

АННОТАЦИЯ

В бакалаврской работе рассмотрены и решены задачи по совершенствованию технологического процесса изготовления шестерни теплового насоса Copeland. Заданная деталь «шестерня теплового насоса Copeland» находится в составе теплового насоса Copeland. Шестерня расположена на шлицевом валу и служит для передачи вращения с вала на вал.

Предлагается более эффективный с экономической точки зрения способ получения заготовки детали, что позволило не только повысить качество поверхностного слоя металла, но и удешевить технологический процесс в целом. В качестве заготовки приняли штамповку в открытом штампе на прессе. Произведен расчет режимов резания, расчет припусков на диаметральные размеры, расчет норм основного и штучного времени. Проведен выбор оптимального оборудования, приспособлений и режущего инструмента для всех операций технологического процесса обработки шестерни теплового насоса Copeland.

Разработано специальное приспособление, применение которого позволит повысить точность и надежность установки заготовки шестерни теплового насоса. Патрон самоцентрирующий кулачковый предназначен для установки деталей на токарно-винторезном станке на операции 20, 30.

Проведено исследование процесса контактного взаимодействия алмаза правящего инструмента и зерна шлифовального круга при обычной и ультразвуковой правке на операциях шлифования.

Основная часть принятых и разработанных проектных решений проверена расчетами.

Разработан ряд мероприятий по охране труда, охране окружающей среды, экологической и пожарной безопасности. Рассчитана экономическая эффективность бакалаврской работы. Бакалаврская работа состоит из пояснительной записки, включающей в себя 60 страниц и графической части работы, содержащей 7 листов формата A1.

ANNOTATION

In the bachelor's work the problems on perfection of technological process of manufacturing of a gear of the heat pump Copeland are considered and solved. The specified "Copeland heat pump gear" is in the composition of the Copeland heat pump. The gear is located on the splined shaft and serves to transfer rotation from the shaft to the shaft.

It suggests a more efficient way from the economic point of view of obtaining the workpiece billet, which allowed it only to improve the quality of the surface layer of the metal, but also to reduce the cost of the technological process as a whole. As a blank, stamping was taken in an open stamp on the press. Calculation of cutting modes, calculation of allowances for diametrical sizes, calculation of norms of the basic and unit time is made. The selection of the optimal equipment, tools and cutting tools for all operations of the Copeland heat pump gearing process is carried out.

A special device has been developed, the use of which will increase the accuracy and reliability of the installation of the heat pump gear preform. The cartridge self-centering cam is designed for installation of parts on the screw-cutting lathe in operations 20, 30.

The process of contact interaction between the diamond of the ruling tool and the grain of the grinding wheel during normal and ultrasonic straightening at the grinding operations is investigated.

The main part of the adopted and developed design solutions has been verified by calculations.

A number of measures on labor protection, environmental protection, environmental and fire safety were developed. The economic efficiency of the bachelor's work is calculated.

Bachelor's work consists of an explanatory note, which includes 60 pages. And the graphic part of the work, containing 7 sheets of A1 format.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Описание исходных данных.....	6
1.1 Служебное назначение и условия работы детали	6
1.2 Анализ чертежа детали	6
2 Технологическая часть работы.....	7
2.1 Определение типа производства	7
2.2 Определение методов обработки поверхностей	7
2.3 Проектирование заготовки	10
2.4 Расчет припусков и операционных размеров	12
2.5 Выбор технологического оборудования	15
2.6 Выбор приспособлений.....	17
2.7 Выбор режущего инструмента.....	19
3 Проектирование приспособления	22
4 Научные исследования.....	25
5 Безопасность и экологичность работы.....	35
6 Экономическая эффективность работы	40
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	44
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	45
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	48
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	50

ВВЕДЕНИЕ

Во все времена основными направлениями развития промышленности являлись снижение материальных затрат и увеличение производительности, в наше время это означает увеличение уровня автоматизации производств.

В настоящее время автоматизация в полной мере охватывает все существующие типы производства в машиностроении, независимо от уровня их сложности, специализации и серийности. Примерно с 1990-х годов началось ускоренное и более менее эффективное развитие автоматизированной обработки, что характеризовало появление нового этапа в создании компьютеризированных интегрированных автоматизированных производств в отрасли машиностроения.

Численность станочного парка в отраслях машиностроения индустриально развитых стран имеет долговременную тенденцию к сокращению при одновременном увеличении его производственной мощности и технико-экономической эффективности. Преобладающая часть капиталовложений, как правило, направляется на замену и модернизацию оборудования.

В этом свете тема бакалаврской работы является актуальной, так как в данной работе предложен вариант модернизации станка, увеличения его производительности.

1 Описание исходных данных

1.1 Служебное назначение детали

Заданная деталь «шестерня теплового насоса Copeland» находится в составе теплового насоса Copeland.

Шестерня расположена на шлицевом валу и служит для передачи вращения с вала на вал.

Шестерня работает в условиях изгибающих и контактных нагрузок, трения и нагрева, абразивного изнашивания и усталостного износа. Эти условия предъявляют достаточно жесткие требования к прочности, твердости и износостойкости материала шестерни, а также к точности и шероховатости рабочих поверхностей.

1.2 Анализ чертежа детали

Точность посадочного шлицевого отверстия задана на сборочном чертеже: по наружному диаметру H8, по боковым сторонам шлицев D9, Ra1,25. точность осевого размера ступицы особого значения не имеет (JT12, Ra 6,3), однако точность получения торцов должна быть достаточно высокой, торцевое биение составляет 8 квалитет.

2 Технологическая часть работы

2.1 Определение типа производства

Тип производства характеризуется годовым объемом выпуска деталей, а также их сложностью, размером массой. Ориентировочно тип производства можно определить по формуле [7]:

$$N_O = Nm^{0.7}K_T \quad (2.1)$$

где N_O – расчетный (относительный) объем выпуска, дет/год;

N – фактический объем выпуска деталей данного типоразмера, дет/год;

m – масса детали, кг;

K_T – коэффициент трудоемкости (сложности) изготовления; для деталей средней сложности $K_T=1$, для простых деталей $K_T=1,1\dots1,35$, для сложных деталей $K_T=0,65\dots0,9$.

Тогда при $N_O < 400$ производство можно считать единичным,

при $N_O = 400\dots2300$ – мелкосерийным,

при $N_O = 2300\dots15000$ – среднесерийным,

при $N_O = 15000\dots100000$ – крупносерийным и

при $N_O > 100000$ – массовым.

Согласно заданию годовая программа выпуска станков составляет 250ед/год.

$$N_O = 250 \times 2,2^{0.7} \times 1 = 434 \text{ дет/год,}$$

что соответствует мелкосерийному производству.

2.2 Определение методов обработки поверхностей

При выборе методов обработки поверхностей будем руководствоваться методикой [10,11]. Согласно данной методике выбор методов обработки определяется видом поверхности, материалом заготовки, типом заготовки, требуемой точностью и шероховатостью поверхности, типом производства. Установлено, что экономически целесообразно в результате каждого перехода,

начиная с 12 квалитета повышать точность не более чем на 2 квалитета (12, 10, 8, 6), а начиная с 6 квалитета – не более чем на 1 квалитет.

Шероховатость поверхности целесообразно уменьшать при черновой обработке ($Ra \geq 3,2$) не более чем в 4 раза при каждом переходе, а при чистовой обработке ($Ra \leq 2,5$) - не более чем в 2 раза.

Выбор экономически целесообразных методов обработки делаем по результатам экономического анализа, из условия минимума суммарных расходов на обработку по всем переходам для данной поверхности. Для сравнения затрат при каждом из методов обработки воспользуемся приведенными в [10] значениями коэффициентов удельных затрат K_y , представляющими отношение стоимости данного метода при данных условиях к стоимости базового метода при этих же условиях. Оптимальным сочетанием методов обработки поверхностей будем считать то, которое обеспечивает минимальный суммарный коэффициент:

$$K_i = \sum_{j=1}^n k_j \rightarrow \min \quad (2.2)$$

где j – N перехода,

n – число переходов,

i – N варианта.

Пользуясь полученной методикой назначим методы обработки для детали (таблица 2.1).

Таблица 2.1 - Методы обработки поверхностей детали шестерня

№ пов,	Квалитет	Ra,мкм	Методы обработки
1	2	3	4
1	8	1,25	Т,Тп,Тч,ТО,Ш
9	14	6,3	Т,Тп
10	11	3,2	Т,Тп,Тч
11	14	6,3	Т,Тп
15	8	1,25	Т,Тп,Тч,ТО,Ш
17	8	0,8	П

Продолжение таблицы 2.1

18	10	2,5	С,З
19	9	0,8	П
20	14	6,3	Т,Тп
27	6 ст	0,8	ЗФ,ШВ,ТО,ЗХ
31	12	1,6	Т,Тп,Тч
32	1	6,3	Т,Тп
37	14	1,6	Ф

Таблица 2.2 - Технологический маршрут обработки шестерни

№ опер	Наименование операции	Обрабатываемые поверхности
1	2	3
10	Сверлильная	18
20	Токарная	
	установ 1:	
	установ 2:	
30	Токарная чистовая	
	установ 1:	
	переход 1	
	переход 2	
	установ 2:	
	переход 1	
	переход 2	
40	Протяжная	17,19
50	Долбежная	
60	Сверлильная	
70	Фрезерование	
80	Зубофрезерная	
90	Зубодолбежная	
100	Зубоскашивающая	
110	Зубофасочная	
120	Шевинговальная	
130	Резьбонарезная	
140	Термическая	
150	Плоскошлифовальная	
	установ 1	1
	установ 2	15
160	Кругошлифовальная	
180	Зубохонинговальная	

Нормы основного и штучного времени для всех операций технологического процесса обработки шестерни сведены в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 - Нормы времени на операции технологического процесса обработки детали

№ опер.	Наименование операции	τ_0 , мин	ψ	$\tau_{шт}$, мин
10	Сверлильная	0,7	2,2	1,6
20	Токарная	2,4	2,7	6,5
30	Токарная чистовая	3,3	2,7	8,9
40	Протяжная	0,2	2,5	0,5
80	Зубофрезерная	5,9	2	11,8
100	Зубоскашивающая	16,8	1,2	20,2
110	Зубофасочная	2,3	1,2	2,8
120	Шевинговальная	0,3	2,5	0,75
150	Шлифовальная	1	2,7	2,7
180	Зубохонинговальная	0,1	2,2	0,25

2.3 Проектирование заготовки

В качестве критерия оптимальности при выборе наивыгоднейшего метода получения заготовки примем суммарные затраты C , руб., на получение заготовки C_3 и на её черновую мехобработку C_m , которые зависят от метода получения заготовки.

$$C_i = C_{3i} + C_{mi} \quad (2.3)$$

где i - № варианта метода получения заготовки.

