

АННОТАЦИЯ

Технологический процесс изготовления кулачковой полумуфты токарного станка СУ630. Кафедра: Оборудование и технологии машиностроительного производства. ТГУ Тольятти, 2017 г.

Данная работа направлена на улучшение базового технологического процесса.

В ходе выполнения работы был проведен ряд мероприятий. Проанализированы исходные данные и на основе этого анализа обозначены основные задачи работы. Выбран наиболее эффективный метод получения заготовки. Спроектирована технология изготовления полумуфты на базе модернизации типовой. Спроектированы операции техпроцесса, при этом ряд операций усовершенствованы. Для этого спроектировано специальное станочное приспособление и режущий инструмент. Приведены соответствующие экономические расчеты,

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1 Описание исходных данных.....	7
1.1 Описание служебного назначения и условий работы детали	7
1.2 Описание технологичности детали.....	7
1.3 Систематизация поверхностей детали.....	8
1.4 Задачи работы.....	8
2 Технологическая часть работы.....	10
2.1 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	10
2.2 Обоснование выбора метода получения заготовки.....	10
2.3 Выбор методов обработки поверхностей.....	12
2.4 Определение припусков на обработку.....	14
2.5 Проектирование заготовки.....	20
2.6 Разработка технологического маршрута.....	20
2.7 Разработка плана изготовления.....	21
2.8 Выбор средств технологического оснащения.....	22
2.9 Проектирование технологических операций.....	29
3 Проектирование приспособления и режущего инструмента.....	31
3.1 Проектирование приспособления	31
3.2 Проектирование режущего инструмента.....	36
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	38
5 Экономическая эффективность работы.....	48
Заключение.....	52
Список использованных источников.....	53
Приложения.....	56

ВВЕДЕНИЕ

В реалиях современной экономики для повышения производительности машиностроительного производства необходимо применение станков оснащенных системами числового программного управления. Станок CU630 является одним из видов такого оборудования.

Рассматриваемая полумуфта является одной из деталей, коробки скоростей станка, поэтому эта деталь является одной из наиболее ответственных. Проектируемый технологический процесс должен соответствовать всем требованиям, предъявляемым к современным техпроцессам, т.е. отличаться высокой производительностью, экономичностью и гибкостью.

В работе разрабатывается технологический процесс изготовления кулачковой полумуфты токарного станка CU630 объемом выпуска 5000 штук в год.

Целью работы является разработать такой технологический процесс изготовления полумуфты, который позволит получить необходимое качество изготовления детали при условии обеспечения годовой программы выпуска и минимизации затрат на ее изготовление.

1 Описание исходных данных

1.1 Описание служебного назначения и условий работы детали

Служебное назначение полумуфты – передача крутящего момента от ведущего вала ведомому валу. Полумуфта имеет несложную конфигурацию как наружных, так и внутренних поверхностей. При работе полумуфта воспринимает крутящий момент от ведущего вала посредством боковых поверхностей шлиц и передает исполнительному механизму боковыми поверхностями кулачков. Условия работы полумуфты можно оценить как умеренно агрессивные, т.к. работа происходит в закрытом корпусе в условиях значительных нагрузок, умеренных температур и хорошей смазки.

1.2 Описание технологичности детали

Выполнение данного раздела производится согласно данным [1].

Материал заготовки – сталь 20Х ГОСТ 4543-71 [2] 0,17-0,23% углерода, 0,7-1,0% хрома и другие элементы, $\sigma_B = 650$ МПа.

Конструкция детали позволяет сделать следующие выводы о технологичности общей конфигурации детали. Конфигурация детали сложная. Механическая обработка типовая. Форма детали позволяет одновременно вести обработку нескольких поверхностей – шейки и торца. Поэтому на участке по обработке данной детали целесообразно применять универсальное оборудование и оснастку. В связи с тем, что все элементы унифицированы, а размеры соответствуют нормальному ряду чисел, то не требуется применение специального инструмента и контрольно-измерительных приборов.

Точность и шероховатость цилиндрических поверхностей детали, торцов, кулачков и шлицев определяются условиями работы.

Исходя из проведенного анализа можно считать деталь технологичной.

1.3 Систематизация поверхностей детали

Все поверхности детали имеют свое служебное назначение в ее конструкции. Самыми ответственными из них являются поверхности,

исполняющие служебное назначение, определяющие положение детали в механизме и положение других деталей относительно данной. Проведем классификацию поверхностей согласно общепринятой методике [3]. Для этого все поверхности нумеруем (рисунок 1.1).

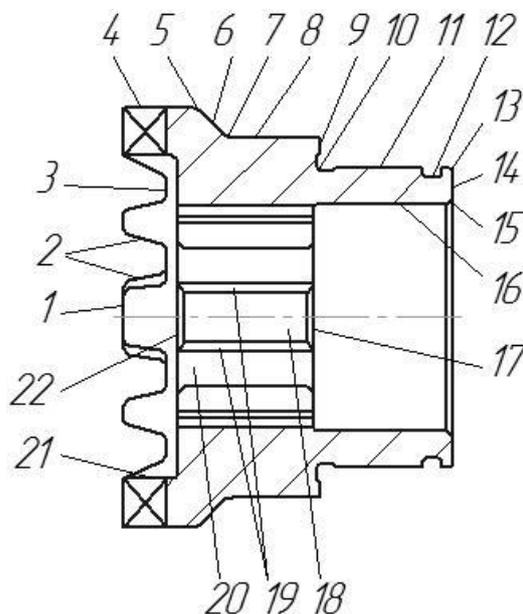


Рисунок 1.1 – Нумерация поверхностей

К основным конструкторским базам относятся поверхности - 1, 18; к вспомогательным конструкторским базам относятся поверхности - 9, 11; к исполнительным поверхностям относятся - 2, 19; - все оставшиеся поверхности являются свободными.

1.4 Задачи работы

Исходя из проведенного выше описания данных, сформулируем основные задачи работы:

- 1) проанализировать возможные методы получения заготовки и выбрать оптимальный;
- 2) произвести проектирование заготовки на базе предварительного определения припусков на обработку;
- 3) спроектировать маршрутную технологию изготовления детали на базе типовой технологии, путем ее модернизации;
- 4) следует учесть современные тенденции при выборе средств оснащения техпроцесса;

5) лимитирующие операции необходимо доработать путем проектирования для них специальной оснастки и инструмента;

6) провести анализ техпроцесса на предмет его безопасности и соответствия экологическим показателям;

7) определить экономические показатели техпроцесса.

2 Технологическая часть работы

2.1 Выбор стратегии разработки техпроцесса

В начале выполнения данного этапа необходимо определить тип производства. Существует несколько методик. В данном случае для определения типа производства используется методика [4], согласно которой при программе выпуска 5000 деталей в год и ее массе 0,59 кг производство соответствует среднесерийному типу.

Основываясь на типе производства выбираем стратегию проектирования согласно рекомендаций [3, 4]:

- групповая организация техпроцесса;
- повторяемость изделий периодическими партиями;
- заготовка методами литья или штамповки;.
- методы обработки выбираются по коэффициентам удельных затрат;
- припуски определяются по нормативам;
- техпроцесс разрабатывается на базе типового;
- маршрутно-операционный техпроцесс;
- точность обеспечивается методом работы на настроенном оборудовании;
- при базировании заготовок соблюдаются основные принципы базирования;
- универсальные и стандартные средства технологического оснащения;
- оборудование размещается по групповому признаку;
- режимы резания определяются по нормативам.

2.2 Обоснование выбора метода получения заготовки

Для деталей данного типа из стали 20Х целесообразно применять в качестве заготовки штамповку в открытых штампах и штамповку на горизонтально-ковочной машине. На выбор метода влияет большая группа факторов таких как, тип производства, материал детали и ее конфигурация и

т.д. Метод получения заготовки производится исходя из минимальной себестоимости [5].

$$C_T = C_{ЗАГ} \cdot Q + C_{МЕХ} (Q - q) - C_{ОТХ} (Q - q) \quad (2.1)$$

где $C_{ЗАГ}$ - цена кг заготовок;

$C_{МЕХ}$ - цена механической обработки;

$C_{ОТХ}$ - цена кг стружки.

Расчет ведем для каждого варианта.

