 0,12 + 0,27 = 0,54 \text{ мин}$$

Расчет оперативного времени.

$$t_{оп} = t_o + t_B \quad (25)$$

005. Токарная с ЧПУ.

$$t_{оп} = 1,02 + 0,81 = 1,83 \text{ мин}$$

010. Протяжная.

$$t_{оп} = 0,12 + 0,33 = 0,45 \text{ мин}$$

015. Зубофрезерная.

$$t_{оп} = 6,77 + 1,07 = 7,84 \text{ мин}$$

030. Зубошлифовальная.

$$t_{оп} = 5,34 + 0,54 = 5,88 \text{ мин}$$

Расчет времени на обслуживание рабочего места.

$$t_{обс} = \alpha * t_{оп} \quad (26)$$

005. Токарная с ЧПУ.

$$t_{обс} = 0,03 * 1,83 = 0,05 \text{ мин}$$

010. Протяжная.

$$t_{обс} = 0,06 * 0,45 = 0,03 \text{ мин}$$

015. Зубофрезерная.

$$t_{обс} = 0,08 * 7,84 = 0,62 \text{ мин}$$

030. Зубошлифовальная.

$$t_{обс} = 0,36 \text{ мин}$$

Расчет времени на отдых.

$$t_{отд} = \beta * t_{оп} \quad (27)$$

005. Токарная с ЧПУ.

$$t_{отд} = 0,04 * 1,83 = 0,07 \text{ мин}$$

010. Протяжная.

$$t_{отд} = 0,04 * 0,45 = 0,02 \text{ мин}$$

015. Зубофрезерная.

$$t_{\text{отд}} = 0,06 * 7,84 = 0,47 \text{ мин}$$

030. Зубошлифовальная.

$$t_{\text{отд}} = 0,06 * 5,88 = 0,35 \text{ мин}$$

Определение подготовительно-заключительного времени.

005. Токарная с ЧПУ.

$$t_{\text{пз}} = 24 \text{ мин}$$

010. Шпоночно-протяжная.

$$t_{\text{пз}} = 6 \text{ мин}$$

015. Зубофрезерная.

$$t_{\text{пз}} = 10 \text{ мин}$$

030. Зубошлифовальная.

$$t_{\text{пз}} = 9 \text{ мин}$$

Расчет штучного времени.

$$t_{\text{шт}} = t_o + t_b + t_{\text{обс}} + t_{\text{отд}} \quad (28)$$

005. Токарная с ЧПУ.

$$t_{\text{шт}} = 1,02 + 0,71 + 0,05 + 0,07 = 1,85 \text{ мин}$$

010. Протяжная.

$$t_{\text{шт}} = 0,12 + 0,33 + 0,03 + 0,02 = 0,50 \text{ мин}$$

015. Зубофрезерная.

$$t_{\text{шт}} = 6,77 + 1,07 + 0,62 + 0,47 = 8,93 \text{ мин}$$

030. Зубошлифовальная.

$$t_{\text{шт}} = 9 \text{ мин}$$

1.11. Техничко-экономическое обоснование и показатели технологического процесса.

Эффективность разработанного технологического процесса признается выгодной если сумма текущих и приведенных капитальных затрат на единицу продукции ниже чем у базового технологического процесса.

Таблица 12 – Техничко-экономическое показатели

Операция	Модель станка	T _{шт} , мин	C _з , руб	C _{эксп} , руб	K _с , руб	K _{зд} , руб	C, руб
Базовый вариант							
000 Заготовительная	8Б262	8,6	187	50,2	5,78	0,52	34
005 Токарная с ЧПУ	КТ141	12,3		70,4	8,68	0,78	52,7
010 Протяжная	7512	1		64,2	4,34	0,3	27,5
015 Зубострогальная	5Т23В	14,3		73,5	5,78	0,55	34,3
020 Внутришлифовальная	3К228А	6,5		65,8	4,34	0,3	24,7
025 Плоскошлифовальная	3Б740	2,5		54,5	11,57	1,2	26,6
030 Зубошлифовальная	58П70В	9		58,9	12,3	1,3	53,5
Итого: 310,95					52,79	4,86	253,3
Спроектированный вариант							
000 Заготовительная	КГШП	3,3	187	55,4	3,36	0,43	32
005 Токарная с ЧПУ	16К20Ф3	1,85		76,8	8,31	0,87	49,7
010 Протяжная	7Б55	0,5		63,5	4,10	0,24	25,6
020 Зубофрезерная	5С277П	8,93		72,3	5,10	0,53	37,5
025 Зубошлифовальная	58П70В	9		57,7	12,5	1,3	54,3
Итого: 235,84					33,37	3,37	199,1

Исходя из итоговых показателей разработанный технологический процесс эффективнее базового.