В нашем случае в качестве альтернативных методов получения заготовки шестерни целесообразно сравнить методы получения её из проката или штамповкой. Примем соответственно $i = 1$ - прокат;

$i = 2$ – штамповка.

Переменные затраты на получение заготовки C_3 , руб, составляют:

$$C_3 = C_M \times m_3 \times K_{сп} \times K_{сл} \quad (2.4)$$

Переменные затраты на черновую обработку (затраты на чистовую обработку не зависят от способа получения заготовки) C_M , руб., составляют:

$$C_M = C_{уд} \times (m_3 - m_d) / K_o \quad (2.5)$$

Определим исходные данные для расчета $C_{зi}$ и C_{Mi} для каждого варианта метода получения заготовки.

Материал шестерни – сталь 20ХН. Согласно прейскуранту стоимость стали составляет $C_M=10,5$ руб/кг.

Масса детали m_d составляет:

$$m_d = \rho W_d \quad (2.6)$$

Масса заготовки из проката:

$$m_{з1} = 0,00785 \times 0,785 \times d^2 \times l \quad (2.7)$$

Масса штампованной заготовки:

$$m_{з2} = 0,00785 \times 0,785 \times \sum (d^2 l)_i \quad (2.8)$$

$$m_{з2} = 0,00785 \times 0,785 (15,7^2 \times 2,65 + 5,5^2 \times 2,45) = 4,18 \text{ кг}$$

Коэффициент учитывающий способ получения заготовки составляет [8]:

Для проката $K_{сп1} = 1,1$;

Для штамповки $K_{сп2} = 2,2$;

Коэффициент учитывающий сложность заготовки, составляет

$$K_{сл1} = K_{сл2} = 1;$$

Подставляем данные в формулу (4.2):

$$C_{з1} = 10,5 \times 6,55 \times 1,1 \times 1 = 75,6 \text{ руб.}$$

$$C_{з2} = 10,5 \times 4,18 \times 2,2 \times 1 = 96,6 \text{ руб.}$$

Определяем данные для расчета C_{Mi} .

Удельные затраты на снятие 1 кг стружки в серийном производстве составляют $C_{уд} = 26$ руб. /кг [8].

Коэффициент обрабатываемости стали 20ХН составляет $K_0=1$ [4].

Подставляем данные в формулу:

$$C_{M1} = 26 \times (6,55 - 2,77)/1 = 98,3 \text{ руб.}$$

$$C_{M2} = 26 \times (4,18 - 2,77) / 1 = 36,7 \text{ руб.}$$

Подставляем значения $C_{зi}$ и C_{mi} в формулу:

$$C_1 = 75,6 + 98,3 = 173,9 \text{ руб.}$$

$$C_2 = 96,6 + 36,7 = 133,3 \text{ руб.}$$

Видим, что минимум суммарных затрат соответствует 2-му варианту. Принимаем в качестве заготовки штамповку в открытом штампе на прессе.

2.4 Расчет припусков и операционных размеров

Припуски на диаметральные размеры определим методом суммирования по переходам:

$$z = \sum z_i$$

где z – общий припуск на данную поверхность;

z_i – операционный припуск для i – го перехода;

n – число переходов;

Операционный припуск определяем по формуле

$$z_i = 0.5Td_{i-1} + a_{i-1} + \sqrt{Tr_{i-1}^2 + Tu_i^2} \quad (2.9)$$

где Td_{i-1} - допуск на размер, мм;

a_i – толщина дефектного слоя, мм;

Tr_{i-1} – погрешность положения поверхности, мм;

Tu_i – погрешность установки заготовки в приспособлении, мм.

Индекс i означает № операции. Следовательно, индекс $i - 1$ означает, что параметр относится к предыдущей операции (переходу).

Расчет значения припусков округляем и заносим в таблицу 2.4 общий припуск на пов. 10 составляет

$$z_{20} = 0.5Td_0 + a_0 + \sqrt{Tp^2_{0+} + Ty^2_{1}} = 0,5 + 2,5 + \sqrt{1,6^2 + 0,7^2} = 4,75$$

$$z_{30-1} = 0.5Td_{20} + a_{20} + \sqrt{Tp^2_{1+} + Ty^2_{2}} = 0,4 + 0,2 + \sqrt{0,25^2 + 0,4^2} = 1,07$$

$$z_{30-2} = Td_{30-1} + a_{30-1} + Tp_{30-1} = 0,1 + 0,16 + 0,1 = 0,36$$

Таблица 2.4 - Припуски на обработку поверхности 10 и 18

№ пов.	№ перех.	Наименование перехода	Квалитет	Составляющие припуска, мм				Припуск Z, мм	Размер d, мм
				Td	a	Tr	Ty		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	0	Ш	16	2,5	0,5	1,6	-	-	156,8
	20	Т	12	0,4	0,2	0,25	0,7	4,8	147,2
	30-1	Тп	10	0,16	0,1	0,1	0,4	1,1	145
	30-2	Тч	10	0,16	0,05	0,1	-	0,5	144
18	10	С	14	0,52	0,5	0,3	-	-	19
	20	З	12	0,21	0,2	0,12	0,7	2	23
	30-1	Зп	10	0,084	0,1	0,05	0,4	1	25
	30-2	Зч	8	0,033	0,05	0,02	-	0,5	26

2.5 Выбор технологического оборудования

Операция 10 Сверлильная. Сверление отверстия поверхности 18 $\varnothing 22,5$ h14, Ra12,5

Станок вертикально – сверлильный 2A135. Станок предназначен для сверления, зенкерование, развертывания, резьбонарезания метчиками в условиях мелкосерийного и среднесерийного производства. Заготовку устанавливают на столе станка в тисках, совмещая ось обрабатываемого отверстия с осью шпинделя. Шпиндель станка совершает вращательное главное движение и поступательное движение подачи вдоль оси.

Операция 20 Токарная. Точение поверхности 10 , 20 , 32, подрезание поверхности 1 , 9 , 11, 15, растачивание отв. 18 , снятие фасок. Станок токарно-винторезный полуавтомат 16Б16Т1 нормальной точности с ЧПУ

Операция 30 Токарная чистовая. Получистовое точение поверхности 10 , 20 , 32 , подрезание поверхности 1 , 9 , 11 , 15 , растачивание отв. 18; чистовое точение поверхности 10 , подрезание поверхности 1 , 15 , растачивание отверстия 18. Станок токарно-винторезный полуавтомат 16Б16ПТ1 повышенной точности с ЧПУ.

Операция 40 Протяжная. Протягивание шлицевого отверстия поверхности 17, 18 , 19 .

Станок горизонтально – протяжной 7Б55 У. станок предназначен для протягивания сквозных отверстий любой формы, в том числе шлицевых отверстий. Заготовку устанавливают на плавающей планшайбе. Режущий инструмент – протяжку устанавливают в патроне, связанном со штоком гидроцилиндра.

Операция 50 Долбежная. Долбление шпоночного паза поверхности 18 .

Станок долбежный 7Д430. Станок предназначен для обработки долблением наружных и внутренних плоских и фасонных поверхностей, пазов, вырезов.

Операция 60 Сверлильная. Сверление отверстий 16 , 33 .

Станок вертикально – сверлильный 2А135. Станок предназначен для сверления, зенкерование, развертывания, резьбонарезания метчиками в условиях мелкосерийного и среднесерийного производства. Заготовку устанавливают на столе станка в тисках, совмещая ось обрабатываемого отверстия с осью шпинделя. Шпиндель станка совершает вращательное главное движение и поступательное движение подачи вдоль оси.

Операция 80 Зубофрезерная. Фрезерование зубьев поверхности 26 , 27, 28 , 30. Станок зубофрезерный полуавтомат 53А20.

Операция 90 Зубодолбежная. Долбление зубьев поверхности 21 , 23 .

Станок – зубодолбежный полуавтомат 5122Б. Станок предназначен для нарезания цилиндрических зубчатых колес наружного и внутреннего зацепления. Станок работает по методу обката. Станок имеет вертикальную компоновку. Шпиндель с долбяком совершает возвратно – поступательное движение вдоль нарезаемого зуба. Одновременно стол с заготовкой и шпиндель с долбяком согласованно вращаются, совершая движение объекта.

Операция 100 Зубоскашивающая. Обработка торцов зубьев поверхности 37, 38, 39.

Станок вертикальный широкоуниверсально – фрезерный 6712П. Станок предназначен для обработки наружных и внутренних плоских и фасонных поверхностей. Станок консольного типа. Стол расположен на салазках. Салазки совершают поперечное движение, стол – продольное.

Операция 110 Зубофасочная. Снятие фасок по кромкам зубьев 21, 27, 28. Станок зубофасочный ВС-320А

Операция 120 Шевинговальная. Шевингование зубьев 21, 27, 28. Зубошевинговальный станок 5702В.

Операция 130 Резьбонарезная. Нарезание резьбы на поверхности 34 . Станок токарно-винторезный полуавтомат 16Б16Т1.

Операция 150 Плоскошлифовальная. Шлифование торцов 1 и 15.

Станок плоскошлифовальный 3Г71. Станок предназначен для шлифования плоских и линейных фасонных поверхностей периферией круга. Стол с заготовкой совершает продольное и поперечное движения подачи, шлифовальная бабка – вертикальное движение подачи.

Операция 160 Кругошлифовальная. Шлифование канавки поверхности 40.

Станок - круглошлифовальный врезной полуавтомат повышенной точности 3В151А.

Операция 170 Внутришлифовальная. Шлифование отверстия 18.

Станок – внутришлифовальный полуавтомат 3К225. станок предназначен для шлифования цилиндрических и конических отверстий, а также наружных и внутренних торцов.

Операция 180 Зубохонинговальная. Окончательная обработка боковых поверхности зубьев 21 , 27 , 28 .

Станок – зубохонинговальный 5А913. Обработка производится абразивным зубчатым хонем при взаимном скрещивании осей заготовки и хона.

2.6 Выбор приспособлений

Операция 10 Сверлильная.

Станок вертикально – сверлильный 2А135.

Приспособление – тиски самоцентрирующие с призматическими губками, с пневматическим приводом.

Операция 20 Токарная.

Станок токарно-винторезный полуавтомат 16Б16Т1.

Приспособление – патрон поводковый инерционный. Подпружиненный центр А1 ЗНП Морзе 3 ГОСТ 8740 – 75. Вращающийся центр Морзе 3 по ГОСТ 8742 – 75.

Операция 30 Токарная.

Станок токарно-винторезный полуавтомат 16Б16ПТ1

Приспособление – патрон поводковый инерционный. Подпружиненный центр А1 ЗНП Морзе 3 ГОСТ 8740 – 75. Вращающийся центр Морзе 3 по ГОСТ 8742 – 75.

Операция 40 Протяжная.