Массу детали можно определить при помощи прикладной программы, которая содержится в «Компас V16». Для этого необходимо построить ее объемную модель. Получим $q=0,59$ кг.

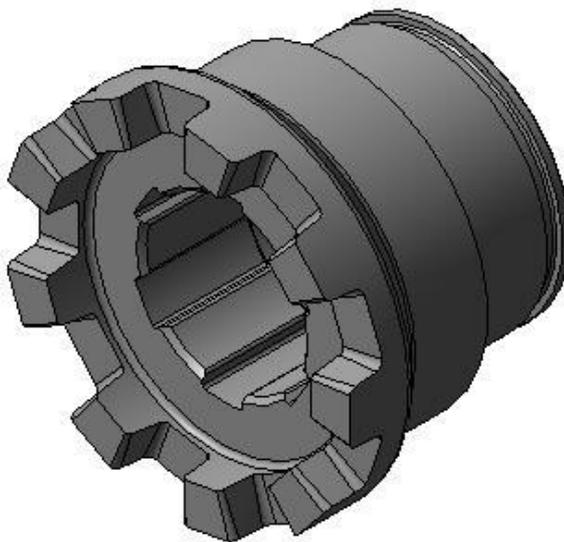


Рисунок 2.1 - 3D модель

Масса заготовки на стадии предварительного проектирования определяется [6]:

$$Q_i = q \cdot K_p \quad (2.2)$$

где K_p – коэффициент, который завит от характеристик заготовки.

$Q_1 = 0,59 \cdot 1,8 = 1,06$ кг – для штамповки в открытых штампах.

$Q_2 = 0,59 \cdot 1,6 = 0,95$ кг – для штамповки на ГКМ.

$$C_{MEX} = C_C + E_H \cdot C_K \quad (2.3)$$

$$C_{MEX1,2} = 4,95 + 0,1 \cdot 10,85 = 6,04 \text{ руб.}$$

$$C_{ЗАГ} = C_{ШТ} \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{II} \quad (2.4).$$

где $C_{ШТ}$ - стоимость кг заготовки;

$h_T, h_M, h_C, h_B, h_{II}$ - коэффициенты, которые учитывают характеристики заготовки и производства.

$$C_{ЗАГ1,2} = 29,96 \cdot 1,05 \cdot 0,87 \cdot 1,29 \cdot 1,18 \cdot 1,0 = 41,66 \text{ руб.}$$

$$C_{T1} = 41,66 \cdot 1,06 + 6,04 \cdot (1,06 - 0,59) \cdot 1,4 = 46,34 \text{ руб.}$$

$$C_{T1} = 41,66 \cdot 0,95 + 6,04 \cdot (0,95 - 0,59) \cdot 1,4 = 41,25 \text{ руб.}$$

Расчеты показали, что наиболее оптимальным является метод получения на горизонтально-ковочной машине. Экономический эффект при применении данного метода составит:

$$\Delta = (46,34 - 41,25) \cdot 5000 = 25450 \text{ руб.}$$

2.3 Выбор методов обработки поверхностей

На выбор конкретного метода обработки влияет ряд факторов. Среди которых характеристики материала детали, ее форма, механические показатели и тип производства. Так как задачи имеет много различных вариантов решений лучше всего использовать типовые маршруты обработки [7].

Таблица 2.1. - Маршруты обработки

№	<i>Ra</i>	<i>IT</i>	Тип	Маршрут
1	1,6	12	П	Т-Тч-ТО-Ш-Шч
2	1,6	10	ПВ	Ф-Фч-ТО-Ш-Шч
3	12,5	12	П	Ф-ТО
4	12,5	12	Ц	Т-ТО
5	12,5	12	Ц	Т-ТО
6	12,5	12	К	Т-ТО
7	12,5	12	Ц	Т-ТО
8	12,5	12	Ц	Т-ТО
9	1,6	12	П	Т-Тч-ТО-Ш-Шч
10	12,5	12	Ц	Тч-ТО
11	0,4	7	Ц	Т-Тч-ТО-Ш-Шч-ПО
12	12,5	12	Ц	Тч-ТО
13	12,5	12	К	Тч-ТО
14	1,6	12	П	Т-Тч-ТО-Ш
15	12,5	12	К	Тч-ТО
16	12,5	12	ЦВ	Т-ТО
17	12,5	12	ПВ	Т-ТО
18	1,6	7	ЦВ	Т-Тч-ТО-Ш-Шч
19	1,6	9	ПВ	ПР-ТО
20	12,5	12	ЦВ	ПР-ТО
21	12,5	12	ЦВ	Т-ТО
22	12,5	12	ПВ	Т-ТО

В таблице приняты нижеследующие сокращения:

П – плоскость;

ПВ – плоскость внутренняя;

Ц – цилиндр;

ЦВ – цилиндр внутренний;

Э – эвольвента;

К – конус;

Ф – черновое фрезерование;

Фч – чистовое фрезерование;

Т – черновое точение;

Тч – чистовое точение;

Ш – черновое шлифование;

Шч – чистовое шлифование;

ПР – протягивание;

ТО – термическая обработка.

2.4 Определение припусков на обработку

Расчет припусков для обработки поверхности 18 в размер $\varnothing 32H7^{(+0,025)}$ ведем по методике [8].

Результаты расчета представлены в таблице 2.2.

Минимальный припуск:

$$Z_{i\min} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \quad (2.5)$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 400 + \sqrt{280^2 + 80^2} = 691$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 100 + \sqrt{60^2 + 20^2} = 163$$

$$Z_{3\min} = a_{ТО} + \sqrt{\Delta_{ТО}^2 + \varepsilon_3^2} = 250 + \sqrt{160^2 + 60^2} = 421$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 150 + \sqrt{90^2 + 20^2} = 242$$

Максимальный припуск:

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0.5 \times (TD_{i-1} + TD_i) \quad (2.6)$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0.5 \times (TD_0 + TD_1) = 691 + 0.5 \times (20 + 25) = 1146$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0.5 \times (TD_1 + TD_2) = 163 + 0.5 \times (50 + 25) = 226$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0.5 \times (TD_{TO} + TD_3) = 421 + 0.5 \times (9 + 39) = 460$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0.5 \times (TD_3 + TD_4) = 242 + 0.5 \times (9 + 25) = 274$$

Средний припуск:

$$Z_{cp i} = (Z_{i\max} + Z_{i\min}) / 2 \quad (2.7)$$

$$Z_{cp1} = (Z_{1\max} + Z_{1\min}) / 2 = (691 + 1146) / 2 = 919$$

$$Z_{cp2} = (Z_{2\max} + Z_{2\min}) / 2 = (163 + 226) / 2 = 195$$

$$Z_{cp3} = (Z_{3\max} + Z_{3\min}) / 2 = (421 + 460) / 2 = 441$$

$$Z_{cp4} = (Z_{4\max} + Z_{4\min}) / 2 = (242 + 274) / 2 = 258$$

Диаметры при обработке:

$$D_{(i-1)\max} = D_{i\max} - 2 \times Z_{i\min} \quad (2.8)$$

$$D_{(i-1)\min} = d_{(i-1)\max} - Td_{i-1} \quad (2.9)$$

$$\begin{aligned}
D_{4\min} &= 32,000 \\
D_{4\max} &= 32,025 \\
D_{3\max} &= D_{4\max} - 2 \times Z_{4\min} = 32,025 - 0,484 = 31,58 \\
D_{3\min} &= D_{3\max} - TD_3 = 31,58 - 0,039 = 31,541 \\
D_{TO\max} &= D_{3\max} - 2 \times Z_{3\min} = 30,738 - 0,842 = 30,738 \\
D_{TO\min} &= D_{3\max} - TD_3 = 30,738 - 0,039 = 30,699 \\
D_{2\max} &= D_{TO\max} \times 0,999 = 30,738 \times 0,999 = 30,699 \\
D_{2\min} &= D_{2\max} - TD_2 = 30,699 - 0,25 = 30,449 \\
D_{1\max} &= D_{2\max} - 2 \times Z_{2\min} = 30,449 - 0,326 = 30,123 \\
D_{1\min} &= D_{1\max} - TD_1 = 30,123 - 0,1 = 30,023 \\
D_{0\max} &= D_{1\max} - 2 \times Z_{1\min} = 30,023 - 1,382 = 28,641 \\
D_{0\min} &= D_{0\max} - TD_0 = 28,641 - 0,62 = 28,021
\end{aligned}$$

