

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
(наименование института полностью)
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
(наименование кафедры)
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
(код и наименование направления подготовки)
Технология машиностроения
(профиль)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Разработка технологического процесса изготовления червяка привода червячного редуктора

Студент(ка)	<u>Игнатьев Д.В.</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>Логинов Н.Ю.</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>Краснопевцева И.В.</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>Степаненко А.В.</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>Виткалов В.Г.</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой
к.т.н, доцент

_____ Н.Ю. Логинов
(личная подпись)

« _____ » _____ 2017 г.

Тольятти 2017

АННОТАЦИЯ

В работе выполнен технологический процесс изготовления червяка привода червячного редуктора. Выполнено обоснование выбора метода получения и спроектирована заготовка. Разработанная технология оснащена современными технологическими средствами.

На шпоночно-фрезерную операцию 030 спроектировано станочное приспособление с автоматическим приводом.

На 035 шпоночно-фрезерную операцию разработан режущий инструмент.

Графическая часть работы состоит из 7 листов формата А1, пояснительная записка содержит 61 страницу.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
АННОТАЦИЯ	4
ВВЕДЕНИЕ	6
1 ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ	7
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ	11
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ	31
4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА	35
5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	38
6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ	46
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	50
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	51
ПРИЛОЖЕНИЯ	54

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время трудоёмкость обработки на металлорежущем оборудовании составляет 30-40% от общей трудоёмкости изготовления машин и приборов. Это объясняется тем, что обработка металлов резанием является основным видом обработки, с помощью которой можно получить детали высокой точности и чистоты обработанных поверхностей.

Перед наукой о резании материалов стоит ряд важных проблем. В первую очередь – это изыскание новых видов износостойких режущих материалов для обработки различных деталей. Необходимы дальнейшие исследования в области повышения экономичности процесса резания, создания современных нормативов по режимам обработки, в частности для многоинструментальной обработки на автоматических линиях, разработка и совершенствование существующих инструментов с целью повышения производительности труда, экономичности и точности обработки.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса изготовления червяка привода червячного редуктора заданного качества с минимальной себестоимостью, с применением современных достижений науки и техники.

1 ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ.

1.1 Назначение и условия работы детали.

Назначением червяка является восприятие вращения от привода редуктора вертикальными стенками шпоночного паза и дальнейшей передачи его боковыми сторонами модульной резьбы.

1.2 Классификация поверхностей детали.

Целью классификации поверхностей детали является выявление наиболее ответственных из них. Для этого пронумеруем поверхности и представим это на рис. 1.1.

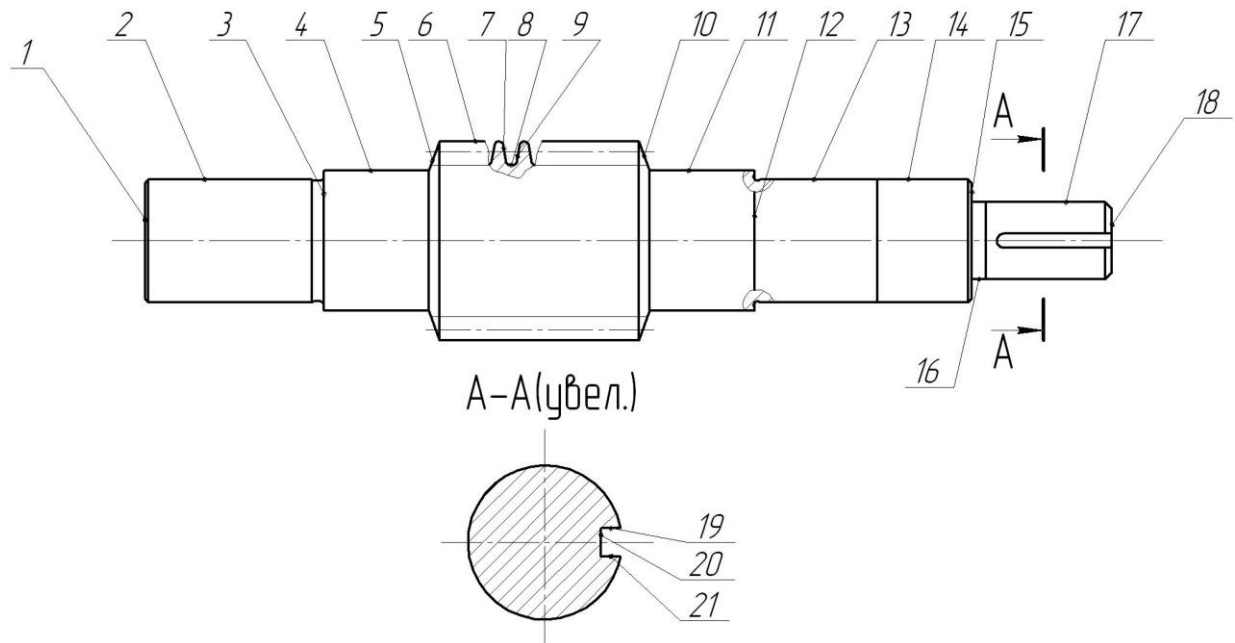


Рисунок 1.1 - Классификация поверхностей детали

В таблице 1.1 представлены результаты классификации.