Станок горизонтально – протяжной 7Б55У.

Приспособление – планшайба сферическая.

Операция 50 Долбежная.

Станок долбежный 7Д430.

Приспособление – тиски самоцентрирующие с призматическими губками, с пневматическим приводом.

Операция 60 Сверлильная.

Станок вертикально – сверлильный 2А135.

Приспособление – тиски самоцентрирующие с призматическими губками, с пневматическим приводом.

Операция 80 Зубофрезерная.

Станок зубофрезерный полуавтомат 53А20.

Приспособление – специальное зубофрезерование.

Операция 90 Зубодолбежная.

Станок – зубодолбежный полуавтомат 5122Б.

Приспособление – специальное зубодолбежное.

Операция 100 Зубоскашивающая.

Станок вертикальный широкоуниверсально – фрезерный 6712П.

Приспособление – специальное с долбежной головкой. Оправка цилиндрическая.

Операция 110 Зубофасочная.

Станок зубофасочный ВС-320А.

Приспособление – специальное зубофасочное. Оправка цилиндрическая.

Операция 120 Шевинговальная.

Станок зубошевинговальный 5702В.

Приспособление – патрон самоцентрирующий трехкулачковый с гидроприводом.

Операция 130 Резьбонарезная.

Станок токарно-винторезный полуавтомат 16Б16П.

Приспособление – патрон труккулачковый с гидроприводом.

Операция 150 Плоскошлифовальная.

Станок плоскошлифовальный 3Г71.

Приспособление – магнитная плита.

Операция 160 Кругошлифовальная.

Станок - круглошлифовальный 3В151А.

Приспособление – патрон поводковый инерционный. Устройство для активного контроля.

Операция 170 Внутришлифовальная.

Станок – внутришлифовальный полуавтомат 3К225.

Приспособление – патрон трехкулачковый самоцентрирующий с гидроприводом.

Операция 180 Зубохонинговальная.

Станок – зубохонинговальный 5А913.

Приспособление – патрон трехкулачковый самоцентрирующий с гидроприводом. Оправка цилиндрическая для хона.

2.7 Выбор режущего инструмента

Операция 10 Сверлильная.

Станок вертикально – сверлильный 2А135.

Инструмент:

Сверло спиральное \varnothing 22,5 с двойной сферической заточкой, Р6М5.

стойкость $T=30$ мин.

Операция 20 Токарная.

Станок токарно-винторезный с ЧПУ 16Б16Т1.

Инструмент:

Резец – вставка $16 \times 20 \times 20$ ОСТ2ШО –1-83, ВП1255 (Т14К8) $\gamma = 5^\circ$, $\alpha = 6^\circ$, $\varphi = 105^\circ$, $\varphi_1 = 15^\circ$. Стойкость $T = 90$ мин.

Резец – вставка $16 \times 20 \times 20$ ОСТ2 ШО – 1- 83, ТН20 (Т15К6) $\gamma = 5^\circ$, $\alpha = 6^\circ$, $\varphi = 91^\circ$, $\varphi_1 = 15^\circ$. Стойкость $T = 90$ мин.

Операция 30 Токарная чистовая.

Станок токарно-винторезный с ЧПУ, повышенной точности 16Б16ПТ1.

Инструмент:

Резец – вставка $16 \times 20 \times 20$ ОСТ2 ШО – 1-83, МС2215 $\gamma = 5^\circ$, $\alpha = 6^\circ$, $\varphi = 91^\circ$, $\varphi_1 = 15^\circ$. Стойкость $T = 30$ мин.

Резец – вставка $16 \times 20 \times 20$ ОСТ2 ШО – 1-83, Т30К4 $\gamma = 0^\circ$, $\alpha = 6^\circ$, $\varphi = 91^\circ$, $\varphi_1 = 15^\circ$. Стойкость $T = 30$ мин.

Операция 40 Протяжная.

Станок горизонтально – протяжной 7Б55У.

Инструмент:

Протяжка шлицевая $D6 \times 26 \times 32H8/f7 \times 6D9/f8$, Р9К10ф2, $\gamma = 5^\circ$, $\alpha = 2^\circ$, $z=40$, $z_{\text{калибр}}=6$. стойкость $T=240$ мин.

Операция 80 Зубофрезерная.

Станок зубофрезерный полуавтомат 53А20.

Фреза червячная однозаходная тип 1 ОСТ2И41-3-85, класс А, $m=2$, $D=63$ мм, $z_0 = 8$, Р6М5К5, $T=300$ мин.

Фреза пригодна для обработки всех колес группы с $m=2$ ($z=24, 25, 36, 40, 44, 46, 50, 70$), а также блоков 22/46, 25/56, 36/48, 32/36/28.

Операция 100 Зубоскашивающая.

Станок вертикальный широкоуниверсально – фрезерный 6712П.

Инструмент:

Фреза торцевая $D=24$ мм, $z=8$ цельная $\gamma = 0^\circ$, $\alpha = 6^\circ$, P6M5. Стойкость $T=60$ мин.

Фреза пригодна для обработки всех деталей группы на данной операции.

Операция 110 Зубофасочная.

Станок зубофасочный ВС-320А.

Инструмент:

Фреза червячная типа “улитка” – 2 шт, P6M5. Стойкость $T=180$ мин.

Фреза пригодна для обработки колес с модулем $m=2$ мм.

Операция 120 Шевинговальная.

Станок зубошевинговальный 5702В.

Инструмент:

Шевер дисковый $m=2$, $z=83$, $\beta=5^\circ$, $D=170$ мм ГОСТ 8670 – 80, P6M5K5. Стойкость $T=2400$ мин. Шевер пригоден для обработки всех колес группы имеющих модуль $m=2$.

Операция 150 Плоскошлифовальная.

Станок плоскошлифовальный 3Г71.

Инструмент:

Шлифовальный круг ПП200×32×76 25A25CM28K5 ГОСТ 2424 – 83. инструмент пригоден для всех деталей группы, для которых предусмотрена плоскошлифовальная операция.

Операция 180 Зубохонинговальная.

Станок – зубохонинговальный 5А913.

Инструмент:

Хон зубчатый абразивный $m=2$, $z=83$, $D=170$ мм, 25А10СТ16АП. Данный инструмент пригоден для обработки всех деталей группы с модулем $m=2$.

3 Проектирование приспособления

Задача раздела – спроектировать станочные приспособления для тех операций, где применение стандартной оснастки не обеспечивает требуемую эффективность.

Патрон самоцентрирующий кулачковый предназначен для установки деталей на токарно-винторезном станке на операции 20, 30.

Патрон (рисунок 3.1) содержит цилиндрический корпус 3 с центральным отверстием и посадочной выточкой с одной стороны и тремя разными пазами с другой стороны. В центральном отверстии устанавливается втулка направляющая 4, в соприкосновении с которой и возможностью осевого перемещения находится следующая втулка под номером 6. В корпусе приспособления имеются пазы, в которых выполняются несколько отверстий для осей под номером 20. На оси устанавливается рычаг под номером 5. Плечо данного рычага находится в сопряжении с наружной поверхностью втулки под номером 6 посредством выточки. Также имеется короткое плечо, которое может сопрягаться с пазом ползушки под номером 17. Ползушка под номером 17 содержит полость, внутри которой устанавливается подкулачник под номером 18, на рабочей поверхности которого есть поперечный паз. Этот паз предназначен для выступа кулачка под номером 8. Этот кулачек присоединяется к подкулачнику под номером 18 посредством двух винтов, за счет которых он точно фиксируется в приспособлении. На рабочей поверхности этого кулачка выполняются рифления, которые обеспечивают надежное сцепление с закрепляемой шестерней теплового насоса Copeland. На нижнем конце винта (позиция 7) с помощью шпонки (позиция 22) насажена коническая шестерня (позиция 21), которая находится в зацеплении с конической шестерней (позиция 12), расположенной в выточке направляющей втулки (позиция 4) соосно со шпинделем станка. В посадочной выточке корпуса размещена центрирующая шейка планшайбы 1 с центральным отверстием, в

котором выполнена точная расточка $\varnothing 90H7$ и резьба $M90 \times 6$. крепление корпуса 3 к планшайбе 1 осуществляется болтами 16, а угловое положение фиксируется штифтами 2.

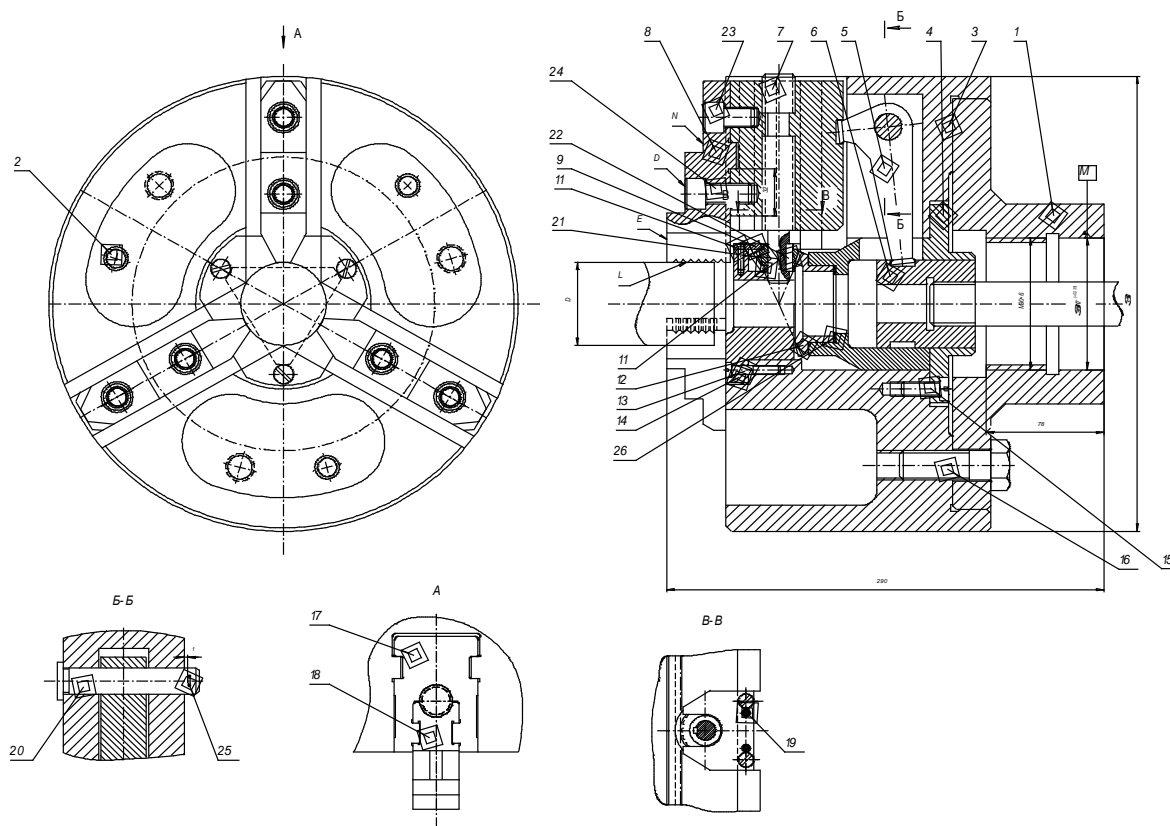


Рисунок 3.1 - Патрон самоцентрирующий трехрычажковый

Патрон имеет несложную конструкцию, прост в обслуживании и надежен в работе. Гидропривод обеспечивает требуемое усилие зажима. Усилие зажима возрастает, если рычаг сделать неравноплечим – длинное плечо сопрягается с направляющей втулкой 6. Такая конструкция патрона обеспечивает быстрое и надежное закрепление заготовки. Конструкция патрона приведена на рисунке 3.1.

