

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
(наименование кафедры)

на тему: Технологический процесс изготовления вала ротора электродвигателя

Допустить к защите

(личная подпись) Н.Ю. Логинов

« » _____ 2017 г.

Тольятти 2017

АННОТАЦИЯ

Технологический процесс изготовления вала ротора электродвигателя.
Кафедра: Оборудование и технологии машиностроительного производства.
ТГУ Тольятти, 2017 г.

Проектирование техпроцесса изготовления вала ротора электродвигателя включает ряд мероприятий: описываются исходные данные, на основании чего ставятся задачи работы; определяется тип производства; производится выбор заготовки, технологических баз, методов обработки; проектируется маршрутно-операционная технология; для лимитирующих операций проектируются специальные средства оснащения. Экономические расчеты показали эффективность спроектированного технологического процесса.

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 Задачи работы.....	9
2 Технологическая часть работы.....	10
2.1 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	10
2.2 Выбор метода получения заготовки.....	10
2.3 Выбор методов обработки поверхностей.....	12
2.4 Определение припусков и проектирование заготовки.....	14
2.5 Разработка технологического маршрута.....	17
2.6 Выбор средств технологического оснащения.....	19
2.7 Проектирование технологических операций.....	27
3 Проектирование приспособления и режущего инструмента.....	30
3.1 Проектирование приспособления	30
3.2 Проектирование режущего инструмента.....	34
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	37
5 Экономическая эффективность работы.....	47
Заключение.....	51
Список использованных источников.....	52
Приложения.....	55

ВВЕДЕНИЕ

В конструкции современных машин и механизмов в качестве силовых установок широкое распространение получили электродвигатели.

Условия эксплуатации электродвигателей могут существенно отличаться в зависимости от механизма, на который он установлен, климатических зон и времен года, поэтому к деталям входящим в их состав предъявляются особые требования по точности и износостойкости.

Вал ротора является одной из важнейших деталей, от его работоспособности напрямую зависит работа и работоспособность всего электродвигателя и механизма в целом.

Из всего вышесказанного можно сформулировать следующую цель работы: спроектировать технологический процесс, который позволял бы произвести заданное количество деталей в заданные сроки при наилучших показателях экономической эффективности.

1 Описание исходных данных

1.1 Описание служебного назначения и условий работы детали

Вал ротора предназначен для размещения обмотки и передачи крутящего момента фланцу, установленному на шлицы.

Деталь имеет ступенчатую конфигурацию, имеются пазы под обмотку и шлицы для передачи крутящего момента. Деталь устанавливается в подшипниках. Работает в закрытом корпусе. Условия эксплуатации могут быть различными и зависят от конкретных условий эксплуатации привода.

1.2 Описание технологичности детали

Технологичность детали оценивается по группе критериев согласно рекомендациям [1].

Вал ротора изготавливается из стали 18ХГТ ГОСТ 4543-71, которая имеет следующий химический состав [2]: углерода 0,17-0,23%, хрома 1,0-1,3%, марганца 0,8-1,1%, титана 0,03-0,09%, кремния 0,17-0,37%, никеля 0,3%, до 0,3% меди, до 0,035% серы и фосфора. $\sigma_B = 980$ МПа.

Заготовку целесообразнее всего получать методами штамповки, исходя из формы, марки материала и габаритов детали.

Анализ конструкции детали позволяет сделать следующие выводы о технологичности общей конфигурации детали. Деталь имеет достаточно простую конфигурацию – имеются ступени, убывающие по диаметру детали, что облегчает обработку с одного станка. Механическая обработка цилиндрических поверхностей не вызывает затруднений. Форма детали позволяет одновременно вести обработку нескольких поверхностей – шейки и торца. В связи с тем, что все элементы унифицированы, а размеры соответствуют нормальному ряду чисел, то не требуется применение специального инструмента и контрольно-измерительных приборов.

Черновыми базами могут быть наружная поверхность и торец. В дальнейшем за базы могут быть приняты цилиндрические поверхности и торцы, а также искусственные технологические базы – центровые отверстия.

На операциях механической обработки необходимо обработать все поверхности детали, что обусловлено их точностью и шероховатостью.

Точность и шероховатость цилиндрических поверхностей детали, торцов, отверстий определяются условиями работы. Уменьшение точности этих поверхностей приведет к снижению точности сборки узла и ухудшению его эксплуатационных показателей. Увеличение шероховатости и уменьшение точности рабочих поверхностей приведет к их интенсивному изнашиванию.

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).

К основным конструкторским базам относятся поверхности - 8, 16, 17; к вспомогательным конструкторским базам относятся поверхности - 11, 12, 13; к исполнительным поверхностям относятся - 5; - все оставшиеся поверхности являются свободными.

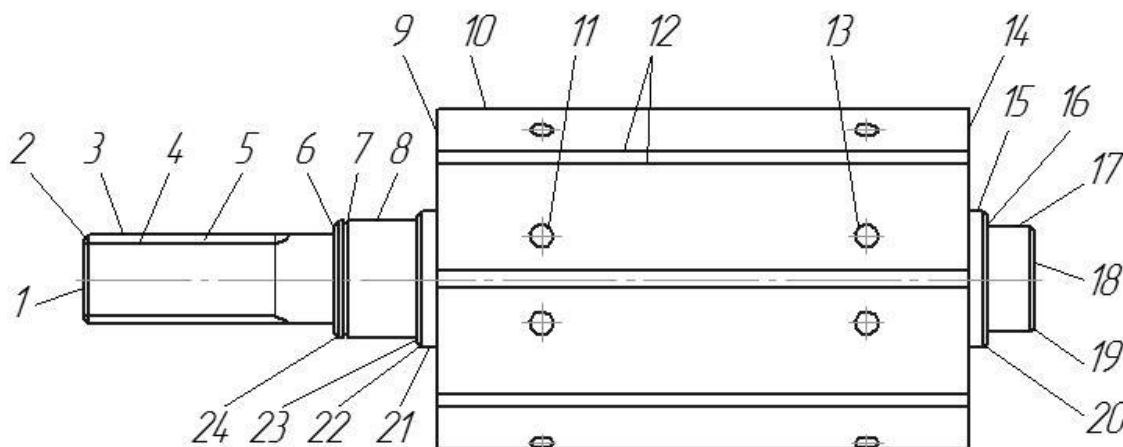


Рисунок 1.1 – Номера поверхностей

Исходя из проведенного анализа можно сказать, что наиболее ответственными поверхностями будут шейки под подшипники, поверхность под обмотку и боковые поверхности шлиц. При этом следует отметить, что количество точных поверхностей незначительно, что уменьшает объем

дорогостоящей чистовой обработки.

Проведенное описание технологичности детали показало, что ее можно считать технологичной и применять стандартные методы обработки.

1.3 Задачи работы

На основе проведенного описания и, исходя из цели работы, можно сформулировать следующие ее задачи:

- выбрать метод получения заготовки, рассчитать припуск и спроектировать заготовку;
- спроектировать маршрутно-операционный технологический процесс изготовления детали;
- выбрать средства технологического оснащения соответствующие типу производства;
- спроектировать технологические операции;
- разработать станочное приспособление и режущий инструмент для модернизации типового техпроцесса;
- оценить безопасность и экологичность техпроцесса;
- определить экономический эффект от предложенных мероприятий.

2 Технологическая часть работы

2.1 Выбор стратегии разработки техпроцесса

Стратегия разработки техпроцесса зависит от типа производства, в котором происходит изготовление детали

На начальной стадии проектирования для определения типа производства можно воспользоваться упрощенной методикой [4]. Годовая программа в 5500 деталей в год и масса детали 12,99 кг соответствуют среднесерийному типу.

Определяем основные характеристики стратегии проектирования техпроцесса [5]:

- 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 Выбор метода получения заготовки

Заготовки детали данного типа целесообразно получать методами штамповки в открытых штампах или штамповки на горизонтально-ковочной машине. На выбор метода влияет большая группа факторов таких как, тип

производства, материал детали и ее конфигурация и т.д. Выбор оптимального варианта получения заготовки произведем согласно рекомендациям [1, 6]:

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

где $C_{ЗАГ}$ - цена одного кг заготовок;

$C_{МЕХ}$ - цена механической обработки;

$C_{ОТХ}$ - цена одного кг стружки.

Расчет ведем для каждого варианта.

Для облегчения расчетов массы изделия применим прикладной пакет программы «Компас V16». Для этого необходимо построить объемную модель вала ротора (рисунок 2.1). Получаем $q=12,99$ кг.