Таблица 1.1 - Классификация поверхностей

Тип поверхности	Номер поверхности
Исполнительные поверхности	7, 9, 19, 21
Основные конструкторские базы	2, 3, 13
Вспомогательные конструкторские базы	17, 20, 12
Свободные поверхности	остальные

Исполнительными являются боковые поверхности у шпоночного паза (19, 21), воспринимающие крутящий момент, и боковые поверхности винтовой поверхности витка (7, 9), передающие его червячному колесу.

Основными являются подшипниковые шейки (2, 13) и торец 3.

Вспомогательными конструкторскими базами являются: торец 12, плоская поверхность шпоночного паза 20 и шейка 17.

Остальные поверхности относятся к свободным.

1.3 Анализ требований к поверхностям детали.

Пользуясь источником литературы [2], проанализируем химический состав и физико-механические свойства материала детали. Данные занесём в табл. 1.2 и 1.3.

Таблица 1.2 - Химический состав стали 20Х ГОСТ 4543-71

Химический элемент	Содержание
С (углерод)	0,17...0,23 %
Si (кремний)	0,17...0,37 %
Mn (марганец)	0,5...0,8 %
Ni (никель)	до 0,3 %
P (фосфор)	до 0,035 %
S (сера)	до 0,035 %
Cr (хром)	0,7...1,0 %
Cu (медь)	до 0,3 %
Fe (железо)	остальное

Таблица 1.3 - Физико-механические свойства стали 20Х

σ_T	σ_B	δ_5	KCU	НВ
МПа	МПа	%	Дж/см ²	не более
390	640	13	49	250

Химический состав и механические свойства стали 20Х позволяют обеспечить нормальную функцию детали в узле. Материал является недефицитным.

Заготовку можно получить или методом проката, или штамповкой на горизонтально-ковочной машине. В этих случаях конфигурация заготовки достаточно элементарна.

Конструкция детали в целом обеспечивает доступность инструмента к обрабатываемым поверхностям при всяком виде мехобработки. Это позволяет нам использовать в основном стандартный, а иногда унифицированный тип инструментов.

Также форма расположения поверхностей детали обеспечивает свободную доступность к обрабатываемым поверхностям инструментов для контроля.

В результате проведения анализа можно сделать вывод о достаточной технологичности детали.

1.4 Формулировка задач работы.

На базе анализа технических требований к детали сформулируем последующие задачи работы, которые необходимо решить для достижения цели работы, сформулированной во введении – разработка технологического процесса изготовления червяка привода червячного редуктора заданного качества с минимальной себестоимостью, согласно современного состояния науки и техники: определим тип машиностроительного производства; выработаем стратегию проектирования технологического процесса; выполним технико-экономический расчет метода получения заготовки; разработаем технологический план обработки детали, разработав схемы базирования; выберем средства технологического оснащения на каждую операцию техпроцесса; рассчитаем на одну поверхность припуски по операциям техпроцесса, а на остальные – назначим табличным способом; рассчитаем режимы резания и определим содержание операций,

спроектируем наладки; на одну из операций техпроцесса спроектируем режущий инструмент; для одной из операций спроектируем станочное приспособление.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

Технологическая часть работы призвана решить задачи по принятию решений и расчету технологического процесса изготовления детали.

2.1 Определение типа производства.

Стратегия разработки технологического процесса зависит от типа производства, который при прочих неизвестных условиях зависит от массы детали и объема выпуска деталей в год. В нашем случае при $m = 2,5$ кг и $N_r = 7000$ деталей в год выберем тип производства по таблице. [3]

Исходя из того, что годовой объем выпуска равен $N_r = 7000$ деталей в год, а масса детали $m = 2,5$ кг, то тип производства определяется как среднесерийное.

2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.

Для среднесерийного типа производства принимаем такую стратегию разработки техпроцесса, чтобы обеспечить заданный выпуск деталей с требуемым качеством и наименьшими затратами.

Руководствуясь [3], принимаем следующую стратегию разработки техпроцесса: заготовка – прокат или штамповка на ГКМ; повторяемость изделий – периодическая повторяемость партий; форма организации техпроцесса – переменнo-поточная; припуск на обработку – незначительный; оборудование – специализированное с ЧПУ или универсальное; расчет припусков – подробный по переходам.

Остальные параметры разработки техпроцесса берем по [3].

2.3 Выбор метода получения заготовки.