Выполним проверочный расчет патрона с целью проверки достаточности силы зажима для надежного закрепления заготовки и предотвращения её вырыва при обработке.

Окружная составляющая силы резания P_z определяется динамическим

выражением:

$$P_z = C_z \times t^{X_z} \times S^{Y_z} \times V^{Z_z} \quad (3.1)$$

где C_z – постоянный коэффициент, учитывающий влияние на P_z усилие обработки;

t, S, V – элементы режима резания;

X_z, Y_z, Z_z – показатели степени при элементах режима.

Для нашего случая:

$$C_z = 3000; \quad X_z = 1; \quad Y_z = 0,75; \quad Z_z = -0,15;$$

$$P_z = 3000 \times 10^1 \times 0,5^{0,75} \times 100^{-0,15} = 900 \text{ Н}$$

Момент резания

$$M_p = P_z \times D / 2 \quad (3.2)$$

где D – диаметр обрабатываемой поверхности, $D_{\max} = 80 \text{ мм}$

$$M_p = 90 \times 80 / 2 = 3600 \text{ кг} \times \text{мм}.$$

Момент трения на кулачках

$$M_{\text{тр}} = \mu \times P \times D / 2 \quad (3.3)$$

где μ – коэффициент трения между заготовкой и рабочей поверхностью кулачка, для рифленой поверхности, $\mu = 0,5$;

P – сила тяги привода, кГс;

$$P = p \times F \quad (3.4)$$

где p – давление масла в сети, $p = 4 \text{ кГс/см}^2 = 0,04 \text{ кГс/мм}^2$;

F – площадь поршня гидроцилиндра, мм^2

$$F = \pi \times d^2 / 4 \quad (3.5)$$

где d – диаметр поршня, $d = 100 \text{ мм}$.

$$F = \pi \times 100^2 / 4 = 7850 \text{ мм}^2$$

$$P = 0,04 \times 7850 = 314 \text{ кГс}$$

$$M_{\text{тр}} = 0,5 \times 314 \times 80 / 2 = 6280 \text{ кГ} \times \text{мм}$$

Коэффициент запаса

$$K = M_{\text{тр}} / M_p \quad (3.6)$$

$K = 6280 / 3600 = 1,7$, что обеспечивает надежную работу патрона.

4 Научные исследования

В данном разделе проведем исследование процесса контактного взаимодействия алмаза правящего инструмента и зерна шлифовального круга при обычной и ультразвуковой правки на операциях шлифования [10].

4.1 Методика исследования

Решение проблемы обеспечения эффективности производства и качества выпускаемой продукции в машиностроении требует совершенствования процесса шлифования, который является важнейшей завершающей операцией технологического процесса механической обработки деталей машин.

Важное место в повышении эффективности процесса шлифования занимает правка шлифовальных кругов, обеспечивающая восстановление их геометрической формы и режущей способности. Рельеф рабочей поверхности круга формируется алмазным правящим инструментом. Однако правящий инструмент при эксплуатации изнашивается, а с ростом площадок износа на его вершине постепенно меняются параметры рельефа круга, снижается его режущая способность, изменяется уровень и стабильность показателей операции шлифования. Эта проблема алмазной правки шлифовальных кругов особенно актуальна в современном автоматизированном производстве [10-18].

Одним из перспективных направлений исследования процессов шлифования и правки шлифовальных кругов является моделирование этих процессов методом конечных элементов на персональном компьютере. Более подробно рассмотрим процесс моделирования правки шлифовальных кругов с применением программного расчетного комплекса ANSYS AUTODYN, предназначенного для решения задач нестационарной нелинейной динамики (Transient Non-Linear Dynamics). Этот расчетный комплекс включает в себя встроенные средства для препроцессинга (подготовки расчетной модели), постпроцессинга (получение данных о результатах расчета) и решатели.

Проводилось исследование процессов обычной алмазной правки (ОП) и вибрационной алмазной правки (ВП).

Расчетная схема включает следующие условия и допущения: Температура окружающей среды 20°C .

Зерно и алмаз смоделированы в виде сфер, диаметром 1 мм.

Связка шлифовального круга не моделировалась.

Начальные напряжения в абразивных зёрнах и правящем алмазе отсутствуют. Время расчета ограничивалось четырьмя миллисекундами, что соответствует проходу лишь одного зерна шлифовального круга.

Расчетная схема обычной правки приведена на рисунке 1. Зерно шлифовального круга движется в вертикальном направлении со скоростью вращения шлифовального круга $V_{кр} = 40\text{ м/с}$. Алмаз правящего инструмента движется в горизонтальном направлении навстречу зерну со скоростью врезной подачи $V_{алм} = 1\text{ м/с}$. Глубина правки $t = 20\text{ мкм}$. В качестве материала зерна шлифовального круга используется карбид кремния SiC .

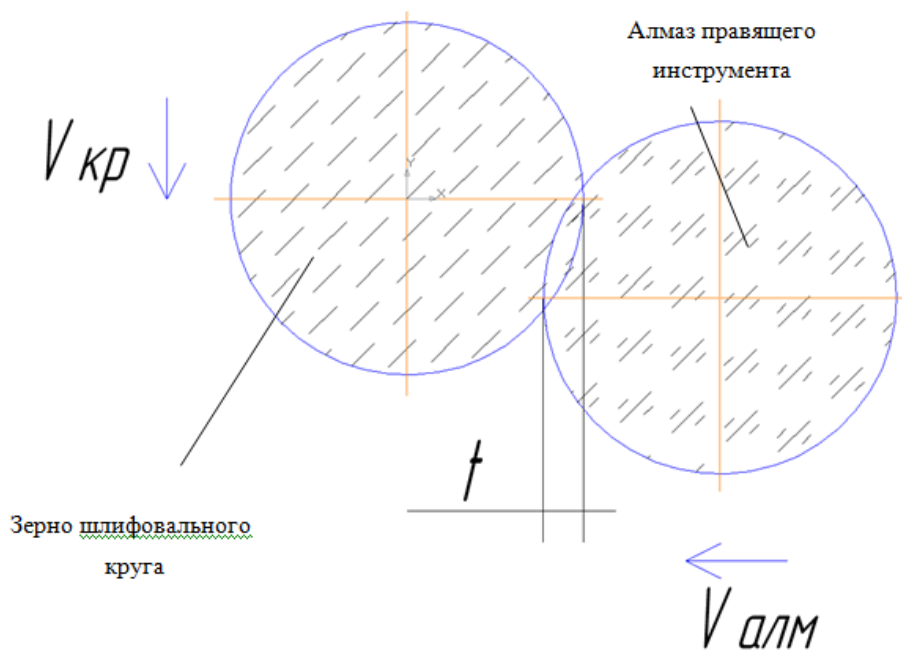


Рисунок 4.1 - Расчетная схема обычной правки шлифовального круга

Расчетная схема вибрационной правки приведена на рисунке 4.2. Зерно шлифовального круга движется в вертикальном направлении со скоростью

вращения шлифовального круга $V_{кр.} = 40\text{ м/с}$. Алмаз правящего инструмента совершает ультразвуковые колебания с частотой $f = 20000\text{ Гц}$ и амплитудой $A = 20\text{ мкм}$.

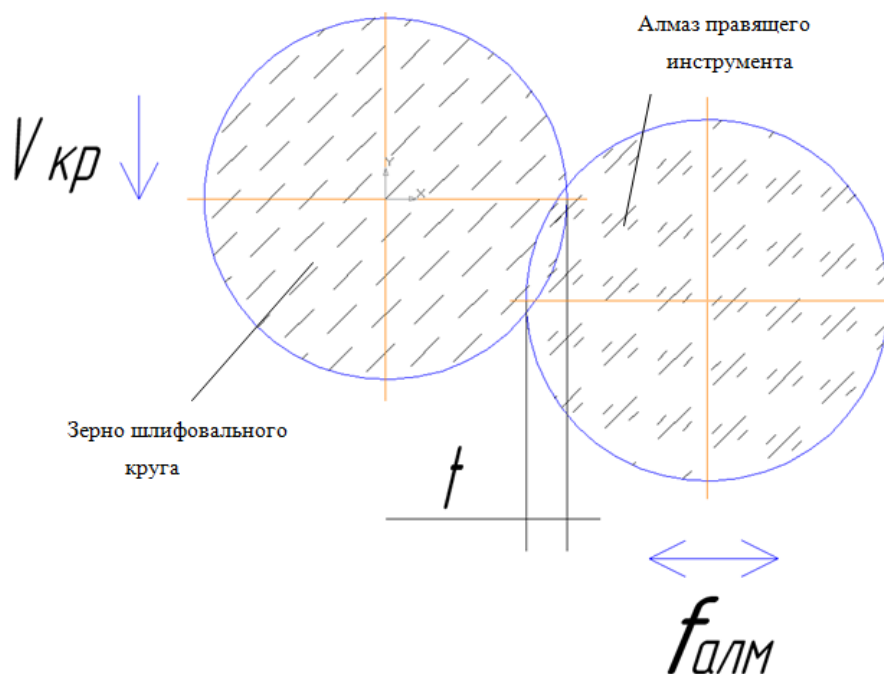


Рисунок 4.2 - Расчетная схема вибрационной правки шлифовального круга

Анализ работ [19-23] позволил получить необходимые данные о физико-механических свойствах абразивных и алмазных материалов, используемые в дальнейшем для численных расчётов температур и напряжений, действующих в зоне правки шлифовальных кругов. Средние значения параметров физических свойств алмаза и карбида кремния удобно свести в таблицу, см. таблицу 4.1.

Метод конечных элементов, применяемый в данном исследовании представляет собой эффективный численный метод решения инженерных и физических задач. Основная идея метода конечных элементов состоит в том, что любую непрерывную величину, такую, как температура, давление и перемещение, можно аппроксимировать дискретной моделью, которая строится на множестве кусочно-непрерывных функций, определенных на конечном числе подобластей. Кусочно-непрерывные функции определяются с помощью

значений непрерывной величины в конечном числе точек рассматриваемой области.