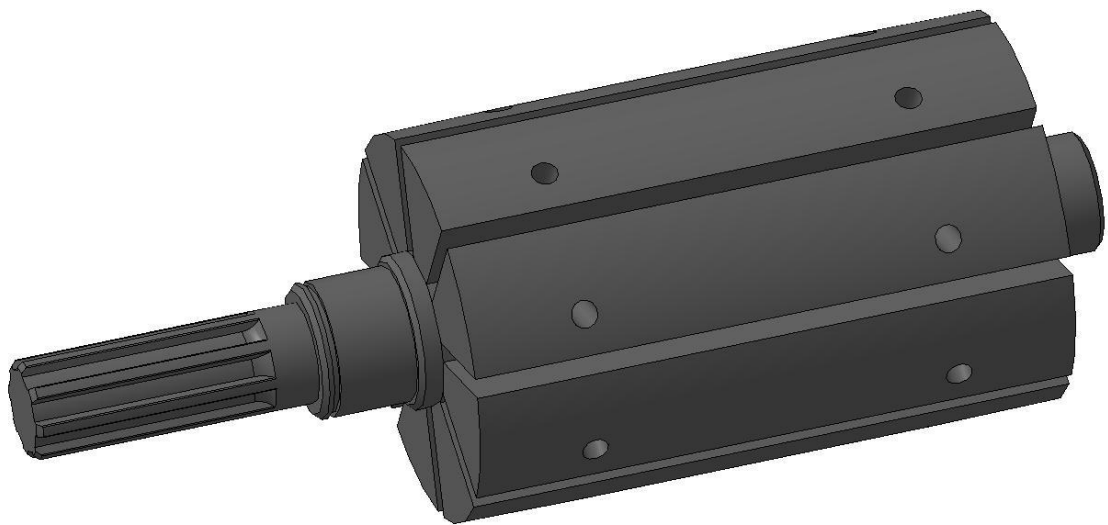


Рисунок 2.1 - 3D модель детали

Масса заготовки на начальной стадии проектирования может быть определена [7]:

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

где K_p – коэффициент, который завит от характеристик заготовки.

$Q_1 = 12,99 \cdot 1,6 = 20,78$ кг – для штамповки в открытых штампах.

$Q_2 = 12,99 \cdot 1,4 = 18,84$ кг – для штамповки на горизонтально-ковочной машине.

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

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

Себестоимость изготовления одной заготовки:

$$C_{3AG} = C_{ШГ} \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{II} \quad (2.4).$$

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

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

$$C_{3AG1,2} = 29,96 \cdot 1,05 \cdot 0,87 \cdot 1,29 \cdot 1,18 \cdot 1,0 = 41,66 \text{ руб.}$$

Себестоимость детали:

$$C_{T1} = 41,66 \cdot 20,78 + 6,04 \cdot (20,78 - 12,99) \cdot 1,4 = 901,83 \text{ руб.}$$

$$C_{T1} = 41,66 \cdot 18,84 + 6,04 \cdot (18,84 - 12,99) \cdot 1,4 = 812,01 \text{ руб.}$$

Расчетным методом определено, что горизонтально-ковочная машина дает более дешевые заготовки.

2.3 Выбор методов обработки поверхностей

Методы обработки определяются на основе типового маршрута, при этом необходимо учитывать весь набор геометрических требований, а также возможности современного технологического оборудования и области экономической эффективности его применения.

В таблице приняты сокращения: П – плоскость; ПВ – плоскость внутренняя; Ц – цилиндр; ЦВ – цилиндр внутренний; К – конус; Ф – черновое

фрезерование; Т – черновое точение; Ш – черновое шлифование; Тч – чистовое точение; Шч – чистовое шлифование; С – сверление; ТО – термическая обработка.

Таблица 2.1 - Методы обработки поверхностей

№	Тип	<i>IT</i>	<i>Ra</i>	Маршрут
1	2	3	4	5
1	П	12	12,5	Ф-ТО
2	К	12	12,5	Тч-ТО
3	Ц	12	12,5	Т-Тч-ТО
4	Ц	12	3,2	Ф-ТО
5	П	9	3,2	Ф-ТО-Ш
6	П	12	12,5	Т-Тч-ТО
7	Ц	12	12,5	Тч-ТО
8	Ц	6	0,8	Т-Тч-ТО-Ш-Шч
9	П	10	6,3	Т-Тч-ТО
10	Ц	12	3,2	Т-Тч-ТО-Ш
11	ЦВ	12	12,5	С-ТО
12	ПВ	8	3,2	Ф-ТО-Ш
13	ЦВ	12	12,5	С-ТО
14	П	10	6,3	Т-Тч-ТО
15	Ц	12	12,5	Т-ТО
16	П	10	1,25	Т-Тч-ТО-Ш-Шч
17	Ц	6	0,8	Т-Тч-ТО-Ш-Шч
18	П	12	12,5	Ф-ТО
19	К	12	12,5	Тч-ТО

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5
20	К	12	12,5	Тч-ТО
21	Ц	12	12,5	Т-ТО
22	К	12	12,5	Тч-ТО
23	П	10	1,25	Т-Тч-ТО-Ш-Шч
24	К	12	12,5	Тч-ТО
25	КВ	8	3,2	С-ТО-Ш
26	КВ	8	3,2	С-ТО-Ш

На основании полученных маршрутов обработки поверхностей далее будем проектировать маршрут обработки детали путем анализа маршрута каждой поверхности и объединения их по технологическим признакам.

2.4 Определение припусков и проектирование заготовки

Припуски для обработки поверхности $\varnothing 40k6^{(+0,018}_{+0,002})$ определяются на основе расчетно-аналитического метода [9].

Минимальный припуск:

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

Составляющие припуска принимаются по соответствующим рекомендациям [9].

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,4^2 + 0,025^2} = 0,801$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,063^2 + 0,025^2} = 0,268$$

$$Z_{3\min} = a_{TO} + \sqrt{\Delta_{TO}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,025 + \sqrt{0,04^2 + 0,012^2} = 0,292$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,05 + \sqrt{0,01^2 + 0,012^2} = 0,066$$

Максимальный припуск:

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5 \cdot (d_{i-1} + Td_i) \quad (2.6)$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5 \cdot (d_0 + Td_1) = 0,801 + 0,5 \cdot (0,6 + 0,25) = 1,714$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5 \cdot (d_1 + Td_2) = 0,268 + 0,5 \cdot (0,25 + 0,1) = 0,443$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5 \cdot (d_{TO} + Td_3) = 0,292 + 0,5 \cdot (0,16 + 0,1) = 0,422$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5 \cdot (d_3 + Td_4) = 0,066 + 0,5 \cdot (0,039 + 0,016) = 0,094$$

Средний припуск:

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

$$Z_{cp1} = (Z_{1\max} + Z_{1\min}) / 2 = (0,801 + 1,714) / 2 = 1,258$$

$$Z_{cp2} = (Z_{2\max} + Z_{2\min}) / 2 = (0,443 + 0,268) / 2 = 0,356$$

$$Z_{cp3} = (Z_{3\max} + Z_{3\min}) / 2 = (0,422 + 0,292) / 2 = 0,357$$

$$Z_{cp4} = (Z_{4\max} + Z_{4\min}) / 2 = (0,094 + 0,066) / 2 = 0,080$$

Минимальный и максимальный диаметры:

$$d_{(i-1)\min} = d_{i\max} + 2 \cdot Z_{i\min} \quad (2.8)$$

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

Для термической обработки:

$$d_{(TO-1)\min} = d_{(i-1)\min} \cdot 0,999 \quad (2.10)$$

$$d_{4\max} = 40,002$$

$$d_{4\min} = 40,018$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2 \cdot Z_{4\min} = 40,018 + 2 \cdot 0,066 = 40,150$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_4 = 40,150 + 0,039 = 40,189$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2 \cdot Z_{3\min} = 40,189 + 2 \cdot 0,292 = 41,229$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 41,229 + 0,160 = 41,389$$

$$\begin{aligned}
d_{2\min} &= d_{TO\min} \cdot 0,999 = 41,229 \cdot 0,999 = 41,188 \\
d_{2\max} &= d_{2\min} + Td_2 = 41,188 + 0,100 = 41,288 \\
d_{1\min} &= d_{2\max} + 2 \cdot Z_{2\min} = 41,288 + 2 \cdot 0,268 = 41,824 \\
d_{1\max} &= d_{1\min} + Td_1 = 41,824 + 0,250 = 42,074 \\
d_{0\min} &= d_{1\max} + 2 \cdot Z_{1\min} = 42,074 + 2 \cdot 0,801 = 43,676 \\
d_{0\max} &= d_{0\min} + Td_0 = 43,676 + 1,600 = 45,276
\end{aligned}$$