Средние значения диаметра.

$$D_{icc} = \frac{D_{i\max} + D_{i\min}}{2} \quad (2.10)$$

$$\begin{aligned}
D_{cp0} &= \frac{D_{0\max} + D_{0\min}}{2} = \frac{28,641 + 28,021}{2} = 28,331 \\
D_{cp1} &= \frac{D_{1\max} + D_{1\min}}{2} = \frac{30,123 + 30,023}{2} = 30,073 \\
D_{cp2} &= \frac{D_{2\max} + D_{2\min}}{2} = \frac{30,699 + 30,449}{2} = 30,574 \\
D_{cpTO} &= \frac{D_{TO\max} + D_{TO\min}}{2} = \frac{30,699 + 30,738}{2} = 30,719 \\
D_{cp3} &= \frac{D_{3\max} + D_{3\min}}{2} = \frac{31,51 + 31,58}{2} = 31,561 \\
D_{cp4} &= \frac{D_{4\max} + D_{4\min}}{2} = \frac{32,025 + 32,000}{2} = 32,0125
\end{aligned}$$

Общие припуски:

$$2Z_{\min} = D_{4\max} - D_{0\min} \quad (2.11)$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + TD_0 + TD_4 \quad (2.12)$$

$$2Z_{cp} = \frac{2Z_{\min} + 2Z_{\max}}{2} \quad (2.13)$$

$$2Z_{\min} = 32,025 - 28,021 = 4,004$$

$$2Z_{\max} = 4,004 + 0,62 + 0,025 = 4,649$$

$$2Z_{cp} = 0,5 \times (4,004 + 4,649) = 4,327$$

В таблице представлены 2.2 полученные результаты.

Таблица 2.2 - Припуски и операционные размеры

№	Название перехода	IT	TD	a	Δ	ε	Z_{\min}	Z_{\max}	Z_{cp}	D_{\min}	D_{\max}	D_{cp}
0	Штамповка	14	0,62	0,4	0,28	-	-	-	-	28,021	28,641	28,331
1	Точение	12	0,25	0,2	0,12	0,08	0,069	1,126	0,909	30,023	30,123	30,073
2	Точение	10	0,10	0,01	0,03	0,02	0,163	0,226	0,195	30,490	30,699	30,574
3	ТО	11	0,16	0,25	0,016	-	-	-	-	30,699	30,738	30,719
4	Шлифование	8	0,025	0,15	0,09	0,06	0,421	0,460	0,441	31,541	31,58	31,561
5	Шлифование	8	0,025	0,01	0,03	0,02	0,242	0,274	0,258	32,000	30,025	32,0125

Остальные припуски назначаются по таблицам [6, 9].

Таблица 2.3 - Припуски на обработку

№	Переход	Z_{\min}	Z_{\max}
1	2	3	4
1	1	1,0	1,65
	2	0,3	0,51
	3	0,1	0,22
	4	0,05	0,17
2	1	0,25	0,375
	2	0,05	0,12
	3	0,03	0,10
4	1	1,2	1,85
5	1	1,2	1,85
6	1	1,2	1,85
7	1	1,2	1,85
8	1	1,2	1,85
9	1	1,0	1,575
	2	0,25	0,425
	3	0,1	0,2
	4	0,05	0,15
11	1	0,85	1,5
	2	0,125	0,335
	3	0,125	0,208
	4	0,03	0,068
	5	0,008	0,038
14	1	1,0	1,65
	2	0,3	0,51
	3	0,1	0,22

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4
16	1	1,8	2,375
17	1	1,8	2,375
21	1	1,3	1,95
22	1	1,2	1,825

2.5 Проектирование заготовки

Полученные припуски являются основой для проектирования заготовки.

Основные параметры заготовки определены согласно рекомендациям [11]:

- класс точности Т3;
- группа стали М1;
- степень сложности С2;
- в зависимости от предыдущих значений (Т, М, С) рассчитываем исходный индекс И7.
- штамповочные уклоны: наружные 7° внутренние 10°;
- радиусы скруглений 2 мм;
- допустимые значения остаточного облоя не более 0,5 мм;
- допустимые значения отклонения от плоскостности не более 0,5 мм

2.6 Разработка технологического маршрута

Произведем формирование технологических операций. На данном этапе необходимо учесть тип производства, его характеристики и рекомендации [1, 7]. Важно заметить, что планировать операции следует основываясь на принципе максимальной концентрации переходов. Такое решение позволит максимально сократить время на обработку и повысить ее качество. При этом воспользуемся данными по типовым маршрутам [11, 12, 13].

Таблица 2.4 - Технологический маршрут изготовления

№	№ операции	№ обрабатываемых поверхностей
1	005	6, 7, 8, 9, 11, 14, 16, 17, 18
2	010	1, 4, 21, 22
3	015	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15
4	020	1, 18
5	025	19, 20
6	030	2, 3
7	035	все
8	040	1, 14
9	045	9, 11
10	050	18
11	055	2
12	060	9, 11
13	065	18
14	070	2
15	075	11
16	080	все
17	085	все

2.7 Разработка плана изготовления

Основой для разработки плана изготовления является технологический маршрут. Оформление плана изготовления производится по рекомендациям [7]. План изготовления должен включать в себя следующую основную информацию: оборудование, эскизы обработки, размеры, схемы базирования, технические требования.

Особое внимание следует уделить схемам базирования, т.к. от них зависит не только величина припусков на обработку и точностные характеристики техпроцесса, но и количество технологических операций.

Поэтому при их разработке будем руководствоваться рекомендациями [4, 7, 12].

2.8 Выбор средств технологического оснащения

Данный этап является одним из важнейших при проектировании. От результатов данного этапа зависит во много эффективность проектируемого техпроцесса. На выбор конкретных моделей средств оснащения влияет ряд факторов таких как, тип производства, материал заготовки, начальное состояние поверхностей, выбранные схемы базирования, содержание технологических операций, методы обработки и другие. Выбор будем осуществлять по рекомендациям [1]. Модели средств оснащения назначаем с использованием данных [14, 15, 16, 17, 18, 19, 20]. По результатам выбора оформляем таблицы 2.5, 2.6, 2.7, 2.8.

Таблица 2.5 - Оборудование

Опера ция	Наименование	Поверхности	IT	Оборудование
005	Токарная	6, 7, 8, 9, 11, 14, 16, 17, 18	12	Токарный SAMAT 400 XC
010	Токарная	1, 4, 21, 22	12	Токарный SAMAT 400 XC
015	Токарная	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15	10	Токарный SAMAT 400 XC
020	Токарная	1, 18	10	Токарный SAMAT 400 XC
025	Протяжная	19, 20	9	Протяжной 7Б55
030	Фрезерная	2, 3	10	Вертикальный обрабатывающий центр 500VS
035	Термическая	все		
040	Плоскошлифовальная	1, 14	8	Плоскошлифовальный 3E711-
045	Шлифовальная	9, 11	8	Торцруглошлифовальный 3Т160
050	Внутри-шлифовальная	18	8	Внутришлифовальный 3К227В
055	Плоско-шлифовальная	9, 21	8	Плоскошлифовальный 3E711В1
060	Шлифовальная	9, 11	7	Торцруглошлифовальный 3Т160
065	Внутри-шлифовальная	18	7	Внутришлифовальный 3К227В
070	Плоско-шлифовальная	9, 21	8	Плоскошлифовальный 3E711В1
075	Полировальная	11	7	Полировальный ДШ-99