Таблица 4.1 - Физико-химические свойства материалов

Свойство материала	Алмаз	Зерно (карбид кремния)
Плотность, кг/м	3500	3900
Модуль упругости, ГПа	900	380
Предел прочности на сжатие, ГПа	17	1
Предел прочности на изгиб, МПа	300	80
Теплоемкость, Вт/КгК	436	617
Теплопроводность, Вт/мК	1200	121

В общем случае непрерывная величина заранее неизвестна и нужно определить значения этой величины в некоторых внутренних точках области. Дискретную модель, однако, очень легко построить, если сначала предположить, что числовые значения этой величины в каждой внутренней точке области известны. После этого можно перейти к общему случаю. Итак, при построении дискретной модели непрерывной величины поступают следующим образом:

1. В рассматриваемой области фиксируется «конечное число» точек. Эти точки называются узловыми точками или просто узлами.
2. Значение непрерывной величины в каждой узловой точке считается переменной, которая должна быть определена.
3. Область определения непрерывной величины разбивается на конечное число подобластей, называемых элементами. Эти элементы имеют общие узловые точки и в совокупности аппроксимируют форму области.
4. Непрерывная величина аппроксимируется на каждом элементе полиномом, который определяется с помощью узловых значений этой

величины. Для каждого элемента определяется свой полином, но полиномы подбираются таким образом, чтобы сохранялась непрерывность величины вдоль границ элемента.

Для решения задачи контактного взаимодействия алмаза правящего инструмента с зерном шлифовального круга необходимо создать их конечно-элементные модели. Конечно-элементная модель зерна шлифовального круга и алмаза правящего инструмента (рисунок 4.3) выполнена в пакете HyperMesh v7.0. Для построения сетки использовали параболические элементы TETRA 10. Параболические элементы, помимо узлов в вершинах, имеют узлы на серединах ребер. Поля перемещений описываются квадратичными полиномами. Деформации и напряжения, соответственно, изменяются линейно. Ребра и, следовательно, грани могут быть криволинейными. Это позволяет вполне адекватно воспроизводить криволинейную геометрию.

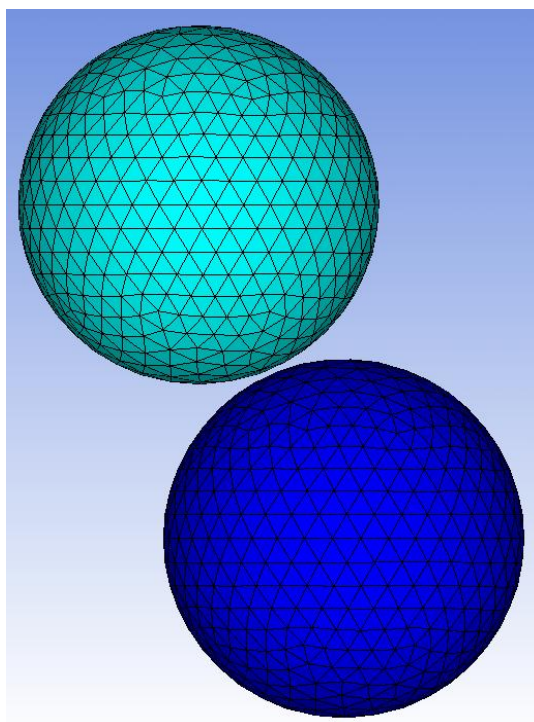


Рисунок 4.3 - Конечно-элементная модель зерна шлифовального круга и алмаза правящего инструмента

Далее построенным конечно-элементным моделям алмаза правящего инструмента и зерна шлифовального круга необходимо задать свойства, соответствующие средним значениям параметров физических свойств алмаза и карбида кремния (таблица 4.1). Заключительным этапом является задание скоростей движения моделей алмаза и зерна.

Для расчета использовался принцип Лагранжа (принцип возможных перемещений) [23]. Принцип Лагранжа основан на понятиях работы и энергии, которые играют важную роль в общей механике. Работа и энергия определенным образом связаны между собой. Силы в механической системе могут совершать работу, система может обладать энергией. На понятии энергии основаны многие методы механики сплошной среды. Целесообразность их применения следует из того, что энергия представляет собой хорошо изученную инвариантную величину и поэтому не зависит от системы координат. Все различные энергетические принципы взаимосвязаны друг с другом, так как в их основе лежат фундаментальные законы механики сплошной среды.

4.2 Результаты исследований

Результатами расчета являются значения напряжений в зерне шлифовального круга и в алмазе правящего инструмента, а также значение температуры в зоне правки.

В процессе расчета можно зафиксировать значения температуры и напряжений в любой момент времени правки, приостановив процесс расчета.

Результаты исследования приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Результаты исследований

Время правки, мс	ОП			ВП		
	Напряжения, ГПа		Температура в зоне контакта, С	Напряжения, ГПа		Температура в зоне контакта, С
	Зерно	Алмаз		Зерно	Алмаз	
0,48	0,3	0,2	20	0,6	0,4	20
0,55	0,5	0,4	20	0,9	0,8	20
0,72	2,2	0,9	21	2,8	1,5	21
0,75	2,8	1	21	2,9	3,4	24
1,1	5,1	2,1	33	1	0,9	24
1,4	5,8	2,6	42	4,4	3,9	20
1,6	5,7	2,4	46	1,2	1,23	26
2	6	2,6	47	7,2	3,8	54
2,3	6,4	3	50	3,1	9,7	55
2,9	6,9	3,4	75	7,4	5,8	59
3,13	7	3,6	78	5,1	3,8	60
3,2	7,2	3,8	80	4,5	2,6	60
3,4	7,4	4	82	5,9	4,2	60
3,7	7,6	4,5	84	7,8	5,6	60
3,9	8	4,8	86	8,3	6,6	61
4	8,1	4,9	88	9,2	7,1	63
4,2	8,2	5	90	7,8	4,6	65

График изменения температуры в зоне контакта алмаза правящего инструмента с зерном шлифовального круга приведен на рисунке 4.4.

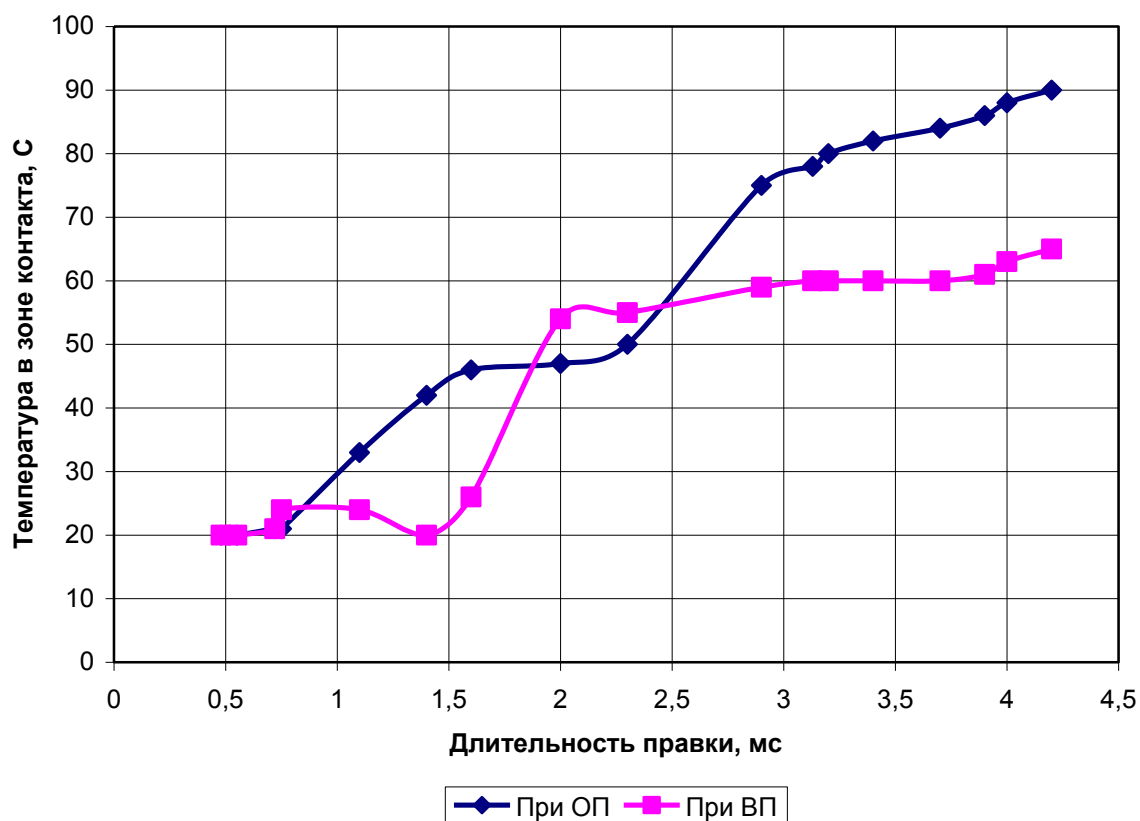


Рисунок 4.4 - График изменения температуры в зоне контакта алмаза с зерном

Проведенный расчет позволяет зафиксировать значение температуры в зоне правки в любой момент времени. Видно, что значение температуры в зоне контакта при обычной правке практически в два раза превышает значение температуры при ультразвуковой правке. Значения температуры в зоне контакта алмаза правящего инструмента с зерном шлифовального круга отличаются в пределах 25% от значений, полученных экспериментально. Такая точность расчета позволяет говорить о правомерности применения вышеописанной методики для проведения виртуальных экспериментов.

Как известно процесс ОП складывается из нескольких этапов: врезание, установившийся процесс, выход инструмента и холостой ход. По рисункам 4.5 и 4.6 видно, что процесс врезания длится примерно до второй миллисекунды, далее следует установившийся процесс правки до конца времени расчета.