Средние диаметры:

$$d_{icc} = \frac{d_{i\max} + d_{i\min}}{2} \quad (2.11)$$

$$\begin{aligned}
d_{cp0} &= \frac{d_{0\max} + d_{0\min}}{2} = \frac{45,276 + 43,676}{2} = 44,476 \\
d_{cp1} &= \frac{d_{1\max} + d_{1\min}}{2} = \frac{42,074 + 41,824}{2} = 41,949 \\
d_{cp2} &= \frac{d_{2\max} + d_{2\min}}{2} = \frac{41,288 + 41,188}{2} = 41,238 \\
d_{cpTO} &= \frac{d_{TO\max} + d_{TO\min}}{2} = \frac{41,389 + 41,229}{2} = 41,309 \\
d_{cp3} &= \frac{d_{3\max} + d_{3\min}}{2} = \frac{40,645 + 40,545}{2} = 40,595 \\
d_{cp4} &= \frac{d_{4\max} + d_{4\min}}{2} = \frac{40,018 + 40,002}{2} = 40,010
\end{aligned}$$

Общие припуски:

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{4\max} \quad (2.12)$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_4 \quad (2.13)$$

$$2Z_{cp} = \frac{2Z_{\min} + 2Z_{\max}}{2} \quad (2.14)$$

$$\begin{aligned}
2Z_{\min} &= 43,676 - 40,018 = 3,658 \\
2Z_{\max} &= 3,658 + 1,600 + 0,016 = 5,274 \\
2Z_{cp} &= \frac{3,658 + 5,274}{2} = 4,466
\end{aligned}$$

Припуски на оставшиеся поверхности определяем по нормативам [7, 10].

Таблица 2.2 - Припуски на обработку

№	Переход	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$
1, 18	Переход фрезерования	2,2	4,735
3	Переход точения черного	1,15	2,655
	Переход точения чистового	0,15	0,297
5	Переход шлифования	0,25	0,289
6	Переход точения черного	2,2	4,03
	Переход точения чистового	1,0	1,323
9, 14	Переход точения черного	2,5	4,73
	Переход точения чистового	1,2	1,523
10	Переход точения черного	2,15	4,125
	Переход точения чистового	0,2	0,55
	Переход шлифования	0,175	0,525
12	Переход шлифования	0,35	0,383
15, 21	Точение черновое	1,75	3,275
16, 23	Переход точения черного	2,2	4,46
	Переход точения чистового	1,0	1,365
	Переход шлифования	0,5	0,71
	Переход шлифования чистового	0,2	0,41
17	Переход точения черного	1,5	3,025
	Переход точения чистового	0,15	0,325
	Переход шлифования	0,425	0,495
	Переход шлифования чистового	0,03	0,058

Исходя из полученных результатов определения припусков проектируем заготовку. Технические требования к заготовке определяем по данным [11]:

2.5 Разработка технологического маршрута

Произведем формирование технологических операций. Планировать операции следует, основываясь на принципе максимальной концентрации

переходов. Это позволит максимально сократить время на обработку и повысить ее качество. Для решения данной задачи воспользуемся данными по типовым маршрутам [12, 13]

Таблица 2.3 - Технологический маршрут изготовления вала ротора

№	№ операции	№ обрабатываемых поверхностей
1	005	1, 18, 25, 26
2	010	3, 6, 8, 9, 21, 23
3	015	10, 14, 15, 16, 17
4	020	2, 3, 6, 7, 8, 9
5	025	10, 14, 16, 17, 19, 20
6	030	11, 13
7	035	12
8	040	4, 5
9	045	все
10	050	25, 26
1	4	3
11	055	16, 17
12	060	8, 23
13	065	3, 10
14	070	16, 17
15	075	8, 23
16	080	3
17	085	12
18	090	5
19	095	все
20	100	все

Полученный маршрут обработки используется для формирования плана изготовления детали. При его формировании следует особо отметить этап

разработки схем базирования, т.к. от этого зависит выполнение критериев точности техпроцесса. Для корректного выполнения данного этапа будем использовать рекомендации [8, 14]. План изготовления оформляется согласно рекомендациям [4].

2.6 Выбор средств технологического оснащения

Выполнение данного раздела заключается в выборе оборудования, станочных приспособлений, режущих инструментов и средства контроля, отвечающих всем требованиям среднесерийного типа производства и учитывающих конструктивные особенности данной детали.

Выбор оборудования производим по рекомендациям и данным [15, 16, 17, 18]. Результаты выбора представлены в виде таблицы 2.4.

Выбор приспособлений производим по рекомендациям и данным [15, 19, 20]. Результаты выбора представлены в виде таблицы 2.5.

Выбор режущего инструмента производим по рекомендациям и данным [15, 21]. Результаты выбора представлены в виде таблицы 2.6.

Выбор мерительного инструмента производим по рекомендациям и данным [15, 22]. В таблице 2.7. представлены результаты выбора.

Таблица 2.4 - Оборудование

Опера ция	Наименование	Поверхности	IT	Оборудование
1	2	3	4	5
005	Фрезерно-центровальная	1, 18, 25, 26	12, 10	Фрезерно-центровальный МР-179
010	Токарная	3, 6, 8, 9, 21, 23	12	Токарный 16К20Ф3
015	Токарная	10, 14, 15, 16, 17	12	Токарный 16К20Ф3
020	Токарная	2, 3, 6, 7, 8, 9	10	Токарный 16К20Ф3
025	Токарная	10, 14, 16, 17, 19,	10	Токарный 16К20Ф3
030	Сверлильная	11, 13	12	Сверлильный 2Н125Ф2
035	Фрезерная	12	10	Горизонтально-фрезерный 6Т82Г
040	Шлицефрезерная	4, 5	10	Шлицефрезерный 5350
045	Термическая	все		
050	Центрошлифовальная	25, 26	8	Центрошлифовальный 3925
055	Торцекруглошлифовальная	16, 17	8	Торцекруглошлифовальный 3Т160
060	Торцекруглошлифовальная	8, 23	8	Торцекруглошлифовальный 3Т160
065	Круглошлифовальная	3, 10	8	Круглошлифовальный 3В151А
070	Торцекруглошлифовальная	16, 17	6	Торцекруглошлифовальный 3Т160

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5
075	Торцекруглошлифовальная	8, 23	6	Торцекруглошлифовальный 3Т160
080	Круглошлифовальная	3	6	Круглошлифовальный 3В151А
085	Плоскошлифовальная	12	8	Плоскошлифовальный 3Е711
090	Шлицешлифовальная	5	9	Шлицешлифовальный 3450

Таблица 2.5 - Станочные приспособления

Опера ция	Наименование	Установочные элементы	Зажимные элементы	Наименование приспособления
1	2	3	4	5
005	Фрезерно- центровальная	Штырь установочный ГОСТ4743-83	Губки	Тиски самоцентрирующие ГОСТ 21168-75
010	Токарная	Центр ГОСТ8742-75, упор	Кулачки	Патрон трехкулачковый специальный
015	Токарная	Центр ГОСТ8742-75, упор	Кулачки	Патрон трехкулачковый специальный
020	Токарная	Центра ГОСТ8742-75	Поводок	Патрон поводковый ГОСТ2571-71
025	Токарная	Центра ГОСТ8742-75	Поводок	Патрон поводковый ГОСТ2571-71
030	Сверлильная	Центр ГОСТ8742-75	Кулачки	Универсальная делительная головка УДГ-

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5
				160 ГОСТ 8615-89
035	Фрезерная	Центра ГОСТ8742-75	Кулачки	Универсальная делительная головка УДГ-160 ГОСТ 8615-89
040	Шлицефрезерная	Центра ГОСТ8742-75	Поводок	Патрон поводковый ГОСТ2571-71
045	Термическая			
050	Центрошлифовальная	Штырь установочный ГОСТ4743-83	Губки	Тиски самоцентрирующие ГОСТ 21168-75
055	Торцекруглошлифовальная	Центра ГОСТ8742-75	Поводок	Патрон поводковый ГОСТ2571-71
060	Торцекруглошлифовальная	Центра ГОСТ8742-75	Поводок	Патрон поводковый ГОСТ2571-71
065	Круглошлифовальная	Центра ГОСТ8742-75	Поводок	Патрон поводковый ГОСТ2571-71
070	Торцекруглошлифовальная	Центра ГОСТ8742-75	Поводок	Патрон поводковый ГОСТ2571-71
075	Торцекругло	Центра ГОСТ8742-75	Поводок	Патрон поводковый ГОСТ2571-71

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5
	шлифовальная			
080	Круглошлифовальная	Центра ГОСТ8742-75	Поводок	Патрон поводковый ГОСТ2571-71
085	Плоскошлифовальная	Центра ГОСТ8742-75	Кулачки	Универсальная делительная головка УДГ-160 ГОСТ 8615-89
090	Шлицешлифовальная	Центра ГОСТ8742-75	Поводок	Патрон поводковый ГОСТ2571-71