Раздел 2. Проектирование станочного приспособления

2.1 Техническое задание

Цель данного раздела спроектировать станочное приспособление для нарезания прямых зубьев конического колеса на зубофрезерном полуавтомате 5С277П.

Проектируемое приспособление должно обеспечить точную установку и надежное закрепление заготовки, удобство установки и снятия заготовки, рост производительности труда на данной операции.

Установочные и присоединительные размеры приспособления должны соответствовать станку 5С277П.

Станочное приспособление должно обеспечить строго определенное положение обрабатываемых поверхностей, которые определяются координирующими размерами и геометрическими соотношениями.

2.2 Разработка расчетной схемы и определение силы закрепления заготовки

Из условий обработки:

$$P_z = 518,8 \text{ Н}; V = 49,5 \text{ м/мин}; M = 264,6 \text{ Н*м.}$$

Значение коэффициента трения принимаем $f = 0,25$.

Коэффициент запаса определяем по формуле:

$$k = k_0 * k_1 * k_2 * k_3 * k_4 * k_5 * k_6$$

Указанные коэффициенты принимаем [7, с.117]:

$$k_0 = 1,5 \text{ (гарантированный коэффициент запаса);}$$

$k_1 = 1,2$ (коэффициент, учитывающий увеличение силы резания из-за неровностей на заготовках);

$k_2 = 1,0$ (коэффициент, учитывающий увеличение силы резания в следствии затупления инструмента);

$$k_3 = 1,2 \text{ (коэффициент, учитывающий увеличение силы резания при}$$

непрерывном резании);

$k_4 = 1,0$ (непостоянство зажимного усилия);

$k_5 = 1,0$ (удобство расположения органов зажима);

$k_6 = 1,0$.

$$k = 1,5 * 1,2 * 1,0 * 1,2 * 1,0 * 1,0 * 1,0 = 2,16$$

Принимаем $k = 2,5$

Усилие зажима рассчитываем по формуле:

$$P_3 = \frac{12 * k * M}{\pi * f * (D_{\text{шайбы}}^3 - d_{\text{оправки}}^3)}$$
$$P_3 = \frac{12 * 2,5 * 264,6}{3,14 * 0,25 * (61^3 - 55^3)} = 13100 \text{ Н}$$

2.3 Выбор и расчет привода зажимного устройства

При проектировании используем пневмоцилиндр двухстороннего действия.

Расчет усилия зажима определяем при подачи воздуха в полость цилиндра со штоком:

$$Q = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} p \eta,$$

где D – диаметр поршня;

d – диаметр штока;

p – давление сжатого воздуха (0,3...0,6 МПа);

η – КПД (при $D = 150...200$ мм, $\eta = 0,9...0,95$).

$$Q = \frac{3,14(200^2 - 20^2)}{4} * 0,6 * 0,95 = 17719 \text{ Н}$$

2.4. Расчет точности приспособления

Допустимую погрешность приспособления определим по формуле [10, с. 63]:

$$[\varepsilon_{\text{пр}}] = T_A - K_T \sqrt{\varepsilon_{\text{обр}}^2 + \varepsilon_{\text{др}}^2} + \varepsilon_{\text{н}},$$

где $[\varepsilon_{\text{пр}}]$ - допустимая погрешность приспособления;

T_A - допуск на выполняемый операционный размер;

K_T - коэф., учитывающий отклонение рассеяния значений от закона нормального распределения ($K_T = 1 \dots 1,2$);

$\varepsilon_{\text{обр}}$ - погрешность метода обработки;

ε_H - погрешность настройки приспособления;

Из таблицы 2.7 и 2.8 [2, с.] определяем указанные погрешности и получаем:

$$[\varepsilon_{\text{пр}}] = 0,08 - 1,0\sqrt{0,02^2 + 0,05^2} + 0,03 = 0,027 \text{ мм}$$