Таблица 2.6 - Станочные приспособления

Опера ция	Наименование	Установочные элементы	Зажимные элементы	Наименование приспособления
005	Токарная	Торец кулачка	Кулачок	Патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80
010	Токарная	Торец кулачка	Кулачок	Патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80
015	Токарная	Торец оправки	Цанга	Оправка цанговая
020	Токарная	Торец кулачка	Кулачок	Патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80
025	Протяжная	Опора шаровая	Цанга	Опора шаровая
030	Фрезерная	Опора чашечная	Цанга	Патрон цанговый
035	Термическая			
040	Плоскошлифовальная	Плита магнитная	Плита магнитная	Плита магнитная ГОСТ 17519-81
045	Шлифовальная	Торец оправки	Цанга	Оправка цанговая
050	Внутришлифовальная	Опора чашечная	Цанга	Патрон цанговый ГОСТ 2877-80
055	Плоскошлифовальная	Опора чашечная	Цанга	Патрон цанговый ГОСТ 2877-80
060	Шлифовальная	Торец оправки	Цанга	Оправка цанговая
065	Внутришлифовальная	Опора чашечная	Цанга	Патрон цанговый ГОСТ 2877-80
070	Плоскошлифовальная	Опора чашечная	Цанга	Патрон цанговый ГОСТ 2877-80
075	Полировальная	Торец оправки	Цанга	Оправка цанговая

Таблица 2.7 - Режущий инструмент

Операция	Наименование	Материал режущей части	Вид инструмента	Наименование инструмента
1	2	3	4	5
005	Токарная	GC4225 GC4215	Резец контурный, резец расточной	Резец специальный GC4225 "Sandvik"; Резец токарный расточной TNMX 16 04 04-WF GC4215 "Sandvik"
010	Токарная	GC4225 GC4215	Резец контурный,	Резец специальный GC4225 "Sandvik"; Резец расточной TNMX 16 04 04-WF GC4215 "Sandvik"
015	Токарная	GC4215 GC1125	Резец контурный, резец расточной, резец канавочный	Резец специальный GC4215 "Sandvik"; Резец TNMX 16 04 04-WF GC4215 "Sandvik" Резец N123G2-0300-0001-CF GC1125 "Sandvik"
020	Токарная	GC4215	Резец контурный, резец расточной, резец канавочный	Резец специальный GC4215 "Sandvik"; Резец токарный расточной TNMX 16 04 04-WF GC4215 "Sandvik"
025	Протяжная	P6M5	Протяжка шлицевая	Протяжка шлицевая P6M5 ГОСТ 24818-81
030	Фрезерная	GC1640	Фреза концевая, фреза сферическая	Фреза концевая R216.24-10050BCC16P GC1640 "Sandvik"

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5
				Фреза сферическая R216.53-04040RAL40G GC1630 "Sandvik" Фреза сферическая R216.53- 10040RAL18G GC1620 "Sandvik"
035	Термическая			
040	Плоскошлифов альная	Электрокорунд	Круг	Круг 23A46K5V ГОСТ52781-2007
045	Шлифовальная	Электрокорунд	Круг	Круг 23A46K5V ГОСТ52781-2007
050	Внутришлифов альная	Электрокорунд	Круг	Круг 23A46K7V ГОСТ52781-2007
055	Плоскошлифов альная	Электрокорунд	Круг	Круг 23A46K5V ГОСТ52781-2007
060	Шлифовальная	Электрокорунд	Круг	Круг 24A50K6V 30м/с1А ГОСТ52781-2007
065	Внутришлифов альная	Электрокорунд	Круг	Круг шлифовальный 24A50K6V 30м/с1А ГОСТ52781-2007 Круг 24A50K6V 30м/с1А ГОСТ52781-2007
070	Плоскошлифов альная	Электрокорунд	Круг	Круг 24A50K6V 30м/с1А ГОСТ52781-2007

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5
075	Полировальная	Карбид кремния	Лента полировальная	Лента полировальная Р400 ГОСТ 3647-2004

Таблица 2.8 - Средства контроля

Операция	Размер для контроля	IT	Контрольные приспособления
005	Ø60, Ø50, Ø30, Ø32, L=54,5, L=32, L=31, L=11	12	Штангенциркуль ГОСТ 166-89, нутромер ГОСТ10-88
010	Ø70, Ø54, L=54,5, L=45	12	Штангенциркуль ГОСТ166-89, нутромер ГОСТ10-88
015	Ø50, Ø49, Ø47, L=54,5, L=32, L=31, L=3, L=2, L=1, L=0,5	10	Штангенциркуль ГОСТ166-89, нутромер ГОСТ10-88, калибры
020	Ø32, L=54,5, L=58, L=1	10	Штангенциркуль ГОСТ166-89, калибры
025	Ø38, L=8	9	Нутромер ГОСТ10-88, калибры
030	L=47,5, L=12, L=11	10	Штангенциркуль ГОСТ166-89, калибры
040	L=54,5	8	Скоба рычажная ГОСТ11098-75
045	Ø50, L=32,5	8	Скоба рычажная ГОСТ11098-75
050	Ø32	8	Нутромер ГОСТ10-88
055	L=12, L=11	10	Штангенциркуль ГОСТ166-89, калибр
060	Ø50, L=32,5	7	Скоба рычажная ГОСТ11098-75
065	Ø32, L=54,5	7	Нутромер ГОСТ10-88
070	L=12, L=11	10	Штангенциркуль ГОСТ166-89, калибр
075	Ø50	7	Скоба рычажная ГОСТ11098-75

2.9 Проектирование технологических операций

Операции лезвийной механической обработки проектируемого техпроцесса производятся с применением инструмента Sandvik Coromant, который обладает высокой производительностью и стойкостью. Использование в данном случае стандартных методов расчета даст заниженные значения режимов резания и не позволит в достаточной мере повысить эффективность обработки. Поэтому в данном случае для расчета режимов резания применим методику и данные фирмы-изготовителя инструмента [21]. Для шлифовальных операций режимы резания определяем по данным методики [22, 23]:

Норма времени на одну операцию определяем исходя из данных [22, 23] и формулы:

$$T_0 = \frac{L_{PX}}{S_0 \cdot n_D} \quad (2.15)$$

В таблице 2.9 представлены результаты вычислений.

Таблица 2.9 - Режимы резания

№ операции	№ перехода	S_0	V	n	L_{PX}	T_0
1	2	3	4	5	6	7
005	1	0,2	510	2300	56	0,12
	2	0,2	300	2500	52	0,11
010	1	0,2	510	2300	24	0,05
	2	0,2	400	2360	22	0,05
015	1	0,15	470	2500	37	0,1
	2	0,15	300	2500	6	0,02
	3	0,03	200	1350	5	0,12
020	1	0,15	550	2500	10	0,03

Продолжение таблицы 2.9

1	2	3	4	5	6	7
	2	0,15	250	2500	26	0,07
025	1		3		23	0,32
030	1	0,011 мм/зуб	120	7600	252	1,5
	2	0,05 мм/зуб	130	10300	1512	1,47
	3	0,08 мм/зуб	150	12000	1512	0,79
040 А	1	20 мм/ход	30	-	50	0,98
040 Б	1	20 мм/ход	30	-	70	1,2
045	1	0,05	30	200	0,167	0,16
050	1	0,0025	30	150	24	1,1
055	1		25	10 м/мин	180	2,8
060	1	0,005	35	250	0,049	0,42
065	1	0,0015	35	150	24	1,8
	2	0,0010	35	120	12	1,2
070	1		30	2 м/мин	180	8,5
075	1		60	100	23	0,6

3 Проектирование приспособления и режущего инструмента

3.1 Проектирование приспособления

Одной из лимитирующих операций проектируемого технологического процесса является операция по фрезерованию кулачков. Для сокращения времени на изготовление спроектируем механизированное приспособление. Это сократит вспомогательное время. При этом следует учесть схему базирования на операции, которая представлена на рисунке 3.1.

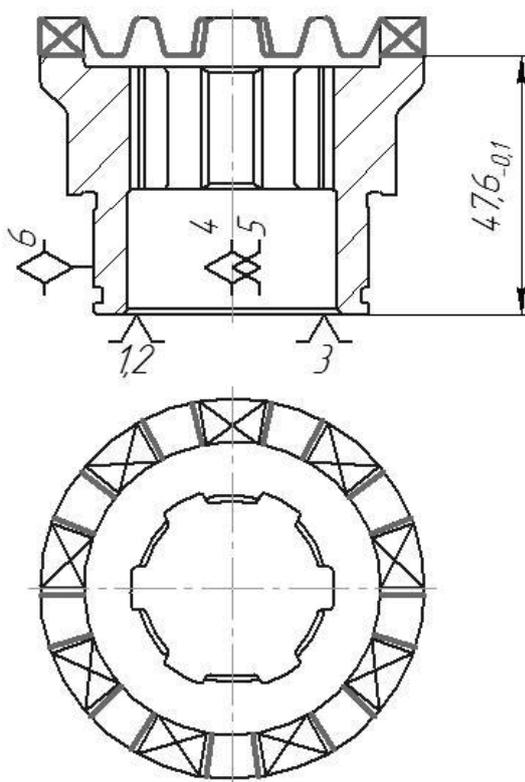


Рисунок 3.1 – Эскиз операции

Расчеты будем производить для наиболее нагруженного перехода – черного фрезерования кулачков.