Таблица 2.6 - Режущий инструмент

Операция	Наименование	Материал режущей части	Вид инструмента	Наименование инструмента
1	2	3	4	5
005	Фрезерно-центровальная	T5K10 P6M5	Фреза торцовая, Сверло центровочное	Фреза ГОСТ 24359-80, Сверло ГОСТ14952-80
010	Токарная	T5K10	Резец контурный	Резец ГОСТ 20872-80
015	Токарная	T5K10	Резец контурный	Резец ГОСТ 20872-80

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3	4	5
020	Токарная	T30K4	Резец контурный	Резец ГОСТ18879-73
025	Токарная	T30K4 T5K10	Резец контурный, резец канавочный	Резец ГОСТ18879-73, резец ГОСТ 18879-73
030	Сверлильная	P6M5	Сверло	Сверло ГОСТ 4010-77
035	Фрезерная	P6M5	Фреза дисковая	Фреза специальная
040	Шлицефрезерная	P6M5	Фреза червячная	Фреза ГОСТ 8027-60
045	Термическая			
050	Центрошлифовальная	Алмаз синтетический	Головка шлифовальная	Головка алмазная ГОСТ2447-82
055	Торцекруглошлифовальная	Электрокорунд	Круг	Круг 23A46M8V 30м/с1А ГОСТ52781-2007
060	Торцекруглошлифовальная	Электрокорунд	Круг	Круг 23A46M8V 30м/с1А ГОСТ52781-2007
065	Круглошлифовальная	Электрокорунд	Круг	Круг 23A46M8V 30м/с1А ГОСТ52781-2007
070	Торцекруглошли	Электрокорунд	Круг	Круг 24A60K7V35м/с1А

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3	4	5
	фовальная			
075	Торцекруглошлифовальная	Электрокорунд	Круг	Круг 24А60К7V35м/с1А
080	Круглошлифовальная	Электрокорунд	Круг	Круг 24А60К7V35м/с1А
085	Плоскошлифовальная	Электрокорунд	Круг	Круг 24А60К5V35м/с1А
090	Шлицешлифовальная	Электрокорунд	Круг	Круг 24А60К5V35м/с1А

Таблица 2.7 - Средства контроля

Операция	Размер для контроля	IT	Контрольные приспособления
005	Ø4,5, L=322	12, 10	Штангенциркуль ГОСТ 166-89, калибры
010	Ø30, Ø40, Ø46, L=237, L=209, L=202	12	Штангенциркуль ГОСТ 166-89
015	Ø35, Ø46, Ø115, L=306, L=300	12	Штангенциркуль ГОСТ 166-89
020	Ø30, Ø37,5, Ø40, L=322, L=237, L=209, L=202, L=1,9, L=1,5	10	Штангенциркуль ГОСТ 166-89, калибры
025	Ø35, Ø115, L=322, L=306, L=300, L=1,5	10	Штангенциркуль ГОСТ 166-89
030	Ø8, L=43	12	Калибры
035	L=10, L=46, L=34,5	12	Калибры
040	Ø26, L=6	12	Калибры
050	Ø4,5	8	Калибры
055	Ø35, L=306	8	Микрометр ГОСТ 6507-90
060	Ø40, L=209	8	Микрометр ГОСТ 6507-90
065	Ø30, Ø115	8	Микрометр ГОСТ 6507-90
070	Ø35, L=306	6	Микрометр ГОСТ 6507-90
075	Ø40, L=209	6	Микрометр ГОСТ 6507-90
080	Ø30, Ø115	6	Микрометр ГОСТ 6507-90
085	L=10, L=46, L=34,5	8	Калибры
090	Ø26, L=6	8	Калибры

2.7 Проектирование технологических операций

Для проектирования технологических операций необходимо знать используемые средства технологического оснащения, операционные припуски и режимы обработки для операций. Средства технологического оснащения и операционные припуски определялись ранее. Режимы резания определим с использованием данных [9, 22, 23, 24]. Методика определения режимов резания описана ниже.

Скорость резания определяется:

$$V = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}, \quad (2.15)$$

где C_v , K_v , m , x , y - зависят от материала заготовки и инструмента, состояния поверхностей;

T – инструментальная стойкость;

t - глубина резания;

S - подача.

Частота определяется:

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot d} \quad (2.16)$$

где d – диаметр обработки.

Фактическая скорость:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (2.17)$$

Сила:

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.18)$$

где C_p , K_p , n , x , y - учитывают реальные условия обработки.

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (2.19)$$

Скорость вращения заготовки при шлифовании:

$$V_z = \frac{C_v \cdot d^{0.5}}{T^{0.6} \cdot t^{0.9} \cdot \beta^{0.9}}, \quad (2.20)$$

где C_v – коэффициент;

T – период стойкости шлифовального круга;

β - коэффициент подачи.

Скорость круга:

$$V_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60}, \quad (2.21)$$

где D_k – диаметр шлифовального круга;

n_k – частота вращения шпинделя по паспорту станка.

Мощность резания при шлифовании:

$$N = C_N \cdot V_s^{0.5} \cdot t^{0.4} \cdot S_{\text{прод}}^{0.4} \cdot D^{0.5} \quad (2.22)$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{\text{шт.к.}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{n-3}}{n_3} \quad (2.23)$$

где $T_{\text{шт}}$, $T_{\text{п-з}}$, n_3 - принимаются согласно рекомендаций [25].

Нормы времени определяем по методике [22, 23, 24].

Таблица 2.8 - Режимы резания

№ операции	№ перехода	S_o	V	n	L_{PX}	T_o
005	1	0,11	180	560	54	0,09
	2	0,08	5	320	12	0,49
010	1	0,5	163	450	167	0,74
015	1	0,5	163	450	251	1,12
020	1	0,24	220	630	159	1,05
	2	0,06	120	1000	5	0,08
025	1	0,24	220	630	145	0,96
030	1	0,20	26	1000	720	3,6
035	1	0,12	47	125	1472	3,07
040	1	0,2	42	250	67	1,34
050	1	0,55	15	300	0,8	0,18
055	1	0,014	30	320	0,96	0,31
060	1	0,014	30	320	0,713	0,16
065	1	0,02	30	320	270	1,26
070	1	0,011	35	250	0,544	0,49
075	1	0,011	35	250	0,58	0,51
080	1	0,009	35	250	87	0,63
085	1	0,003	35	-	1456	8,92
090	1	0,004	25	-	67	0,8

Полученные данные используются для проектирования маршрутных и операционных карт, а также технологических наладок.

3 Проектирование приспособления и режущего инструмента

3.1 Проектирование приспособления

В условиях среднесерийного производства к станочным приспособлениям предъявляются требования по обеспечению ими реализации теоретической схемы базирования, быстродействия, надежности и ремонтпригодности.

В данной работе большой объем токарной обработки, поэтому необходимо спроектировать приспособление для проведения токарной обработки в соответствии с операционным эскизом. Для этого используем методику [19, 20, 26].

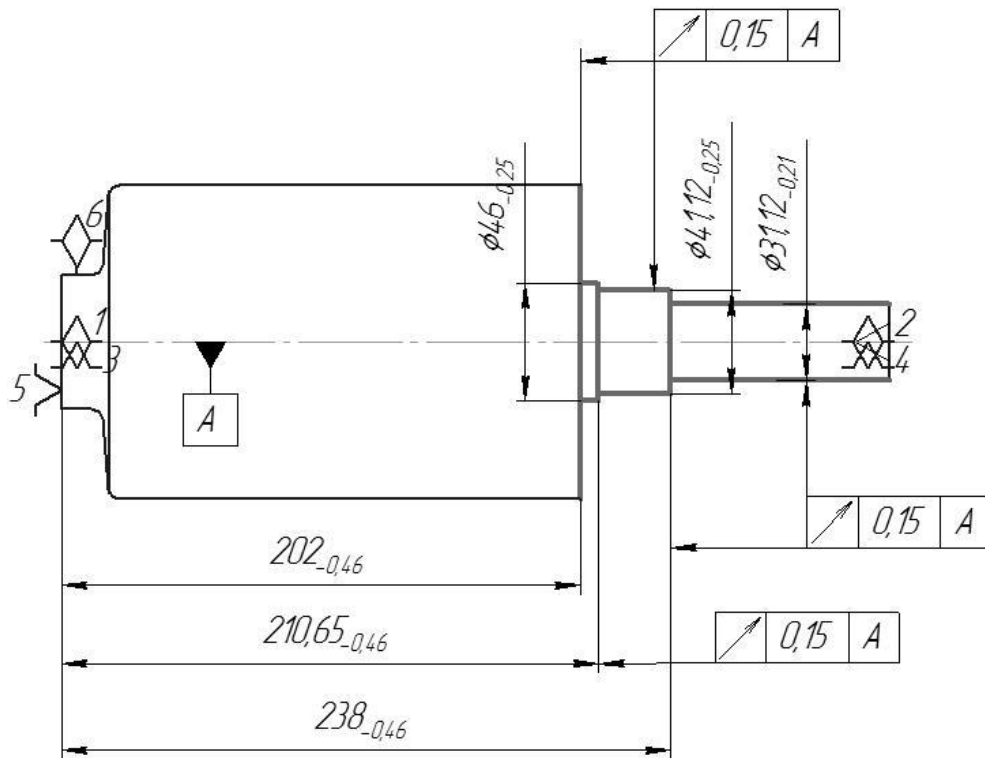


Рисунок 3.1 - Операционный эскиз

Вид и материал заготовки – штамповка из стали 18ХГТ $\sigma_B=980\text{МПа}$.