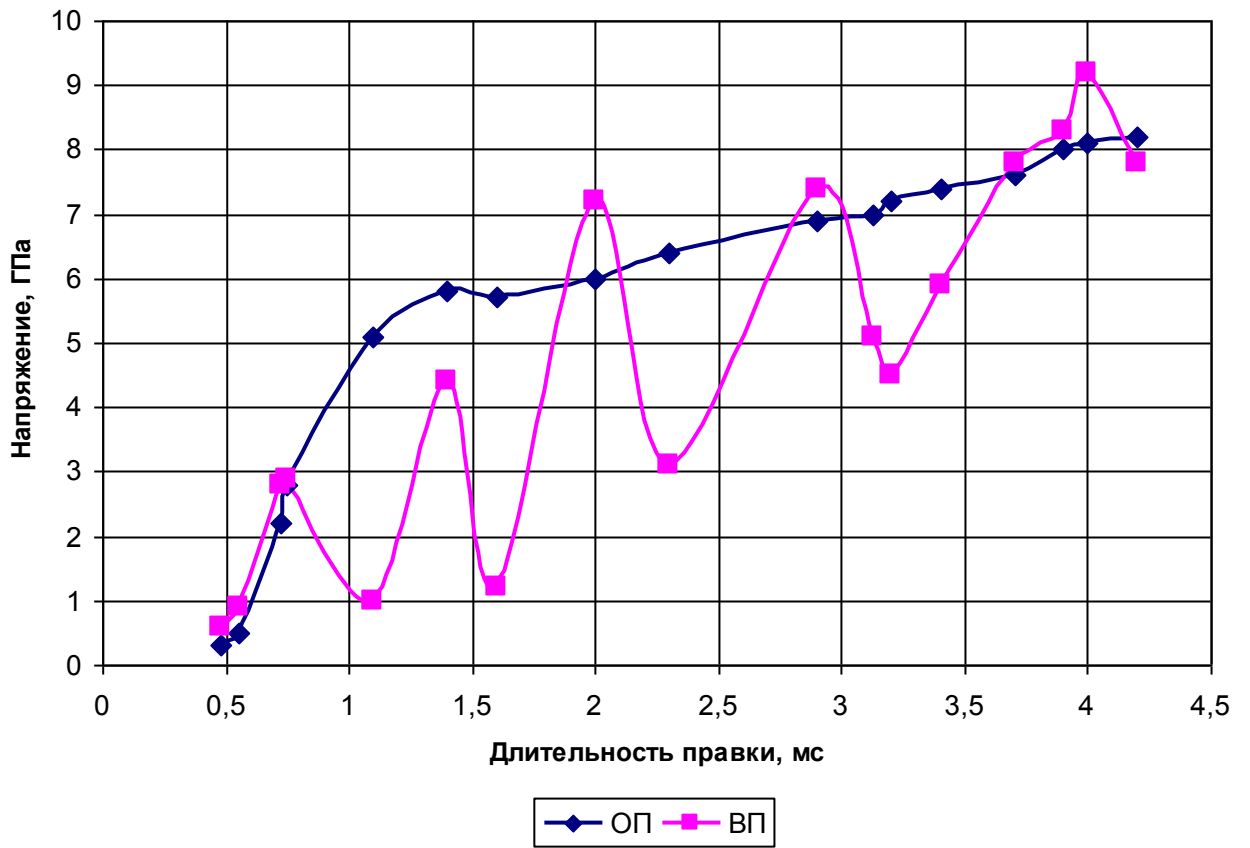


Рисунок 4.5 - График изменения напряжений в зерне шлифовального круга

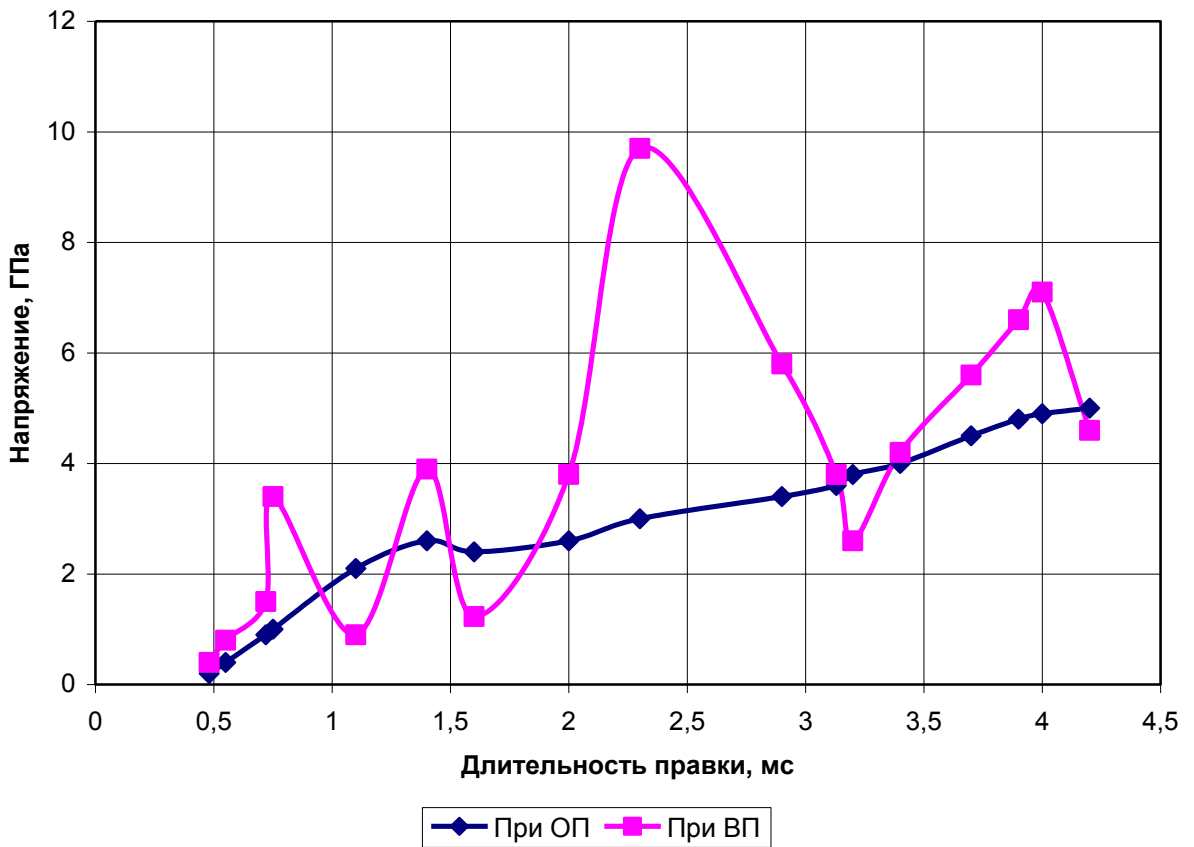


Рисунок 4.6 - График изменения напряжений в алмазе правящего инструмента

Из результатов расчета видно, что максимальные напряжения в зерне шлифовального круга и алмазе правящего инструмента соответствует периоду стабильного процесса правки. Максимальные значения температуры в зоне контакта алмаза и зерна также соответствуют периоду стабильного процесса правки. Видно, что значения напряжений в алмазе правящего инструмента на протяжении всех этапов правки примерно на 2 ГПа меньше значений напряжений в зерне шлифовального круга. При ОП уже на второй миллисекунде будет происходить разрушение зерна шлифовального круга, т.к. значения напряжений в зерне начинают превышать допустимые.

Также показано, что в процессе ВП изменение значений напряжений в зерне шлифовального круга и в алмазе правящего инструмента имеет волновой характер. По результатам исследований можно оценить время прохождения ударной волны через абразивное зерно, в среднем оно равно 0,2 миллисекунды, что примерно соответствует средним значениям, полученными экспериментально другими исследователями.

Таким образом, применение программы ANSYS позволяет произвести расчеты по наиболее сложным вопросам, связанными с процессами правки шлифовальных кругов, а также с процессами резания, и снизить объем реальных экспериментов.

Выводы:

1. Разработан метод исследования процессов правки шлифовальных кругов на персональном компьютере, результаты которого близки к экспериментальным исследованиям в производстве.
2. Получен график изменения температуры в зоне правки.
3. Получен график изменения напряжений в зерне шлифовального круга
4. Получен график изменения напряжений в алмазе правящего инструмента

5 Безопасность и экологичность работы

Раздел выполнен по рекомендациям [26].

5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 5.1 - Паспорт технического объекта

Технический и/или технологический процесс	Операция технологического процесса и/или вид предлагаемых работ	Должность работающего, который будет выполнять предлагаемый технологический процесс и/или операцию	Технологическое оборудование и/или техническое приспособление, устройство	Используемые материалы и/или вещества
Сверление, точение	Сверлильная, токарная	Оператор станков с программным управлением	Вертикально-сверлильный 2А135, токарно-винторезный 16Б16	Металл, СОЖ, обтирочная ветошь

5.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 5.2 – Риски в профессиональной деятельности

Производственная операция, технологическая операция и/или эксплуатационная операция, технологическая операция; вид предлагаемых работ	Производственный вредный и/или опасный фактор	Источник вредного производственного фактора и/или опасного производственного фактора
Сверлильная, токарная операции	Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; повышенный уровень шума на рабочем месте	Заготовка, вертикально-сверлильный станок 2А135, токарно-винторезный станок 16Б16

5.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Таблица 5.3 – Мероприятия направленные на снижение уровня опасных и вредных производственных факторов

Вредный производственный фактор и/или опасный производственный фактор	Технические средства защиты, организационно-технические методы частичного снижения, полного устранения вредного производственного фактора и/или опасного производственного фактора	СИЗ работающего
Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	Регламентированная процедура по обучению по охране труда	Краги брезентовые с двойным наладонником, перчатки «Ангара»
Движущиеся машины и механизмы	Регламентированная процедура по обучению по охране труда	Очки защитные «Эталон»
Подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки	Регламентированная процедура по обучению по охране труда	Очки защитные «Эталон»
Повышенный уровень шума на рабочем месте	Антишумовая обработка участка обработки	Наушники «Кедр»

5.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта (производственно-технологических эксплуатационных и утилизационных процессов)

Таблица 5.4 – Определение характеристик пожара

Производственный участок и/или производственное подразделение	Используемое оборудование	Номер пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие проявляющиеся факторы при пожаре
Участок обработки	Вертикально-сверлильный 2А135, токарно-винторезный 1ББ16	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)	Неисправность электропроводки; пламя и искры; возгорание промасленной ветоши.	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества

Таблица 5.5 - Выбор средства пожаротушения

Средства первичного пожаротушения	Средства мобильного пожаротушения	Установки стационарного пожаротушения и/или пожаротушащие системы	Средства автоматического пожаротушения	Оборудование для пожаротушения	СИЗ для спасения людей	Инструмент для пожаротушения (механизированный и немеханизированный)	Сигнализация, связь и оповещение при пожаре
Огнетушители, ящики с песком, пожарные краны	пожарные автомобили и пожарные лестницы,	Системы пенного пожаротушения	Технические средства оповещения и управления эвакуацией, приборы приемного-контрольные	Напорные пожарные рукава и рукавные разветвления	Веревки пожарные, карабины пожарные, противогазы, респираторы	Лопаты, багры, ломы, топоры	Автоматические извещатели

Таблица 5.6 – Средства обеспечения пожарной безопасности

Название техпроцесса, применяемого оборудования, которое входит в состав технического объекта	Вид предлагаемых к реализации организационных и/или организационно-технических мероприятий	Нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, а также реализуемые эффекты
Точение, сверление	Хранение ветоши в негорючих ящиках; Применение плавких предохранителей или автоматов в электроустановках станков.	Применение средств пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре, проведение противопожарных инструктажей, применение средств пожаротушения, соблюдение мер пожарной безопасности при проведении огневых работ

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 5.7 – Определение экологически опасных факторов объекта

Название технического объекта и/или производственного техпроцесса	Структурные элементы технического объекта и/или производственного техпроцесса (производственного сооружения или производственного здания по функциональному назначению, операций техпроцесса, технического оборудования)	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на атмосферу (опасные и вредные выбросы в воздух)	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на гидросферу (забор воды из источников водяного снабжения, сточные воды)	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на литосферу (недра, почву, забор плодородной почвы, растительный покров, порча растительного покрова, землеотчуждение и образование отходов и т.д.)
Точение, сверление	Вертикально-сверлильный 2А135, токарно-винторезный 16Б16	Пыль металлическая	Взвешенные вещества и нефтепродукты	Основная часть отходов должна храниться в металлических контейнерах

Таблица 5.8 – Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационные и технические мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

Наименование технического объекта	Точение, сверление
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Модернизация фильтрующих элементов в вытяжных трубах
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Модернизация фильтрующих элементов канализационных сетей и очистных сооружений
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на литосферу	Соблюдение регламентированных процедур, связанных с отходами производства.