Тип детали, ее материал и форма определяют метод получения заготовки. Данный тип заготовки рациональным способом можно получить

прокатом или штамповкой. Оба способа позволяют получить заготовку необходимого качества.

Проведем технико-экономический анализ получения заготовки для заданной детали прокатом и штамповкой. [4]

Таблица 2.2 - Исходные данные

Наименование показателей	Метод 1	Метод 2
Вид заготовки	Штамповка	Прокат Ø62x276
Класс точности/сложности	3/2	-
Масса заготовки, кг	3,65	6,52
Стоимость 1 кг заготовок $C_{заг}$, руб	0,315	0,115
Стоимость 1 кг стружки $C_{отх}$, руб	0,0144	0,0144
Масса детали, кг	2,5	2,5

Рассчитаем стоимость срезания одного килограмма стружки при механической обработке [4].

$$C_{мех} = C_c + E_n \cdot C_k, \quad (2.1)$$

где $C_c = 0,505 \text{руб/кг}$; $E_n = 0,15$; $C_k = 1,115 \text{руб/кг}$. [4];

Далее по формуле (2.1) имеем:

$$C_{мех} = 0,505 + 0,15 \cdot 1,115 = 0,6723 \text{руб/кг}.$$

Рассчитаем стоимость срезания одного килограмма стружки с заготовки, полученной штамповкой [3].

$$C_{заг} = C_{шт} \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_g \cdot k_m \cdot k_n, \quad (2.2)$$

где $C_{шт} = 0,315 \text{руб}$; $k_T = 0,9$; $k_c = 0,84$; $k_B = 1,14$; $k_M = 1,0$; $k_{II} = 1,0$. [4]

Тогда по формуле (2.2) имеем:

$$C_{заг} = 0,315 \cdot 0,9 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,2715 \text{руб}.$$

Дальше определим себестоимость изготовления детали из штамповки [3].

$$C_{ми} = C_{заг} \cdot Q_{шт} + C_{мех} (Q_{шт} - q) - C_{отх} (Q_{шт} - q), \quad (2.3)$$

где $Q_{шт} = 3,65 \text{ кг}$; $q = 2,5 \text{ кг}$; $C_{отх} = 0,0144 \text{ руб/кг}$. [4]

Тогда по формуле (2.3) имеем:

$$C_{ми} = 0,2715 \cdot 3,65 + 0,6723(3,65 - 2,5) - 0,0144(3,65 - 2,5) = 1,7476 \text{ руб.}$$

Дальше определим себестоимость изготовления детали из проката [4].

$$C_{мп} = C_{заг} \cdot Q_{пр} + C_{мех} (Q_{пр} - q) - C_{отх} (Q_{пр} - q), \quad (2.4)$$

где $Q_{пр} = 6,52 \text{ кг}$.

Исходя из зависимости (2.4) имеем:

$$C_{мп} = 0,2219 \cdot 6,52 + 0,6723(6,52 - 2,5) - 0,0144(6,52 - 2,5) = 4,0915 \text{ руб.}$$

Следовательно, по себестоимости изготовления заготовки более экономичным является метод штамповки.

Годовая экономия при этом будет равна:

$$\mathcal{E}_2 = C_{мп} - C_{ми} N_2 = 4,0915 - 1,7476 \cdot 7000 = 16407,3 \text{ руб.}$$

2.4 Выбор методов обработки поверхностей.

В зависимости от необходимого качества обработки поверхностей, которое в свою очередь определяется качеством точности IT и шероховатостью Ra, определим методы обработки поверхностей и сведем их в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 - Методы обработки поверхностей

№ поверхности	Шероховатость Ra	Квалитет точности	Последовательность обработки
1, 18	6,3	14	Центровально-подрезная
2, 13	0,8	6	Токарная черновая, Токарная чистовая, Круглошлифовальная черновая, Круглошлифовальная чистовая
3, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 14, 15	6,3	14	Токарная черновая, Токарная чистовая
7, 9	1,6	8	Токарная черновая, Токарная чистовая, Резьбошлифовальная

Продолжение табл. 2.2

12	1,6	14	Токарная черновая, Токарная чистовая, Круглошлифовальная
17	1,6	7	Токарная черновая, Токарная чистовая, Шлифовальная черновая, Шлифовальная чистовая
19, 21	3,2	9	Шпоночно-фрезерная
20	6,3	11	Шпоночно-фрезерная

2.5 Разработка технологического маршрута изготовления детали.

В зависимости от методов обработки поверхностей выполним маршрут обработки, представленный в виде таблицы 2.3.