Режущий инструмент – резец токарный Т5К10.

Расчет начинаем с определения составляющих силы резания:

$$P_{Y,Z} = 10 \cdot C_P \cdot t^X \cdot S^Y \cdot V^n \cdot K_P \quad (3.1)$$

где K_P - коэффициент, который учитывает реальные условия обработки.

Так как подробный расчет описан ранее, повторно приводить его не будем.

$$P_Y = 10 \cdot 243 \cdot 3,62^{0,9} \cdot 0,5^{0,6} \cdot 163^{-0,3} \cdot 0,89 = 984 \text{ Н.}$$

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 3,62^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 163^{-0,15} \cdot 0,89 = 2679 \text{ Н.}$$

Усилие зажима определим из расчетной схемы закрепления, представленной на рисунке 3.2.

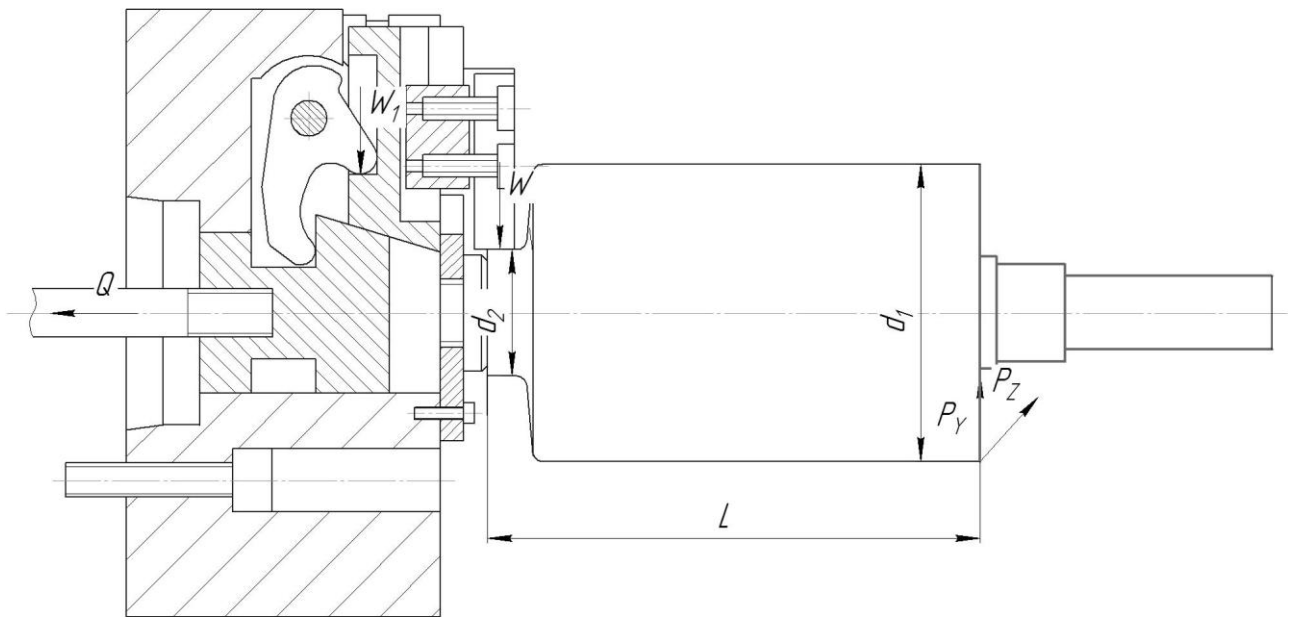


Рисунок 3.2 – Расчетная схема закрепления

Из схемы следует:

$$M_P = \frac{P_Z \cdot d_1}{2} \quad (3.2)$$

$$M_3 = \frac{W \cdot f \cdot d_2}{2} \quad (3.3)$$

где W - усилие зажима;

f - коэффициент трения.

Уилие зажима равно:

$$W = \frac{2K \cdot M_p}{f \cdot d_2} = \frac{2K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} \quad (3.4)$$

$$W = \frac{2 \cdot 1,8 \cdot 2679 \cdot 122}{0,3 \cdot 51} = 76903 \text{ Н.}$$

Момент от силы P_Y :

$$M_p = P_Y \cdot l \quad (3.5)$$

Момент силы зажима:

$$M_3 = \frac{2}{3} \cdot W \cdot f \cdot d_2 \quad (3.6)$$

Получим:

$$W = \frac{1,5 \cdot K \cdot P_Y \cdot l}{f \cdot d_2} = \frac{1,5 \cdot 2,52 \cdot 984 \cdot 202}{0,3 \cdot 51} = 50089 \text{ Н.}$$

Принимаем наибольшее значение $W=76903 \text{ Н}$

Усилие зажима на постоянных кулачках

$$W_1 = \frac{W}{\left(1 - \left(3 \cdot \frac{l_k}{H_k}\right) \cdot f_1\right)} \quad (3.7)$$

где l_k - вылет кулачка;

H_k - длина направляющей;

f - коэффициент трения.

$$W_1 = \frac{76903}{\left(1 - \left(3 \cdot \frac{62}{80}\right) \cdot 0,1\right)} = 100199 \text{ Н.}$$

Усилие создаваемое приводом:

$$Q = \frac{W_1}{i_c} \quad (3.8)$$

где i_c - передаточное отношение зажимного механизма.

$$Q = \frac{100199}{2,5} = 40080 \text{ Н.}$$

Определим диаметр поршня для создания усилия:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2} \quad (3.9)$$

где P - рабочее давление;

d – диаметр штока.

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 40080}{7,5} + 30^2} = 78,6 \text{ мм.}$$

Принимаем диаметр поршня 80 мм.

Для расчета погрешности патрона составим его размерную схему (рисунок 3.3).

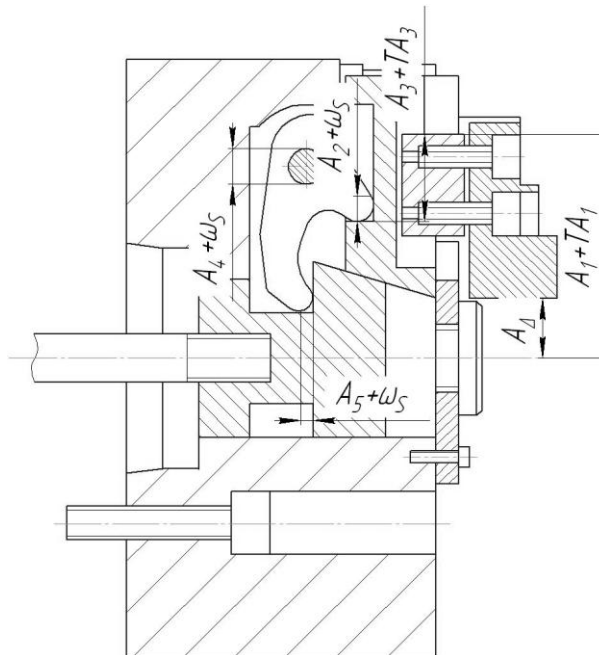


Рисунок 3.3 - Размерная схема

Исходя из нее, погрешность установки в патроне равна:

$$\varepsilon_y = \frac{\omega_{A\Delta}}{2} = 0,5\sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2} \quad (3.10)$$

где $\omega_{A\Delta}$ - допуск на размер A_Δ ,

Δ_1, Δ_3 - допуск на изготовление размеров A_1 и A_3 ;

$\Delta_2, \Delta_4, \Delta_5$ - зазоры в сопряжениях;

Δ_5 – допуск на плечи рычага.