Режущий инструмент – фреза концевая $\varnothing 5$ R216.24-10050BCC16P GC1640 «Sandvik».

Металлорежущий станок: вертикальный обрабатывающий центр 500VS.

Расчет произведем по методике [24, 25, 26].

При фрезеровании главная сила, которая действует на заготовку - окружная сила.

Окружная сила:

$$P_z = \frac{10C_p t^x S_z^y B^n z}{D^q n^w} K_{MP} \quad (3.1)$$

где C_p , x , y , n , K_{MP} – коэффициенты и показатели, которые учитывают реальные условия обработки.

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^n \quad (3.2)$$

Тогда получим:

$$K_{MP} = \left(\frac{650}{750} \right)^{0,3} = 0,96 \cdot$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 9,39^{0,85} \cdot 0,011^{0,75} 5^{0,3} \cdot 2}{5^{0,73} 7600^{-0,13}} \cdot 0,96 = 89,46 \text{ Н.}$$

Расчет усилия зажима выполняется исходя из условия равновесия моментов закрепления и резания.

Момент от силы зажима:

$$M_{3pz} = \frac{2T_1 \cdot d_3}{2} = \frac{2W'f \cdot d_3}{2} \quad (3.3)$$

где T_1 – сила, препятствующая провороту заготовки от силы P_z ;

W' – сила зажима;

f – радиальный зазор между цангой и заготовкой;

d_3 – зажимаемый диаметр заготовки.

$$W' = \frac{KP_z \cdot d_o}{2fd_3} \quad (3.4)$$

$$W' = \frac{2,5 \cdot 89,46 \cdot 70}{2 \cdot 0,2 \cdot 50} = 783 \text{ Н.}$$

Усилие необходимое на силовом приводе:

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad (3.5)$$

где Q_1 – сила на сжатие лепестков до заготовки:

$$Q_1 = R \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \quad (3.6)$$

где R – сила, сжатия лепестков:

$$R = \frac{3E \cdot J \cdot f_z}{l_3}, \quad (3.7)$$

где J - момент инерции:

$$J = \frac{d_{ц0}^3 \cdot h}{8} \left(\alpha_1 + \sin \alpha \cdot \cos \alpha_{11} - \frac{2 \sin^2 \alpha_1}{\alpha_1} \right) \quad (3.8)$$

где Z - число лепестков цанги;

$d_{ц0}$ - наружный диаметр поверхности лепестка;

h - толщина лепестка;

α_1 - угол цанги;

$l_3 = 17$

$$J = \frac{63^3 \cdot 3}{8} \left(0,26 + \sin 15 \cdot \cos 15 - \frac{2 \sin^2 15}{0,26} \right) = 1,8$$

$$R = \frac{3 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 1,8 \cdot 0,2 \cdot 3}{17} = 33437H$$

$$Q_1 = 33437 \cdot \operatorname{tg}(5 + 6,59) = 13232H$$

Q_2 – сила, необходимая для создания усилия зажима заготовки:

$$Q_2 = W \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \quad (3.9)$$

$$Q_2 = 783 \cdot \operatorname{tg}(5 + 6,59) = 309 \text{ Н.}$$

$$Q = 13232 + 309 = 13541 \text{ Н.}$$

Учитывая незначительные усилия на штоке примем пневматический силовой привод.

Диаметр поршня привода:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2} \quad (3.10)$$

где P - давление рабочей среды;

d – диаметр штока.

Для гидроцилиндра получим:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 13541}{6,0} + 12^2} = 78 \text{ мм.}$$

Время срабатывания гидроцилиндра равно [24]:

$$\tau = \frac{G}{S_K V} \quad (3.11)$$

где G - объем полости гидроцилиндра при заданной длине хода определяемый:

$$G = 0,785 D^2 S_0 = 0,785 \cdot 4^2 \cdot 1 = 12,56 \text{ см}^3$$

S_K - площадь сечения канала, по которому подводится масло. Примем присоединение шлангов с отверстием К3/4", $d_0 = 10$ мм,

$$S_K = 0,785 \cdot 1,0^2 = 0,785 \text{ см}^2.$$

V - скорость перемещения жидкости в трубопроводе, которая составляет 40 см/с.

$$\tau = \frac{12,56}{0,785 \cdot 40} = 0,4 \text{ с.}$$

Время мало и наличие приспособления не приведет к снижению производительности.

Погрешность приспособления определяется исходя из схемы погрешностей представленной на рисунке 3.2.

$$\varepsilon_y = \frac{\omega \cdot A_\Delta}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2} \quad (3.12)$$

где Δ_1, Δ_2 - колебания зазоров в сопряжениях;

Δ_3 – погрешность размера A_3

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,041^2 + 0,048^2 + 0,01^2} = 0,015 \text{ мм.}$$

Допускаемая погрешность приспособления составляет

$$\varepsilon_y^{don} = 0,3Td = 0,3 \cdot 0,07 = 0,021 \text{ мм.}$$

Условие $\varepsilon_y \leq \varepsilon_y^{don}$ выполняется.

Патрон удовлетворяет заданной точности.

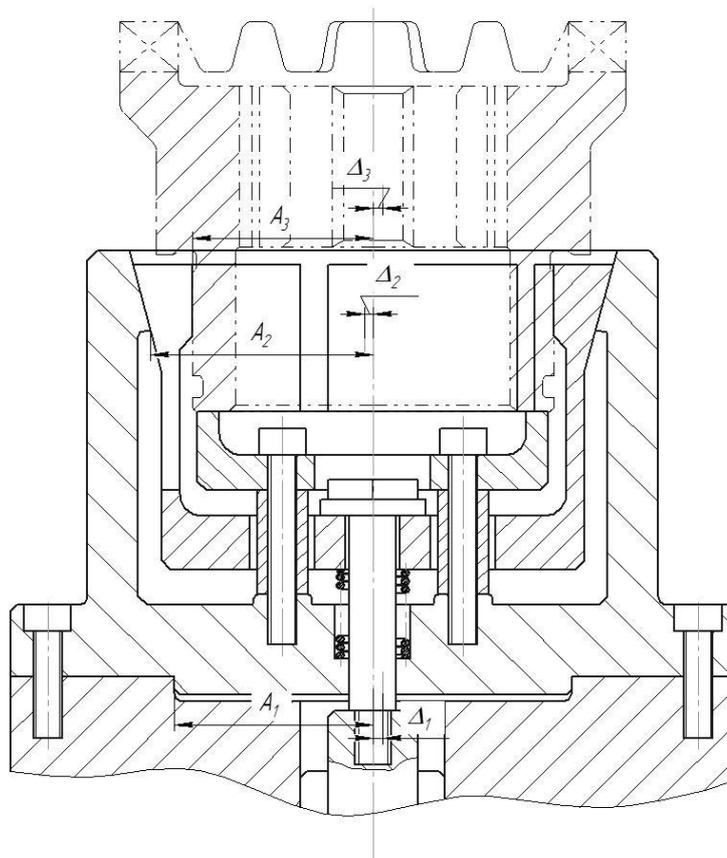


Рисунок 3.2 - Схема погрешностей

3.2 Проектирование режущего инструмента

Переход контурного точения достаточно трудоемкий, поэтому для его выполнения предлагается применить режущую пластину фирмы "Sandvik", что позволит применять более интенсивные режимы резания и увеличит стойкость инструмента. Проектирование будем производить по методике и данным [27].

Исходя из материала детали и параметров точности, выбираем в качестве материала режущей пластины твердый сплав TNMX 16 04 04-WF GC4225 "Sandvik".