Фактическая погрешность приспособления:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \varepsilon_{\text{нб}} + \varepsilon_3 + \varepsilon_{\text{изн}} + \varepsilon_{\text{изг}} + \varepsilon_{\text{см}} + \varepsilon_{\text{ус}},$$

где $\varepsilon_{\text{нб}}$ - погрешность несовмещения измерительной и технологической баз;

ε_3 - погрешность закрепления заготовки;

$\varepsilon_{\text{изн}}$ - погрешность из-за износа базирующих элементов;

$\varepsilon_{\text{изг}}$ - погрешность изготовления деталей приспособления;

С учетом того, что указанные погрешности относятся как к систематическим так и к случайным величинам, выражение примет следующий вид:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{k_1 \varepsilon_{\text{нб}}^2 + \varepsilon_3^2} + \varepsilon_{\text{изн}} + \varepsilon_{\text{изг}},$$

Где k_1 - коэф. уменьшения погрешности вследствие того, что действительные размеры установочной поверхности редко равны предельным значениям (в расчетах рекомендуется принимать $k_1 = 0,8 \dots 0,85$).

Определяем указанные погрешности и получаем:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{0,8 * 0,1^2} + 0,007 + 0,013 = 0,022 \text{ мм.}$$

Так как $[\varepsilon_{\text{пр}}] > \varepsilon_{\text{пр}}$, следовательно приспособление разработано верно и может использоваться на сверлильной операции.

2.5 Разработка технологической схемы сборки приспособления

Таблица 13 – Маршрут технологического процесса сборки приспособления

№	Наименование операции	Содержание операции и переходов
005	Сборка оправки	1. Установить шток 21 в оправку. 2. Установить шайбу 22 на шток.
010	Установка оправки	1. Установить оправку 1 в шпиндель станка 3. 2. Закрепить оправку в шпинделе болтами 2.
015	Сборка корпуса цилиндра	1. Установить кольцо уплотнительное 23. 2. Установить шайбу 7. 3. Закрепить шайбу винтами 6.
020	Сборка поршня	1. Установить кольцо 10. 2. Установить кольцо уплотнительное 11. 3. Установить шайбу 14. 4. Закрепить шайбу болтами 15. 5. Установить шток 5. 6. Закрепить шток гайкой 17.
025	Установка поршня	1. Установить поршень 17 в корпус цилиндра 8.
030	Установка корпуса цилиндра	1. Установить корпус цилиндра 8 на шпиндель 3. 2. Закрепить болтами.
035	Сборка крышки	1. Установить оправку 24 в крышку 16. 2. Закрепить оправку гайкой 18. 3. Установить воздухораспределитель

		19 на оправку. 4. Установить прокладку 13 на крышку.
040	Установка крышки	1. Установить крышку 16 в корпус цилиндра 8. 3. Закрепить болтами 20.

Литература.

1. Михаевич Е.П. Технология машиностроения: учебно-методическое пособие. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 100.
2. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: учебное пособие. – Томск: изд-во Томского политехнического университета, 2006. – 99 с.
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. Панов А.А., Аникин В.В., Кирсанов С.В. и др. Обработка металлов резанием: справочник технолога. – М.: Машиностроение, 2004. – 784 с.
5. Жуков Э.Л. и др. Технология машиностроения. Часть 2. Проектирование технологических процессов: учебное пособие / под ред. С.Л. Мурашкина. – СПб.: изд-во СПбГТУ, 2000. – 498 с.
6. Калашников С.Н., Калашников А.С., Коган Г.И. и др. Производство зубчатых колес: справочник / под общ. ред. Б. А. Тайца. – 3-е издание, переработанное и дополненное – М.: Машиностроение, 1990. – 464 с.
7. Справочник технолога машиностроителя . В 2-х томах Под редакцией А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. 4-е издание, переработанное и доп.-машиностроение, 1985,496 с.
8. Справочник металлиста. В 5-и томах. Т. 3. Под ред. А.Н. Малова. М.: Машиностроение, 1977. – 748 с.
9. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика-машиностроителя. Т.2. Техническое нормирование станочных работ. М.: ГНТИМЛ, 1961. – 826 с.