Получаем:

$$\varepsilon_y = 0,5\sqrt{0,025^2 + 0,015^2 + 0,018^2 + 0,015^2 + 0,015^2} = 0,02 \text{ мм.}$$

Погрешность установки должна быть менее или равна $\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3Td$.

$$\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,21 \cdot 0,3 = 0,063 \text{ мм.}$$

Условие $\varepsilon_y^{\text{доп}} \geq \varepsilon_y$ выполняется.

3.2. Проектирование режущего инструмента

При фрезеровании пазов большой глубины и длины возникают проблемы связанные с низкой производительностью процесса и низкой стойкостью фрезы. Рассчитываем и проектируем дисковую фрезу со вставными ножами для выполнения 035 Фрезерной операции.

Операционный эскиз представлен на рисунке 3.4.

Материал режущей части фрезы – быстрорежущая сталь Р6М5.

Шероховатость обработанной поверхности $Ra=6,3$.

Режимы резания $S_z=0,12$ мм/зуб, $t=34,5$ мм, $B=9$ мм, $n=125$ об/мин, $V=47$ м/мин

Проектирование режущего инструмента проводим согласно методике [27].

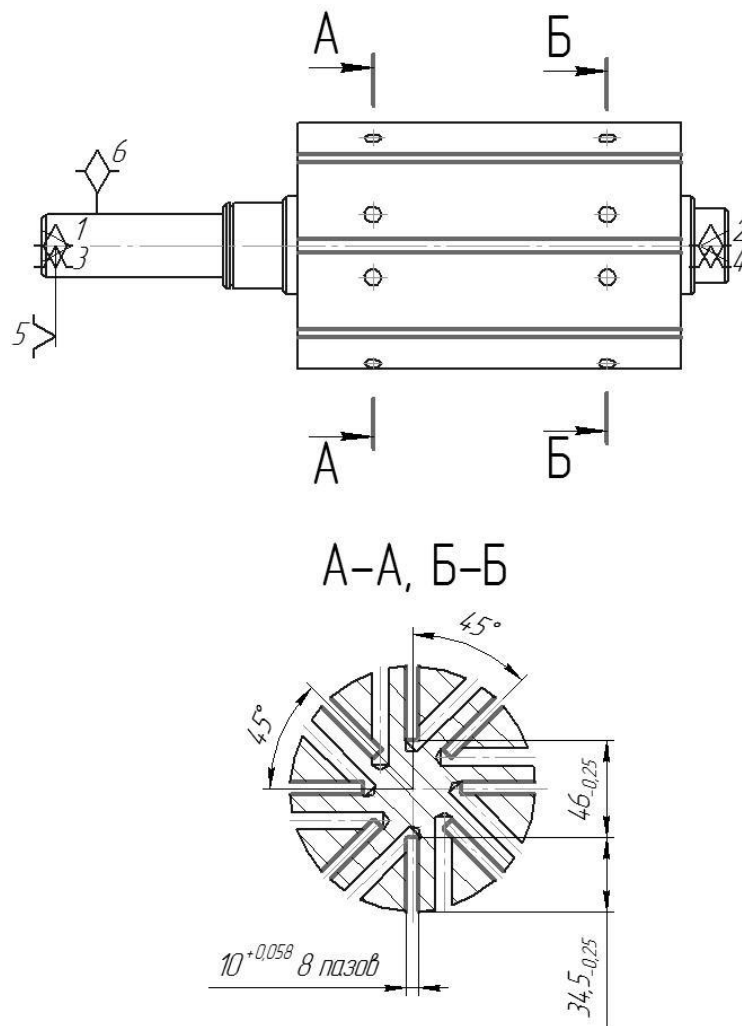


Рисунок 3.4 - Операционный эскиз

Диаметр фрезы определяется по формуле:

$$d_a = 0,12 \cdot B^{0,25} \cdot t^{0,09} \cdot S_z^{0,55} \cdot l^{0,75} \cdot y^{-0,25} + 2 \cdot (t^l + \Delta) \quad (3.11)$$

где B - ширина фрезерования;

t - глубина резания;

S_z - подача на зуб;

l - расстояние между опорами;

y - допустимый прогиб оправки;

t^l - глубина паза;

Δ - толщина проставочного кольца.

$$d_a = 0,12 \cdot 9^{0,25} \cdot 34,5^{0,09} \cdot 0,12^{0,55} \cdot 80^{0,75} \cdot 0,4^{-0,25} + 2 \cdot (34,5 + 10) = 248,35 \text{ мм.}$$

Принимаем ближайшее большее стандартное значение $d_a = 250$ мм.

Рассчитываем число зубьев.

$$z = 360 \frac{\xi}{\psi} \quad (3.12)$$

где ξ - коэффициент равномерности фрезерования;

ψ - угол контакта фрезы с заготовкой.

$$\psi = \arccos \left(1 - \frac{2t}{d_a} \right) \quad (3.13)$$

Тогда получим:

$$\psi = \arccos \left(1 - \frac{2 \cdot 7,5}{250} \right) = 22,5.$$

$$z = 360 \frac{2}{22,5} = 32.$$

Принимаем число зубьев равным 32.

Диаметр посадочного отверстия принимаем согласно рекомендациям [27]
 $d = 40$ мм.

Выбираем трапецеидальный тип зубьев.

Геометрические параметры фрезы выбираем согласно рекомендациям [27].

Конструкцию крепления вставных ножей принимаем согласно рекомендации [27].

Спроектированная фреза имеет усовершенствованную форму зубьев. Суть усовершенствования заключается в том, что режущие зубья выполнены двусторонними, а сочетание право- и леворежущих зубьев образует трехстороннюю фрезу. Такое конструктивное решение позволяет увеличить производительность фрезерной обработки в 5 раз.

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	Фрезерование	Фрезерная операция	Фрезеровщик	Горизонтально-фрезерный 6Т82Г	Сталь 18ХГТ, смазочно-охлаждающая жидкость МР-99
2	Точение	Токарная операция	Оператор станков с числовым управлением	Токарно-винторезный 16К20Ф3	Сталь 18ХГТ, смазочно-охлаждающая жидкость МР-99

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
Фрезерная	Высокая температура поверхности оборудования и материалов, движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; высокий уровень шума	Заготовка детали, металлорежущий инструмент, Горизонтально-фрезерный 6Т82Г
Точение	Высокая температура поверхности оборудования и материалов,	Заготовка детали, металлорежущий инструмент, Токарно-винторезный 16К20ФЗ

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3
	движущиеся машины 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 «Нэви»
2	Движущиеся машины и механизмы	Регламентированная процедура по обучению по охране труда	Очки защитные «Скайпер»
3	Подвижные части производственного оборудования	Регламентированная процедура по обучению по охране труда	Очки защитные «Скайпер»
4	Высокий шум на рабочем месте	Антишумовая обработка участка обработки	Беруши «Билсом»

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	Горизонтально-фрезерный 6Т82Г Токарно-винторезный 16К20ФЗ	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 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 противопожарные	Лопаты, багры, ломы, топоры	Автоматические извещатели

Таблица 4.6 – 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
Фрезерование	Хранение ветоши в негорючих ящиках Применение плавких предохранителей или автоматов в электроустановках станков	Использование пожарной сигнализации и пожарных извещателей, противопожарные инструкции в соответствии с графиком, обеспечение средствами пожаротушения, обеспечение безопасности проведения огневых работ
Точение	Хранение ветоши в негорючих ящиках Применение плавких предохранителей или автоматов в электроустановках станков	Использование пожарной сигнализации и пожарных извещателей, противопожарные инструкции в соответствии с графиком, обеспечение средствами пожаротушения, обеспечение безопасности проведения огневых работ

4.5 Определение экологически опасных факторов объекта

Таблица 4.7 – Определение экологически опасных факторов объекта

Название технического о объекта и/или производств енного техпроцесса	Структурные элементы технического объекта и/или производственн о техпроцесса (производственн о сооружения или производственн о 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
Фрезерова ние, Шлифован ие	Горизонтально- фрезерный 6Т82Г, Токарно- винторезный 16К20ФЗ	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

Название технического объекта	Фрезерование, Точение
1	2
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 снижения	Разработка регламентированных процедур по обращению с отходами

Продолжение таблицы 4.8

1	2
негативного антропогенного воздействия на литосферу	

4.6 Выводы по результатам выполнения раздела

Результатом выполнения данного раздела стал полный анализ проектируемого техпроцесса по модернизируемым операциям на предмет опасных и вредных производственных факторов, пожарной безопасности, экологической безопасности. На базе данного анализа предложен комплекс мер по обеспечению соответствующих требований.

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 «вал редуктора электродвигателя». 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 035 – Фрезерная, представлены в таблицы 5.1.