Обеспечение параметров шероховатости поверхности во многом зависит от главного угла в плане. В нашем случае принимаем главный угол в плане $\varphi = 91^\circ$.

Для определения конструктивных параметров державки резца необходимо определить площадь сечения срезаемой стружки:

$$F = t \cdot S \quad (3.13)$$

$$F = t \cdot S = 2,0 \cdot 0,6 = 1,2 \text{ мм}^2.$$

Имея данные по площади сечения стружки, и зная модель технологического оборудования, определяем конструктивные параметры резца, которые представлены на рабочем чертеже инструмента.

Для крепления режущей пластины к державке будем использовать штифт, выполненный из оксидированной стали 45. Необходимо определить диаметр штифта. Для этого используем формулу:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \sigma_0}} \quad (3.14)$$

Величину Q_1 находим из соотношения:

$$P_{z\max} = 0,7 \cdot Q_1 \quad (3.15)$$

Получим:

$$Q_1 = \frac{P_{z\max}}{0,7} \quad (3.16)$$

$$Q_1 = \frac{164}{0,7} = 235 \text{ Н.}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \sigma_\phi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 235}{3,14 \cdot 650}} = 2,13 \text{ мм.}$$

Диаметр штифта принимаем с запасом равным 3 мм.

Остальные размеры элементов конструкции резца представлены на его рабочем чертеже и приняты в с данными [27].

Для увеличения надежности крепления пластины и обеспечения быстрой ее смены в конструкции резца применен клиновидный винт, который при вкручивании расклинивает выполненную в виде тонких стенок часть державки. За счет этого происходит поджатие режущей пластины к штифту и она оказывается надежно закрепленной на державке. При вывинчивании винта стенки специальной части державки возвращаются в исходное положение и пластина освобождается. Такая система крепления отличается простотой, надежностью и высокой скоростью замены режущей пластины. Более подробно конструкция данного технического решения представлена на рабочем чертеже инструмента.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Паспорт технического объекта

Таблица 4.1 - Паспорт технического объекта

№ п/п	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
1	Точение	Токарная операция	Оператор станков с числовым управлением	Токарный станок NL634S с системой программного управления	Сталь 20Х смазочно-охлаждающая жидкость
2	Фрезерование	Фрезерная операция	Оператор станков с числовым управлением	Вертикальный обрабатывающий центр 500VS	Сталь 20Х смазочно-охлаждающая жидкость

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 4.2 – 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
1	2	3
Токарная	Высокая температура поверхности оборудования и материалов, движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; высокий уровень шума	Заготовка детали, металлорежущий инструмент, токарный станок NL634S с системой программного управления
Фрезерная	Высокая температура поверхности оборудования и материалов, движущиеся машины	Заготовка детали, металлорежущий инструмент, вертикальный обрабатывающий центр 500VS

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3
	и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; высокий уровень шума	

4.3 Средства обеспечения снижения профессиональных рисков

Таблица 4.3 – Мероприятия направленные на снижение уровня опасных и вредных производственных факторов

№ п/п	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
1	2	3	4
1	Повышенная температура поверхностей	Регламентированная процедура по	Краги брезентовые с

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4
	оборудования, материалов	обучению по охране труда	двойным наладонником, перчатки «Ангара»
2	Движущиеся машины и механизмы	Регламентированная процедура по обучению по охране труда	Очки защитные «ОП-ТЕМА»
3	Подвижные части производственного оборудования	Регламентированная процедура по обучению по охране труда	Очки защитные «ОП-ТЕМА»
4	Высокий шум на рабочем месте	Антишумовая обработка участка обработки	Беруши «Лазер Лайт»

4.4 Пожарная и техногенная безопасность технического объекта

Таблица 4.4 – Определение характеристик пожара

№ п/п	Производственный участок и/или производственное подразделение	Используемое оборудование	Номер пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие проявляющиеся факторы при пожаре
1	Участок механической обработки	Токарный станок NL634S с системой программного управления Вертикальный обрабатывающий центр 500VS	Пожары категории В, воспламенение и горение веществ в жидком состоянии и твердых веществ способных плавиться	Неисправность электропроводки; пламя и искры; возгорание промасленной ветоши	Попадание высокого напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества

Таблица 4.5 – Выбор средства пожаротушения

Средства первичного пожаротушения	Средства мобильного пожаротушения	Установки стационарного пожаротушения и/или пожаротушащие системы	Средства автоматической для 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 приемно-контрольные	Разветвления для рукавов, рукава пожарные высокого давления	Респираторы, пожарные веревки и карабины противодымные	Лопаты, багры, ломы, топоры	Автоматические извещатели

Таблица 4.6 – Средства обеспечения пожарной безопасности

<p>Название техпроцесса, применяемого оборудования, которое входит в состав технического объекта</p>	<p>Вид предлагаемых к реализации организационных и/или организационно-технических мероприятий</p>	<p>Нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, а также реализуемые эффекты</p>
<p>Точение</p>	<p>Хранение ветоши в негорючих ящиках Применение плавких предохранителей или автоматов в электроустановках станков</p>	<p>Использование пожарной сигнализации и пожарных извещателей, противопожарные инструктажи в соответствии с графиком, обеспечение средствами пожаротушения, обеспечение безопасности проведения огневых работ</p>
<p>Фрезерование</p>	<p>Хранение ветоши в негорючих ящиках Применение плавких предохранителей или автоматов в электроустановках станков</p>	<p>Использование пожарной сигнализации и пожарных извещателей, противопожарные инструктажи в соответствии с графиком, обеспечение средствами пожаротушения, обеспечение безопасности проведения огневых работ</p>

4.5 Определение экологически опасных факторов объекта

Таблица 4.7 – Определение экологически опасных факторов объекта

Название технического объекта и/или производствен ного техпроцесса	Структурные элементы технического объекта и/или производственн ого техпроцесса (производственн ого сооружения или производственн ого здания по функциональному назначению, операций техпроцесса, технического оборудования), а также энергетической установки, транспорта и т.п.	Экологическ ое негативное воздействие рассматривае мого технического объекта на атмосферу (опасные и вредные выбросы в воздух)	Экологическое негативное воздействие рассматриваемог о 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.)
1	2	3	4	5
Точение, Сверление отверстий, фрезерова ние, развертыв ание	Токарный станок NL634S с системой программного управления Вертикальный обрабатывающ ий центр 500VS	Пыль металличес кая	Взвешенные вещества и нефтепродукт ы	Основная часть отходов должна храниться в металлических контейнерах, вывоз бытовых и промышленных

Продолжение таблицы 4.7

1	2	3	4	5
				отходов должен производиться своевременно

Таблица 4.8 – Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационные и технические мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

1	2
Название технического объекта	Точение, Фрезерование
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Применение пылеуловителей
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Применение песковых площадок, биологических фильтров, флотационных установок, отстойников
Предлагаемые мероприятия для	Разработка регламентированных процедур по обращению с отходами

Продолжение таблицы 4.8

1	2
снижения негативного антропогенного воздействия на литосферу	

4.6 Выводы по результатам выполнения раздела

В данном разделе рассмотрены вопросы по обеспечению соответствия технологического процесса нормам безопасности труда, пожарной безопасности, экологической безопасности.

5 Экономическая эффективность работы

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта, определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений.

В процессе написания выпускной квалификационной работы было предложено совершенствование исходного технологического процесса изготовления детали «кулачковая полумуфта токарного станка СУ630». Чтобы сделать заключение об эффективности предложенного изменения необходимо проанализировать сравниваемые параметры вариантов технологического процесса. Основные отличительные особенности исходных и предлагаемых изменений по операциям «010 Токарная» и «030 Фрезерная», представлены в таблицы 5.1.