5.6 Заключение по разделу

В настоящем разделе проанализирован технологический процесс изготовления шестерни теплового насоса Copeland. Выявлены опасные и вредные производственные факторы. Разработаны меры по их снижению. Разработаны меры по снижению пожарной опасности. Разработаны меры по сохранению экологии и окружающей среды.

6 Экономическая эффективность работы

Задача раздела – технико-экономическое сравнение двух вариантов технологического процесса (базового и проектного) и определение экономической эффективности проектируемого варианта.

Для выполнения данного раздела необходимо краткое описание изменений технологического процесса изготовления детали, по вариантам, чтобы обосновать экономическую эффективность, внедряемых мероприятий. Основные отличия по сравниваемым вариантам представлены в качестве таблицы 6.1.

Таблица 6.1 – Отличительные особенности сравниваемых вариантов технологических процессов изготовления детали

Базовый вариант	Проектируемый вариант
Операция 020, 30 – Токарная (черновая и чистовая)	
<p><u>Оборудование</u> – токарно-винторезный полуавтомат с ЧПУ, модель 16Б16Т1.</p> <p><u>Оснастка</u> – токарное приспособление.</p> <p><u>Инструмент</u> – токарный резец.</p> <p>$T_{шт} = 8,45$ мин, $T_o = 2,4$ мин.</p> <p>$T_{шт} = 11,57$ мин, $T_o = 3,3$ мин.</p>	<p><u>Оборудование</u> – токарно-винторезный полуавтомат с ЧПУ, модель 16Б16Т1.</p> <p><u>Оснастка</u> – токарное приспособление спроектированное.</p> <p><u>Инструмент</u> – токарный резец.</p> <p>$T_{шт} = 6,5$ мин, $T_o = 2,4$ мин.</p> <p>$T_{шт} = 8,9$ мин, $T_o = 3,3$ мин.</p>

Описанные, в таблице 6.1., условия являются исходными данными для определения цены на оборудование, оснастку и инструмент, необходимые для проведения экономических расчетов, с целью обоснованности внедрения предложенных изменений. Однако, представленной информации для правильного выполнения раздела будет не достаточно, так как необходимо знание следующих величин:

- программа выпуска 250 шт.,
- материал изделия, масса детали и заготовки, а также способ получения заготовки, которые влияют на величину расходов основного

материала. Однако, если проектным вариантом технологического процесса не предусмотрено изменение параметров заготовки или детали, то определять данную статью не целесообразно, так как не зависимо от варианта, величина будет одинаковой и на разницу между сравниваемыми процессами оказывать влияние не будут;

– нормативные и тарифные значения, используемые для определения расходов на воду, электроэнергию, сжатый воздух и т.д.;

– часовые тарифные ставки, применяемые при определении заработной платы основных производственных рабочих.

Для упрощения расчетов, связанных с проведением экономического обоснования, совершенствования технологического процесса предлагается использовать пакет программного обеспечения Microsoft Excel. Совокупное использование данных и соответствующей программы позволит определить основные экономические величины, рассчитываемые в рамках поставленных задач и целей. Согласно алгоритму расчета, применяемой методики [25], первоначально следует определить величину технологической себестоимости, которая является основой для дальнейших расчетов. Структура технологической себестоимости, по вариантам, представлена в виде диаграммы на рисунке 6.1.

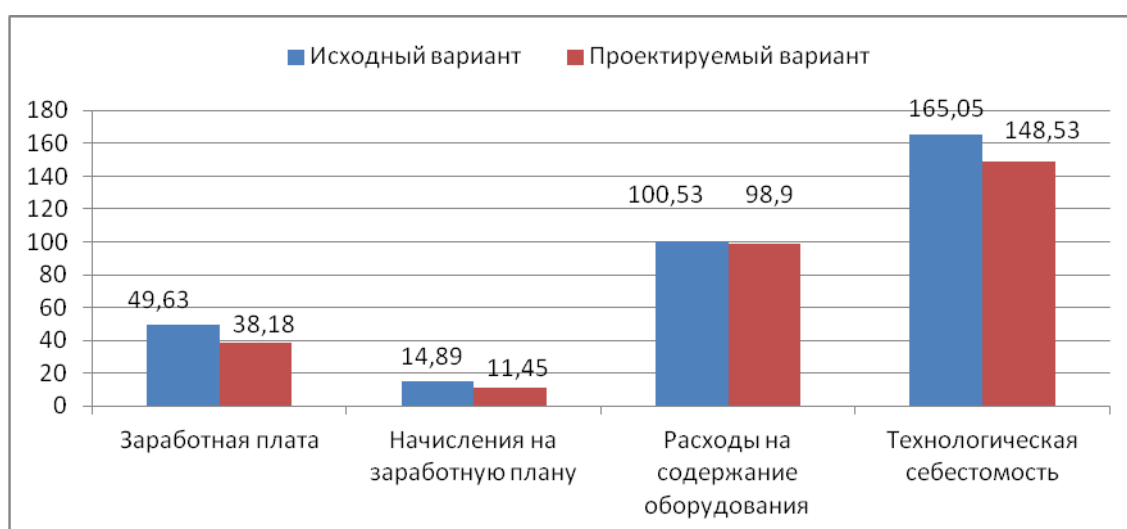


Рисунок 6.1 – Структура технологической себестоимости изготовления изделия, руб.

Анализируя представленный рисунок, можно наблюдать уменьшающую тенденцию по затратам, входящим в технологическую себестоимость, что дает право сделать предварительное заключение об эффективности предложений. Однако, для вынесения окончательного вывода, необходимо еще провести ряд соответствующих расчетов. Учитывая основные отличия проектируемого технологического процесса, определим размер необходимых инвестиций для внедрения. Согласно описанной методике расчета капитальных вложений [25], данная величина составила 34381,92 руб., в состав которой входит весь перечень затрат, необходимый для осуществления совершенствования технологического процесса. Далее выполним экономические расчеты по определению эффективности предложенных внедрений. Применяемая методика расчета [25], позволяет определить необходимые величины, такие как: чистая прибыль, срок окупаемости, общий дисконтируемый доход и интегральный экономический эффект. Анализ описанных значений позволит сделать обоснованное заключение о целесообразности внедрения. Все значения, полученные, при использовании описанной методики, представлены в таблице 6.2. При анализе представленных значений, особенно внимание необходимо уделять сроку окупаемости, величине чистого дисконтированного дохода и индекса доходности. Все описанные параметры имеют значения, которые подтверждают эффективность внедрения описанного технологического проекта.

Таблица 6.2 – Результаты показателей эффективности внедрения предложений

№	Наименование показателей	Условное обозначение, единица измерения	Значение показателей
1	Чистая прибыль	<i>П_{чист} руб.</i>	11678
2	Срок окупаемости инвестиций	<i>T_{ок} лет</i>	4
3	Общий дисконтированный доход	<i>Д_{общ. диск.} руб.</i>	41410,19
4	Интегральный экономический эффект	<i>Э_{инт} = ЧДД, руб.</i>	7028,26
5	Индекс доходности	<i>ИД, руб.</i>	1,2

Получена положительная величина интегрального экономического эффекта – 7028,26 руб. Рассчитано значение срока окупаемости – 4 лет, который можно считать оптимальной величиной для машиностроительного предприятия. И наконец, индекс доходности (ИД), который составляет 1,2 руб./руб., что относится к рекомендуемому интервалу значений этого параметра.

Данные значение позволяют сделать окончательное заключение о том, что внедряемый проект можно считать эффективным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В бакалаврской работе проведено совершенствование технологического процесса изготовления шестерни теплового насоса Copeland.

Предложен более эффективный способ получения заготовки детали, что позволило повысить качество поверхностного слоя металла и удешевить технологический процесс. Произведен расчет режимов резания, норм основного и штучного времени.

Разработана конструкция приспособления, позволяющая повысить точность и надежность установки заготовки и автоматизировать процесс ее смены.

Основная часть проектных решений проверена расчетами и подкреплена практическими рекомендациями.

Предусмотрены мероприятия по охране труда. Рассчитана экономическая эффективность работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Писаренко, Г.С. Справочник по сопротивлению материалов [Текст] Яковлев А.П., Матвеев В.В.; Отв. Ред. Писаренко Г.С. – 2-е изд., – Киев: Наук. думка, 1988. – 736 с.
- 2 Алямовский, А.А. Инженерный анализ методом конечных элементов [Текст]. М.: ДМК Пресс, 2004. – 432 с.
- 3 Орлов, П.И. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие в 3-х книгах [Текст]. Кн. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: "Машиностроение", 1977. -574с.
- 4 Киселев, Е.С., Теплофизика правки шлифовальных кругов с применением СОЖ [Текст]/ Е.С. Киселев. – Ульяновск: УлГТУ, 2001 – 170 с.
- 5 Семко, М.Ф. Алмазное шлифование синтетических сверхтвердых материалов [Текст]/ М.Ф. Семко, А.И. Грабченко, М.Г. Ходоровский. – Харьков, Высш. школа. 1980 – 192 с.
- 6 Резников, А.Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов [Текст]/ А.Н. Резников – М.: Машиностроение, 1981 – 279 с.
- 7 Горанский, Г.К. К теории автоматизации инженерного труда [Текст]/ Г.К. Горанский. – Минск: изд. АН БССР, 1962. – 182 с.
- 8 Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст]/ Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
- 9 Гордеев, А.В. Исследование плоского торцового шлифования алмазными кругами с прерывистой рабочей поверхностью [Текст]: автореф. дис. ...канд. техн. наук: защищена 03. 1974 утв. 1975 / А.В. Гордеев. – Куйбышев, Политехн. институт, 1973: – 26 с.
- 10 Агранат, Б. А., Башкиров, В. И.. Ультразвуковая технология [Текст]. – М., Металлургия, 1974 – 504 с.
- 11 Теумин, И.И. Ультразвуковые колебательные системы [Текст]. М.: Машгиз. 1959. – 231 с.