Таблица 5.1 – Отличительные особенности сравниваемых вариантов технологических процессов изготовления детали

Базовый вариант	Проектируемый вариант
Операция 010 – Токарная	
<u>Оборудование</u> – токарно-винторезный станок с ЧПУ, модель 16K20Ф3. <u>Оснастка</u> – патрон 3-х кулачковый с ручным зажимом. <u>Инструменты</u> : резец токарный, Т5К10. $T_O = 0,74 \text{ мин}; T_{\text{шт-к}} = 2,12 \text{ мин}$	<u>Оборудование</u> – токарно-винторезный станок с ЧПУ, модель 16K20Ф3. <u>Оснастка</u> – патрон 3-х кулачковый механизированный. <u>Инструменты</u> : резец токарный, Т5К10 с износостойким покрытием. $T_O = 0,74 \text{ мин}; T_{\text{шт-к}} = 1,53 \text{ мин}$
Операция 035 – Фрезерная	
<u>Оборудование</u> – фрезерный станок, модель 6Т82Г. <u>Оснастка</u> – центра ГОСТ 8742-75, универсальная делительная головка УДГ-160. <u>Инструменты</u> : фреза дисковая Ø100, Р6М5. $T_O = 3,99 \text{ мин}; T_{\text{шт-к}} = 4,76 \text{ мин}$	<u>Оборудование</u> – фрезерный станок, модель 6Т82Г. <u>Оснастка</u> – центра ГОСТ 8742-75, универсальная делительная головка УДГ-160. <u>Инструменты</u> : фреза дисковая специальная со вставными ножами Ø250, Р6М5. $T_O = 3,07 \text{ мин}; T_{\text{шт-к}} = 3,84 \text{ мин}$

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 5500 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 010 операции – Токарной и 035 операции – Фрезерной. По исходному варианту технологического процесса она составляет 45,56 руб., а по проектируемому – 44,2 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.

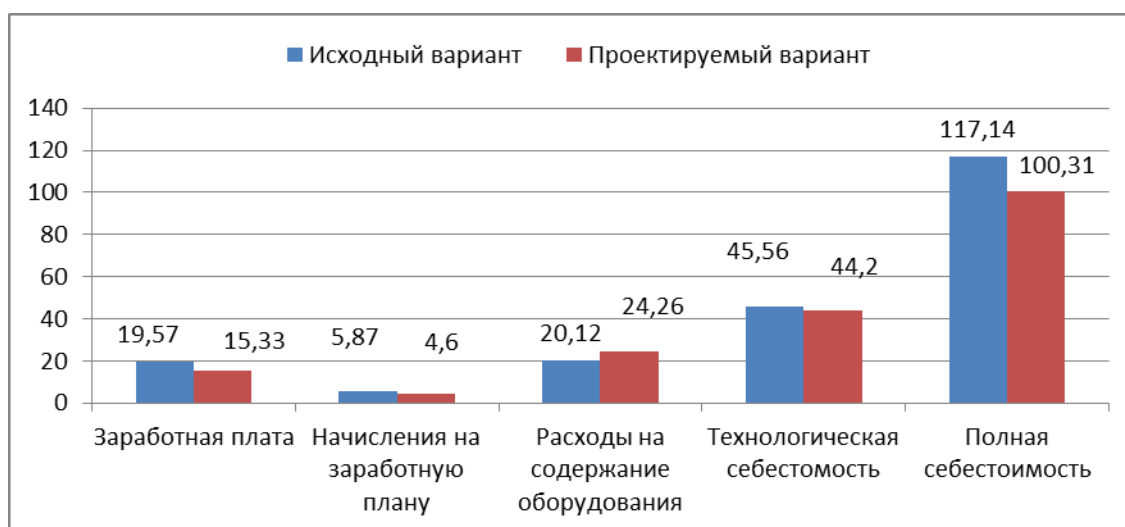


Рисунок 5.1 – Структура технологической себестоимости, величина технологической и полной себестоимости, руб.

Анализируя представленную диаграмму, можно сделать вывод о том, что почти все параметры, за исключением статьи «Расходы на содержание и эксплуатация оборудования», имеют тенденцию к снижению. Это следует воспринимать, как положительные изменения, которые могут привести к эффективности рассматриваемого процесса производства. Что касается «статьи-исключения», то это обосновывается введением в эксплуатацию нового оборудования, более современного по сравнению с уже использованными основными фондами.

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 183079,96 руб. и учитывает изменяющиеся позиции (затраты на проектирование, капитальные вложения в инструмент и на приспособление) при выполнении анализируемых операций 010 – Токарная и 035 – Фрезерная.

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	$P_{\text{чист}}, \text{руб.}$	74052,00
2	Срок окупаемости инвестиций	$T_{\text{ок}}, \text{лет}$	4
3	Общий дисконтированный доход	$D_{\text{общдиск}}, \text{руб.}$	211492,51
4	Интегральный экономический эффект	$E_{\text{инт}} = ЧДД, \text{руб.}$	28412,56
5	Индекс доходности	$ИД, \text{руб.}$	1,16

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. Во-первых, это положительная величина интегрального экономического эффекта – 28412,26 руб. Во-вторых, это допустимое значение срока окупаемости для машиностроительного предприятия – 4 года. И в-третьих, это индекс доходности (ИД), который составляет 1,16 руб./руб.

Все вышеперечисленные значения свидетельствуют о целесообразности использования описанных совершенствований, которые касаются операций 010 и 035 технологического процесса изготовления детали «вал редуктора электродвигателя».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основным результатом выполнения работы стал технологический процесс изготовления вала ротора электродвигателя который позволил произвести заданное количество деталей в заданные сроки при наилучших показателях экономической эффективности. Для этого был проведен комплекс технических мероприятий. Таких как: проектирование оптимальной заготовки, проектирование прогрессивного техпроцесса путем модернизации типового, совершенствование технологических операций через проектирование прогрессивного режущего инструмента и техоснастки. Экономические показатели техпроцесса свидетельствуют о его эффективности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. М: – ООО ИД «Альянс», 2007 – 256 с.
2. Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782с.
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. Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Н. Ковшов. - Изд. 2-е, испр. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2008. - 319 с.
6. Звонцов, И.Ф. Проектирование и изготовление заготовок деталей общего и специального машиностроения: учебное пособие. [Электронный ресурс] / И.Ф. Звонцов, К.М. Иванов, П.П. Серебrenицкий. — Электрон. дан. — СПб. : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2015. — 179 с.
7. 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.
8. 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.
9. 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.

10. Харламов, Г.А. Припуски на механическую обработку: справочник. [Электронный ресурс] / Г.А. Харламов, А.С. Тарапанов. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2013. — 256 с.

11. Клименков, С.С. Проектирование заготовок в машиностроении. Практикум. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Минск : Новое знание, 2013. — 269 с.

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

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. Безъязычный, В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2013. — 598 с.

15. 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.

16. 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.

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

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

19. 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.

20. 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.

21. 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.

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

23. Гузеев В. И., Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением : справочник / В. И. Гузеев, В. А. Батуев, И. В. Сурков ; под ред. В. И. Гузеева. - 2-е изд. - Москва : Машиностроение, 2007. - 364, [1] с.

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

25. 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.

26. Зубарев, Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении [Электронный ресурс] : учебник. - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2015. - 309 с.

27. Кожевников, Д.В. Режущий инструмент. [Электронный ресурс] / Д.В. Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов, С.Н. Григорьев. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2014. — 520 с.