Таблица 5.1 – Отличительные особенности сравниваемых вариантов технологических процессов изготовления детали

Базовый вариант	Проектируемый вариант
Операция 010 – Токарная	
<p><u>Оборудование</u> – токарно-винторезный станок с ЧПУ, модель 16K20Ф3.</p> <p><u>Оснастка</u> – 3-х кулачковый патрон ГОСТ 2675-80.</p> <p><u>Инструменты:</u> резец токарный контурный, T5K10; резец расточной, T5K10.</p> <p>$T_O = 0,58 \text{ мин}; T_{ШТ-К} = 1,38 \text{ мин}$</p>	<p><u>Оборудование</u> – токарный станок с ЧПУ SAMAT 400XC.</p> <p><u>Оснастка</u> – 3-хкулачковый патрон ГОСТ 2675-80.</p> <p><u>Инструмент</u> – резец контурный специальный, GC4225 «Sandvik»; резец расточной TNMX160404WF, GC4225 «Sandvik».</p> <p>$T_O = 0,23 \text{ мин}; T_{ШТ-К} = 0,93 \text{ мин}$</p>
Операция 030 – Фрезерная	
<p><u>Оборудование</u> – фрезерный станок с ЧПУ, модель 6550Ф3.</p> <p><u>Оснастка</u> – патрон цанговый с ручным зажимом.</p> <p><u>Инструмент</u> – фреза концевая Ø10 мм, P6M5.</p> <p>$T_O = 4,85 \text{ мин}; T_{ШТ-К} = 5,74 \text{ мин}$</p>	<p><u>Оборудование</u> – обрабатывающий центр с ЧПУ, модель 500Н.</p> <p><u>Оснастка</u> – патрон цанговый механизированный.</p> <p><u>Инструмент</u> – фреза концевая GC1640 «Sandvik».</p> <p>$T_O = 3,76 \text{ мин}; T_{ШТ-К} = 4,56 \text{ мин}$</p>

Описанные, в таблице 5.1, условия являются исходной информацией для проведения экономических расчетов с целью обоснованности внедрения предложенных изменений.

Для проведения полноценной экономической оценки эффективности предложенного совершенствования, необходимы также знание следующих величин:

- программы выпуска изделия, которая, согласно заданию ВКР, составляет 5000 шт.;

- массы детали и заготовки, а также марку материала, применяемого при изготовлении данной детали, но если предлагаемые изменения не касались способа получения заготовки и используемого материала для детали, то данными значениями можно пренебречь;

- стоимостные, эксплуатационные и размерные характеристики оборудования, оснастки и инструмента, так как данные величины напрямую оказывают влияние на итоговые результаты расчета;

- нормативные и тарифные значения расходных параметров, таких как вода, электроэнергия, сжатый воздух и т.д.;

- часовые тарифные ставки основных рабочих, занятых на выполнении анализируемой операции.

Используя описанные значения, пакет программного обеспечения Microsoft Excel, и соответствующую методику расчета технологической себестоимости и составления калькуляции полной себестоимости [28], сначала определяем значения технологической себестоимости выполнения «операции 010 – Токарная» и « операции 030 – Фрезерная». По исходному варианту технологического процесса она составляет 33,59 руб., а по проектируемому – 25,38 руб. Полученные значения используются, как исходные данные, для определения полной себестоимости выполнения анализируемой операции. Для наглядности, структуру технологической себестоимости и ее значение, а также размер полной себестоимости представим в виде диаграммы на рисунке 5.1.

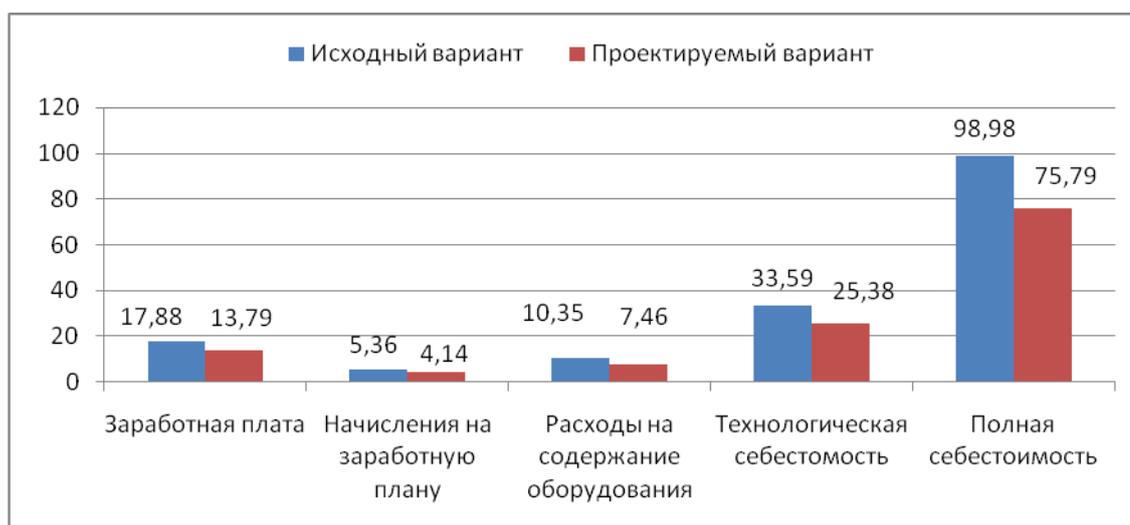


Рисунок 5.1 – Структура технологической себестоимости, величина технологической и полной себестоимости, руб.

Анализируя представленную диаграмму, можно сделать вывод о том, что все параметры имеют тенденцию к снижению. Это следует воспринимать, как положительные изменения, которые могут привести к эффективности рассматриваемого процесса производства.

Несмотря на снижение величины полной себестоимости, говорить об экономической целесообразности предлагаемых изменений пока рано. Так как, на этом этапе еще не определена величина капитальных вложений, необходимых для внедрения совершенствований и не известен срок окупаемости данных инвестиций.

Учитывая основные отличия проектируемого технологического процесса, и применяя методику расчета капитальных вложений [28], определим размер необходимых инвестиций. Данная величина составила 314538,22 руб. и учитывает весь комплекс совершенствований по выполнению анализируемых операций «010 – Токарной и 030 – Фрезерной».

Чтобы окончательно удостовериться в целесообразности, предлагаемых изменений, выполним экономические расчеты по определению эффективности внедрения. Согласно методике расчета [28], применяемой в данных случаях, рассчитаем необходимые величины (чистая прибыль, срок окупаемости, общий дисконтируемый доход и интегральный экономический эффект), на базе

которых и будут сделаны соответствующие выводы. Все значения, полученные, при использовании описанной методики, представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Результаты показателей эффективности внедрения предложений

№	Наименование показателей	Условное обозначение, единица измерения	Значение показателей
1	Чистая прибыль	$P_{\text{чист}} \text{ руб.}$	92760
2	Срок окупаемости инвестиций	$T_{\text{ок}} \text{ лет}$	4
3	Общий дисконтированный доход	$D_{\text{общдиск}} \text{ руб.}$	351560,4
4	Интегральный экономический эффект	$E_{\text{инт}} = \text{ЧДД}, \text{ руб.}$	37022,18
5	Индекс доходности	$ИД, \text{ руб.}$	1,12

Анализируя данные, представленные в таблице 5.2, можно сделать вывод о том, что внедрение предложенных изменений в технологический процесс будет эффективным. Такое заключение позволяет делать ряд представленных величин, а именно:

- положительная величина интегрального экономического эффекта – 37022,18 руб.;
- оптимальное значение срока окупаемости для машиностроительного предприятия – 4 года;
- и наконец, индекс доходности (ИД), который составляет 1,12 руб./руб.

Все вышеперечисленные значения свидетельствуют о целесообразности использования описанных совершенствований, которые касаются операций 010 и 030 технологического процесса изготовления детали «кулачковая полумуфта токарного станка СУ630».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основными результатами выполнения данной работы стали:

- разработана заготовка, выбор которой обоснован технологически;
- сделаны расчеты припусков, режимов резания;
- разработан технологический процесс изготовления, базирующийся на перспективных достижениях в области методов обработки;
- применен прогрессивный режущий инструмент;
- спроектировано станочное приспособление;
- проанализирован техпроцесс на предмет безопасности его выполнения и обеспечения экологических показателей;
- определены экономические показатели.