12 Справочник по электрическим и ультразвуковым методам обработки материалов [Текст]. Попилов Л.Я., «Машиностроение», 1971 г. – 544 с.

13 Тхагапсоев, Х.Г. Определение контактной температуры при правке абразивных кругов алмазным инструментом [Текст] / Х.Г. Тхагапсоев, М.Х. Шхануков, Б.С. Хапачёв, М.Х. Абрегов // Сверхтвердые материалы. – 1983, №4 – с. 44-48.

14 Худобин, Л.В. Минимизация засаливания шлифовальных кругов [Текст]/ Л.В. Худобин, А.Н. Унянин: под ред. Л.В. Худобина. – Ульяновск: УлГТУ, 2007 – 298 с.

15 Гершгал, Д.В., Фридман, В.М. Ультразвуковая технологическая аппаратура [Текст]. Изд. 3-е, перераб. и доп. М., «Энергия», 1976 – 320 с.

16 Холопов, Ю.В. Оборудование для ультразвуковой сварки [Текст]. Л., Энергоатомиздат, 1985 – 166 с.

17 Кумабэ, Д. Вибрационное резание: Перевод с яп. [Текст] С.Л. Масленникова; Под ред. И.И. Портнова и В.В. Белова. – М.: Машиностроение, 1985. – 424 с.

18 Малышев, В.И. Особенности правки шлифовальных кругов с ультразвуковыми колебаниями правящего инструмента [Текст]/ В.И. Малышев, С.В. Мурашкин/ Вектор науки в ТГУ – Тольятти, Тольяттинский государственный университет, 2009, №1 – с. 24-31.

19 "Химическая энциклопедия" т.5 [Текст] М.: Советская энциклопедия, 1999 стр. 25-26

20 Рабинович, В.А., Хавин З.Я. "Краткий химический справочник" [Текст] Л.: Химия, 1977 стр. 105

21 Чукова, Ю.П. "Тайны алмаза" [Текст] М.:Знание 1988 стр. 6-7, 18

22 Горшков, А. Г., Старовойтов Э. И., Тарлаковский Д. В. Теория упругости и пластичности [Текст]: Учеб.: Для вузов. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. - 416 с. - ISBN 5-9221-0229-X.

23 Васин, С.А. Резание материалов: Термомеханический подход к системе взаимосвязей при резании [Текст]/ С.А. Васин, А.С. Верещака, В.С. Кушнер. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 448 с.

24 Дальский, А.А. Технология конструкционных материалов: учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов [Текст]/ А.А. Дальский [и др.] – М.: Машиностроение, 2005. – 543 с.

25 Зубкова, Н.В. Методические указания по экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей [Текст] / Н.В. Зубкова – Тольятти : ТГУ, 2005.

26 Горина, Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие. [Текст]/ Л. Н. Горина - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 33 с.

27 Salje, E. Grinding of cylindrical blanks with controlled workspeed. [Текст]/ E. Salje, W. Horsemann, M. Klyk

28 Takeuchi, Y. 5-axis control machining based on solid model [Текст]/ Y. Takeuchi, H. Shimizu, T. Idemura, T. Watanabe, T. Ito // Journal of the Japan Society for Precision Engineering. – 1990. – 56(1). – p. 111–116.

29 Tata, K. Efficient slicing for layered manufacturing [Текст]/ K. Tata, G. Fadel, A. Bagchi, N. Aziz // Rapid Prototyping Journal. – 1998. – 4(4). – p. 151–167.

30 B. E. Launder and D. B. Spalding. Lectures in Mathematical Models of Turbulence. Academic Press [Текст], London, England, 1972.

31 Approximating curves and their offsets using biarcs and Pythagorean hodograph quintics [Текст]/ Z. Sir, R. Feichtinger, B. Juttler // Computer-Aided Design. – 2006. – 38(6). – p. 608–618.

32 Sir, Z. Constructing acceleration continuous tool paths using Pythagorean hodograph curves [Текст]/ Z. Sir, B. Juttler // Mechanism and Machine Theory. – 2005. – 40(11). – p. 1258–1272.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документация</u>						
A1			17.БР.07.029.61	Сборочный чертеж	1	
<u>Детали</u>						
Б/4	1		17.БР.07.029.61.001	Планшайба	1	
Б/4	2		17.БР.07.029.61.002	Штифт	1	
Б/4	3		17.БР.07.029.61.003	Корпус	1	
Б/4	4		17.БР.07.029.61.004	Втулка	1	
Б/4	5		17.БР.07.029.61.005	Рычаг	3	
Б/4	6		17.БР.07.029.61.006	Втулка	1	
Б/4	7		17.БР.07.029.61.007	Винт	3	
Б/4	8		17.БР.07.029.61.008	Кулачек	3	
Б/4	9		17.БР.07.029.61.009	Планка	3	
Б/4	10		17.БР.07.029.61.011	Винт М 5	6	
Б/4	11		17.БР.07.029.61.012	Шайба	3	
Б/4	12		17.БР.07.029.61.013	Шестерня	1	
Б/4	13		17.БР.07.029.61.014	Винт М8×25	3	
Б/4	14		17.БР.07.029.61.015	Втулка	1	
Б/4	15		17.БР.07.029.61.016	Винт М10×26	3	
Б/4	16		17.БР.07.029.61.017	Болт М20×50	4	
Б/4	17		17.БР.07.029.61.018	Ползушка	3	
Б/4	18		17.БР.07.029.61.019	Подкулачник	3	
Б/4	19		17.БР.07.029.61.021	Штифт	6	
Б/4	20		17.БР.07.029.61.022	Ось	3	
Б/4	21		17.БР.07.029.61.023	Шестерня	3	
			17.БР.07.029.61			
			Изм.	Лист	№ докум.	Подп.
			Разраб.	Фролов И.Д.		
			Пров.	Левашкин Д.Г.		
			Исполн.	Виткалов В.Г.		
			Утв.	Логинов Н.Ю.		
				Самоцентрирующий 3-х кулачковый патрон		Лит.
						Лист
						Листов
						1
						2
						ТГУ, ТМБ-1301
				Копировал		Формат А4

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Разработ.	Фролов		ТГУ													
	Проверил	Левашкин														
Нормоконтр			Шестерня теплового насоса Soreland													
Утвердил			Логонов													
MO1 Сталь 20ХН ГОСТ 4543-81																
MO2	Код М	ЕВ	МД	ЕН	НР	КИМ	Код 3	Виды размеры заготовки					КД	МЗ		
	12	166	2,2	1		0,52	24	Штамповка 157х51					1	4,2		
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции								Обозначение документа			
Б	Код, наименование оборудования															
A03				10	4120 Сверлильная											
B04	381213 Вертикально-сверлильный 2A135															
O05	Сверлить отв. 18 согласно эскизу															
O6																
A07				20	4110 Токарная											
B08	381160 Токарно-винторезный 16Б16															
O09	Установ 1. Точить пов. 10, 20 согласно эскизу.															
O10	Подрезать пов. 1, 11, 15, 31 согласно эскизу															
O11	Снять фаски															
O12	Установ 2. Подрезать пов. 1, 9, согласно эскизу															
O13	Расточить отв. 18 согласно эскизу.															
O14	Снять фаски															
15																
16				30	4110 Токарная											
17	381160 Токарно-винторезный 16Б16ПФ1															
МК												1	2,7	3,3	8,9	1

Разработ.		ТГУ						Обозначение документа											
Проверил		Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	СМ	Проф	РО	УТ	КР	ОИД	ЕН	ОП	Кшт	То	Тшт		
А	Б	Код, наименование оборудования																	
О01	О02	Установ 1, переход 1: Точить пов. 10, 20 согласно эскизу																	
О02	О03	Подрезать пов. 11, 15, 31 согласно эскизу																	
О03	О04	Переход 2: Точить пов. 10, подрезать пов. 15 согласно эскизу																	
О04	О05	Установ 2, переход 1: Подрезать пов. 1, 9 согласно эскизу																	
О05	О06	Расточить отв. 18 согласно эскизу																	
07	А08	Переход 2: Подрезать пов. 1, расточить отв. 18 согласно эскизу																	
А08	Б09	40	4180	Протяжная								1			2,5	0,2	0,5		
Б09	О10	381751 Горизонтально-протяжной 7Б55У																	
О10	11	Протягивать шлицевое отв. 18 согласно эскизу																	
11	А12	80	4153	Зубофрезерная															
А12	Б13	381572 Зубофрезерная 5А320											2			2	4,5	9	
Б13	О14	Фрезеровать зубья пов. 27 согласно эскизу																	
О14	15	Фрезеровать зубья пов. 27 согласно эскизу																	
15	А16	100	4162	Зубоскашивающая															
А16	Б17	381631 Инструментально-фрезерный 6712П											1			1,2	16,8	20,2	
Б17	О18	Фрезеровать торцы зубья пов. 37 согласно эскизу																	
О18	19	Фрезеровать торцы зубья пов. 37 согласно эскизу																	
19	20	Фрезеровать торцы зубья пов. 37 согласно эскизу																	
20	МК	Фрезеровать торцы зубья пов. 37 согласно эскизу																	2

Разработ.		ТГУ														
Проверил																
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	СМ	Проф	РО	УТ	КР	ОИД	ЕН	ОП	Кшт	То	Тшт
Б	Код, наименование оборудования				Обозначение документа											
A01			110	4162	Зубофасочная											
B02	3815 Зубофасочный ВС-320А										1			1,2	2,3	2,8
O03	Снять фаски по кромкам зубьев пов. 40 согласно эскизу															
04																
A05			120	4157	Шевинговальная											
B06	381574 Зубошевинговальный 5702В										1			2,5	0,3	0,75
O07	Шевинговать зубья пов. 27 согласно эскизу															
08																
A09			150	4130	Шлифовальная											
B10	381313 Плоскошлифовальный 3Г71										1			2,7	1	2,7
O11	Установ 1: Шлифовать пов. 15 согласно эскизу															
O12	Установ 2: Шлифовать пов. 1 согласно эскизу															
13																
A14			180	4151	Зубохонинговальная											
B15	3815 Зубохонинговальный 5А913										1			2,2	0,1	0,25
O16	Хонинговать зубья пов. 27 согласно эскизу															
17																
18																
19																
20																
МК																3