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

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Спецификации к сборочным чертежам

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №		A1			17.07.TM.104.008.000.CБ	Сборочный чертеж		
						Детали		
		A4	1		17.07.TM.104.008.001	Корпус патрона	1	
		A4	2		17.07.TM.104.008.002	Рычаг	3	
		A4	3		17.07.TM.104.008.003	Ось	3	
		A4	4		17.07.TM.104.008.004	Постоянный кулачок	3	
		A4	5		17.07.TM.104.008.005	Сухарь	3	
		A4	6		17.07.TM.104.008.006	Сменный кулачок	3	
		A4	7		17.07.TM.104.008.007	Упор	1	
		A4	8		17.07.TM.104.008.008	Крышка	1	
Подп. и дата		A4	9		17.07.TM.104.008.009	Тяга	1	
		A4	10		17.07.TM.104.008.010	Плунжер	1	
		A4	11		17.07.TM.104.008.011	Корпус неподвижный	1	
		A4	12		17.07.TM.104.008.012	Муфта	1	
		A4	13		17.07.TM.104.008.013	Крышка	1	
		A4	14		17.07.TM.104.008.014	Поршень	1	
		A4	15		17.07.TM.104.008.015	Корпус гидроцилиндра	1	
		A4	16		17.07.TM.104.008.016	Шток	1	
						Стандартные изделия		
			17			Винт М8х30	6	
Подп. и дата						ГОСТ 14475-80		
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	17.07.TM.104.008.000		
	Разраб.	Данилов						
	Пров.	Левашкин				Станочное приспособление		
	Н.контр.	Виткалов						
	Утв.	Логинов						
						Лит.	Лист	Листов
						В	1	2
						ТГУ, МСБЗ-1202		

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №	A1				17.07.TM.104.010.000.CБ	Сборочный чертеж		
						Детали		
	A3	1		17.07.TM.104.010.001	Корпус	1		
	A4	2		17.07.TM.104.010.002	Нож	32		
Подп. и дата								
Взам. инв. №								
Подп. и дата								
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	17.07.TM.104.010.000		
	Разраб.	Данилов				Фреза дисковая	Лист	Лист
	Проб.	Лебашкин					В	Листов
	Н.контр.	Виткалов				ТГУ, МСДз-1202		
	Утв.	Логинов						

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Маршрутные карты

[illegible]

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпо з
Б	Код, наименование оборудования														
Т 19	Т5К10 ГОСТ 20872-80; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89.														
20															
А 21	ХХ ХХ ХХ 015 4110 Токарная														
Б 22	381101 Токарный 16К20Ф3														
О 23	Точить поверхности 10, 14, 15, 16, 17 в размеры $\phi 42,074_{0,25}$; $\phi 46_{0,25}$; $\phi 117,15_{0,35}$; 303,515 _{0,52} ; 301,523 _{0,52}														
Т 24	396110 Патрон 3-х кулачковый специальный; 392841 Центр ГОСТ 8742-75; 392101 Резец контурный														
Т 25	Т5К10 ГОСТ 20872-80; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89.														
26															
А 27	ХХ ХХ ХХ 020 4110 Токарная														
Б 28	381101 Токарный 16К20Ф3														
О 29	Точить поверхности 2, 3, 6, 7, 8, 9 в размер $\phi 41,288_{0,1}$; $\phi 30_{0,081}$; $\phi 37,5_{0,34}$; 315,5 _{0,25} ; 232 _{0,185} ; 227,1 _{0,185}														
О 30	205,12 _{0,185} ; 202 _{0,185} ; 15 _{0,1} x 45°.														
Т 31	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392841 Центр ГОСТ 8742-75; 392151 Резец контурный Т30К4														
Т 32	ГОСТ 18879-73; 392104 Резец канавочный Т5К10 ГОСТ 18879-73; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1														
Т 33	ГОСТ 166-89; 393400 Калибры.														
34															
А 35	ХХ ХХ ХХ 025 4110 Токарная														
Б 36	381101 Токарный 16К20Ф3														
О 37	Точить поверхности 10, 14, 15, 16, 17 в размер $\phi 41,288_{0,1}$; $\phi 117,15_{0,35}$; 315,5 _{0,21} ; 302,12 _{0,21} ; 295 _{0,21} .														
Т 38	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392841 Центр ГОСТ 8742-75; 392151 Резец контурный Т30К4														
Т 39	ГОСТ 18879-73; 392104 Резец канавочный Т5К10 ГОСТ 18879-73; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1														
Т 40	ГОСТ 166-89; 393400 Калибры.														
41															
МК															

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоэ
Б	Код, наименование оборудования														
А 69	XX XX XX 030 4121 Сверлильная														
Б 70	381213 Вертикально-сверильный 2Н125Ф2 3 15292 312 1Р 1 1 200 1 4,5														
О 71	Обработать поверхности 11, 13 в размеры 35 _{0,25} ; 145 _{0,4} ; 43 _{0,25} ; $\phi 8^{+0,15}$														
Т 72	396190 Универсальная делительная головка УДГ-160 ГОСТ 8615-89; 392841 Центр ГОСТ 8742-75;														
Т 73	391267 Сверло спиральное $\phi 8$ ГОСТ 4010-77 Р6М5; 393400 Калибры.														
74															
А 75	XX XX XX 035 4262 Фрезерная														
Б 76	381631 Горизонтально-фрезерный 6Т82Г 3 18632 312 1Р 1 1 200 1 3,84														
О 77	Фрезеровать поверхности 12 в размеры 46 _{0,25} ; 345 _{0,25} ; 9234 _{0,018} .														
Т 78	396190 Универсальная делительная головка УДГ-160 ГОСТ 8615-89; 392841 Центр ГОСТ 8742-75;														
Т 79	391833 Фреза дисковая Р6М5 $\phi 250$ специальная Р6М5; 393400 Калибры.														
80															
А 81	XX XX XX 040 4162 Шлицефрезерная														
Б 82	381672 Шлицефрезерный 5350 3 12287 312 1Р 1 1 200 1 2,04														
О 83	Нарезать шлицы поверхности 4, 5 в размеры $\phi 26_{0,21}$; 6578 _{0,018} ; 9234 _{0,018} ; 252 _{0,52} .														
Т 84	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392841 Центр ГОСТ 8742-75; 391816 Фреза червячная $\phi 70$														
Т 85	Р6М5 ГОСТ 8027-60; 393400 Калибры.														
86															
А 87	XX XX XX 045 Термическая														
88															
А 89	XX XX XX 050 4142 Центрошлифовальная														
Б 90	381317 Центрошлифовальный 3925 3 18873 312 1Р 1 1 200 1 0,78														
О 91	Шлифовать поверхности 25, 26 в размер $\phi 4,5^{+0,011}$														
МК															

А		Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции		Обозначение документа								
Б		Код, наименование обработки				СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпо з	Тшт
0 117		Шлифовать поверхности 16, 17 в размеры $\phi 40,018_{-0,016}^{+0,021}$														
Т 118		396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392841 Центр ГОСТ 8742-75; 39810 Круг шлифовальный														
Т 119		3-750x32x350 24А60К7V35м/с1А; 393413 Микрометр МК-70 ГОСТ 6507-90.														
120																
А 121		ХХ ХХ ХХ 075 4130 Торцевокруглошлифовальная														
Б 122		381311 Торцевокруглошлифовальный 3Т160 3 18873 312 1Р 1 1 1 200 1 118														
0 123		Шлифовать поверхности 8, 23 в размеры $\phi 40,018_{-0,016}^{+0,020}$; 209_{0,145}														
Т 124		396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392841 Центр ГОСТ 8742-75; 39810 Круг шлифовальный														
Т 125		3-750x32x350 24А60К7V35м/с1А; 393413 Микрометр МК-70 ГОСТ 6507-90.														
126																
А 127		ХХ ХХ ХХ 080 4131 Круглошлифовальная														
Б 128		381311 Круглошлифовальный 3В151А 3 18873 312 1Р 1 1 1 200 1 131														
0 129		Шлифовать поверхность 3 в размер $\phi 29,993_{-0,020}^{+0,020}$														
Т 130		396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392841 Центр ГОСТ 8742-75; 39810 Круг шлифовальный														
Т 131		1-300x50x127 24А60К7V 35м/с1А ГОСТ 52781-2007; 393413 Микрометр МК-150 ГОСТ 6507-90.														
132																
А 133		ХХ ХХ ХХ 085 4133 Плоскошлифовальная														
Б 134		381313 Плоскошлифовальный 3Е711 3 18873 312 1Р 1 1 1 800 1 11,14														
0 135		Шлифовать поверхность 12 в размер $10_{-0,022}^{+0,022}$														
Т 136		396190 Универсальная делительная головка УДГ-160 ГОСТ 8615-89; 392841 Центр ГОСТ 8742-75;														
Т 137		39810 Круг шлифовальный 1-300x8x127 24А60К5V35м/с1А ГОСТ 52781-2007; 393400 Калибры.														
138																
А 139		ХХ ХХ ХХ 090 4162 Шлицешлифовальная														
МК																

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции		Обозначение документа							
					Код, наименование обработки	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоэ
Б 140	381315	Шлифовальный	3450	3	18873	312	Р	1	1	800	1	148		
0 141	Шлифовать поверхность 5 в размер 5.99 мм.													
Т 142	396110	Патрон поводковый	ГОСТ 2571-71; 392841	Центр	ГОСТ 8742-75; 39810	Круг шлифовальный								
Т 143	3-80x5x13	24A6OK5V35M/c1A	ГОСТ 52781-2007; 393400	Калибры.										
144														
А 145	XX XX XX	095	Моющая											
146														
А 147	XX XX XX	100	Контрольная											
148														
149														
150														
151														
152														
153														
154														
155														
156														
157														
158														
159														
160														
161														
162														
МК														

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Операционные карты

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]