Из этого можно сделать вывод о том, что спроектированный технологический процесс отвечает всем требованиям, предъявленным к нему в процессе формулировки цели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Иванов, А.С. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие / А.С. Иванов, П.А. Давыденко, Н.П. Шамов. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 276 с.
2. www.metallischekiy-portal.ru
3. Базров, Б.М. Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М.: Машиностроение, 2007. — 736 с.
4. Основы технологии машиностроения [Электронный ресурс] : учебник / В. В. Клепиков [и др.]. - Москва : ИНФРА-М, 2017. - 295 с.
5. Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2-е изд., доп. и пер.ера. СПб: Политехника, 2007 – 380с.
6. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2-е изд. Высш. шк. 2007 г.
7. Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с.
8. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 910 с.
9. Харламов, Г.А. Припуски на механическую обработку: справочник. [Электронный ресурс] / Г.А. Харламов, А.С. Тарапанов. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2013. — 256 с.
10. Клименков, С.С. Проектирование заготовок в машиностроении. Практикум. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Минск : Новое знание,

2013. — 269 с.

11. Лебедев, В. А. Технология машиностроения : Проектирование технологий изготовления изделий : учеб. пособие для вузов / В. А. Лебедев, М. А. Тамаркин, Д. П. Гепта. - Гриф УМО. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. - 361 с.

12. Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов / под ред. М. Ф. Пашкевича. - Минск : Новое знание, 2008. - 477 с.

13. Маталин А. А. Технология машиностроения : учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. 151001 напр. "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроит. производств" / А. А. Маталин. - Изд. 3-е, стер. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2010. - 512 с.

14. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 941 с.

15. Григорьев, С.Н. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ: Справочник. [Электронный ресурс] / С.Н. Григорьев, М.В. Кохомский, А.Р. Маслов. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2006. — 544 с.

16. Справочник конструктора-инструментальщика / В. И. Баранчиков [и др.] ; под общ. ред. В. А. Гречишникова, С. В. Кирсанова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2006. - 541 с.

17. Сибикин, М.Ю. Современное металлообрабатывающее оборудование: справочник. [Электронный ресурс] / М.Ю. Сибикин, В.В. Непомилуев, А.Н. Семенов, М.В. Тимофеев. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2013. — 308 с.

18. Мещерякова, В. Б. Металлорежущие станки с ЧПУ [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Б. Мещерякова, В. С. Стародубов. - Москва : ИНФРА-М, 2017. - 336 с.

19. Сергель, Н.Н. Технологическое оборудование машиностроительных предприятий [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н. Н. Сергель. - Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2013. - 732 с.

20. Болтон, У. Карманный справочник инженера-метролога. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : ДМК Пресс, 2010. — 380 с.

21. [www. sandvik-coromant.ru](http://www.sandvik-coromant.ru)

22. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов : справочник / под общ. ред. В. И. Баранчикова. - Москва : Машиностроение, 1990. - 399 с.

23. Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтопром, 1995. - 456 с.

24. Тарабарин, О.И. Проектирование технологической оснастки в машиностроении. [Электронный ресурс] / О.И. Тарабарин, А.П. Абызов, В.Б. Ступко. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2013. — 304 с.

25. Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 1 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 592 с.

26. Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 2 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 655 с.

27. Артамонов, Е.В. Проектирование и эксплуатация сборных инструментов с сменными твердосплавными пластинами [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.В. Артамонов, Т.Е. Помигалова, М.Х. Утешев. - Электрон. дан. - Тюмень : ТюмГНГУ, 2013.

28. Зубкова, Н.В. Учебно-методическое пособие по выполнению экономического раздела дипломного проекта для студентов, обучающихся по специальности 151001 «Технология машиностроения». Тольятти: ТГУ, 2012. — 123 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Спецификации к сборочным чертежам

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			17.07.ТМ.089.010.000.СБ	Сборочный чертеж		
<i>Детали</i>						
A4	1		17.07.ТМ.089.010.001	Державка	1	
A4	2		17.07.ТМ.089.010.002	Винт нажимной	1	
A4	3		17.07.ТМ.089.010.003	Пластина опорная	1	
A4	4		17.07.ТМ.089.010.004	Режущая пластина	1	
A4	5		17.07.ТМ.089.010.005	Штифт	1	
17.07.ТМ.089.010.000						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Сорокин				Лит.	Лист
Проб.	Козлов				Д	1
Н.контр.	Виткалов				ТГУ, ТМдз-1233	
Утв.	Логинов					

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Маршрутные карты

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тлоз
Б	Код, наименование оборудования														
Т 19	392133 Резец расточной ТМХ160404-WF GC4215 "Sandvik", 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.														
20															
А 21	XX XX XX 015 4110 Токарная														
Б 22	381101 Токарный САМАТ400ХС 3 18217 422 1Р 1 1 1 1200 1											0,94			
0 23	Точить последовательно поверхность и торцы: 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 в размеры $\phi 50,326_{0,3}$, $\phi 47_{0,4}$.														
0 24	3165 _{0,25} , 328 _{0,4} , 5265 _{0,12} , 54,75 _{0,12} , 3 _{0,4} , 1 _{0,4} X45°.														
Т 25	396171 Оправка цанговая; 392101 Резец контурный специальный GC4215 "Sandvik"; 392133 Резец														
Т 26	расточной ТМХ160404-WF GC4215 "Sandvik"; 392115 Резец канавочный M123G2-0300-0001-CF GC1125														
Т 27	"Sandvik"; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80; 394253 Диаметр НМ-50 ГОСТ 10-88.														
28															
А 29	XX XX XX 020 4110 Токарная														
Б 30	381101 Токарный САМАТ400ХС 3 18217 422 1Р 1 1 1 1200 1											0,8			
0 31	Точить последовательно поверхность и торцы 1, 18 в размеры $\phi 30,49_{\pm 0,1}$, $54,75_{0,12}$; $45,6_{0,1}$.														
Т 32	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80; 392101 Резец контурный специальный GC4215 "Sandvik";														
Т 33	392133 Резец расточной ТМХ160404-WF GC4215 "Sandvik", 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.														
34															
А 35	XX XX XX 025 4180 Протяжная														
Б 36	381751 Горизонтально-протяжной 7555 3 16458 422 1Р 1 1 1 1200 1											1,12			
0 37	Протянуть поверхность 19, 20 в размер $\phi 38_{\pm 0,1}$, $8_{\pm 0,056}$.														
Т 38	396171 Опора шаровая; 392302 Протяжка шлицевая Р6М5 ГОСТ 24818-81; 393400 Калибры.														
39															
А 40	XX XX XX 030 4262 Фрезерная														
Б 41	381631 Обрабатывающий центр 500VS 3 18632 422 1Р 1 1 1 1200 1											4,56			
МК															

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Операционные карты

Дубл.	Взам.	Подп.										
Разраб.	Проверил	Н.контр.	<i>Полумуфта</i>									
Наименование операции			Материал	Твердость	EB	MD	Профиль и размеры			M3	КОМД	
<i>Фрезерная</i>			<i>Сталь 20Х ГОСТ 4543-71</i>	<i>HВ 210</i>	<i>166</i>	<i>0,59</i>	<i>φ72x57,3</i>			<i>0,95</i>	<i>1</i>	
Оборудование, устройство ЧПУ			Обозначение программы		Ta	Tb	Tpa	Tшт	СОЖ			
<i>Обрабатывающий центр 500VS</i>					<i>3,76</i>			<i>4,56</i>	<i>Ужидол-1</i>			
			ПК		0 или в	L	↑	↓	п	п	V	
<i>01</i>	<i>1. Установить заготовку</i>											
<i>T 02</i>	<i>396171 Патрон цанговый; 391801 Фреза канцевая R216.24-10050BCC16P GC1640Sandvik; 391801 Фреза сферическая R216.53-0404ORAL40G GC1630Sandvik; 391801 Фреза сферическая R216.53-1004ORAL40G GC1620 Sandvik.</i>											
<i>0 03</i>	<i>2. Фрезеровать поверхность 2, 3 выдерживая размеры согласно эскиза.</i>											
<i>P 04</i>		<i>1</i>					<i>9,39</i>		<i>0,011</i>	<i>7600</i>	<i>120</i>	
<i>P 05</i>		<i>2</i>					<i>0,15</i>		<i>0,05</i>	<i>10300</i>	<i>130</i>	
<i>P 06</i>		<i>3</i>					<i>0,1</i>		<i>0,08</i>	<i>12000</i>	<i>150</i>	
<i>07</i>	<i>3. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.</i>											
<i>10</i>												