Таблица 2.3 - Маршрут обработки детали

№ оп.	Наименование операции	Номера обрабатываемых поверхностей	IT	Ra
000	Заготовительная	Все	16	40
005	Центровально-подрезная	1, 18	14	6,3
		центровые отверстия	9	3,2
010	Токарная черновая	10, 11, 12, 15, 16	14	12,5
		13, 14, 17	12	
015	Токарная черновая	2, 6	12	12,5
		3, 4, 5	14	
020	Токарная чистовая	10, 11, 15, 16	14	6,3
		12	14	3,2
		13, 17	9	3,2
		14	9	6,3
025	Токарная чистовая	2	9	3,2
		3, 4, 5	14	6,3
		6	11	6,3
030	Шпоночно-фрезерная	19, 21	9	3,2
		20	11	6,3

035	Резьбофрезерная	7, 9	9	3,2
		8	11	6,3
045	Центрошлифовальная	центровые отверстия	7	0,8
050	Круглошлифовальная черновая	13, 17	8	1,6
055	Торцекруглошлифовальная черновая	2	8	1,6
		3	14	2,5
060	Резьбошлифовальная	7, 9	8	1,6
065	Круглошлифовальная чистовая	13	6	0,8
			7	1,6
070	Круглошлифовальная чистовая	2	6	0,8
		3	7	1,6

2.6 Определение припусков.

В этом разделе определяем припуск на поверхность $\varnothing 35k6^{(+0,018}_{+0,002})$ расчетно-аналитическим методом. [5]

Исходные данные:

$$D = 35k6^{(+0,018}_{+0,002}); L = 47; Ra = 0,8.$$

На обработку данной поверхности назначаем технологические переходы: черновое точение; чистовое точение; закалка (ТО); черновое шлифование; чистовое шлифование.

Для каждого перехода определяем суммарную величину

$$a = R_z + h_o.$$

Определим суммарное отклонение формы и расположения поверхностей после обработки на каждом переходе из зависимости $\Delta = 0,25 \cdot Td$:

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 2,2 = 0,550, \text{ мм}.$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,250 = 0,063, \text{ мм}.$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,062 = 0,016, \text{ мм}.$$

$$\Delta_{TO} = 0,25 \cdot 0,100 = 0,025, \text{ мм}.$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,039 = 0,010, \text{ мм}.$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,16 = 0,004, \text{ мм}.$$

Определим погрешность установки ε заготовки в приспособлении на каждом переходе. В нашем случае до термообработки заготовка устанавливается в токарном поводковом патроне, так как присутствуют большие силы резания и обеспечивается достаточная точность.

Определяем предельные значения припусков на обработку для каждого перехода, кроме 0 и ТО.

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}.$$

Минимальное значение припуска рассчитаем из зависимости

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,550^2 + 0,025^2} = 0,951, \text{ мм}.$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,063^2 + 0} = 0,263, \text{ мм}.$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{\Delta_{TO}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,025^2 + 0^2} = 0,125, \text{ мм}.$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,05 + \sqrt{0,010^2 + 0} = 0,060, \text{ мм}.$$

Максимальное значение припуска рассчитаем из зависимости

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

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(d_0 + Td_1) = 0,951 + 0,5(2,200 + 0,250) = 2,176, \text{ мм}.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(d_1 + Td_2) = 0,263 + 0,5(0,250 + 0,062) = 0,419, \text{ мм}.$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(d_2 + Td_3) = 0,125 + 0,5(0,062 + 0,039) = 0,176, \text{ мм}.$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(d_3 + Td_4) = 0,060 + 0,5(0,039 + 0,016) = 0,088, \text{ мм}.$$

$$d_{4\min} = 35,002, \text{ мм}.$$

$$d_{4\max} = 35,018 \text{ мм}.$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2Z_{4\min} = 35,018 + 2 \cdot 0,060 = 35,138, \text{ мм}.$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_3 = 35,138 + 0,016 = 35,154, \text{ мм}.$$

$$d_{TO} = d_{3\max} + 2Z_{3\min} = 35,154 + 2 \cdot 0,125 = 35,404, \text{ мм}.$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 35,404 + 0,100 = 35,504, \text{ мм}.$$

$$d_{2\min} = d_{TO\min} \cdot 0,999 = 35,504 \cdot 0,999 = 35,468, \text{ мм}.$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + TD_2 = 35,468 + 0,062 = 35,530, \text{ мм}.$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2Z_{2\min} = 35,530 + 2 \cdot 0,263 = 36,056, \text{ мм}.$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 36,056 + 0,250 = 36,556, \text{ мм}.$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2Z_{1\min} = 36,556 + 2 \cdot 0,951 = 38,458, \text{ мм}.$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 38,458 + 2,200 = 40,658, \text{ мм}.$$

Определим средние значения диаметров на каждый переход

$$d_{cpi} = 0,5(d_{i\max} + d_{i\min}).$$

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(40,658 + 38,458) = 39,558, \text{ мм}.$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(36,556 + 36,056) = 36,306, \text{ мм}.$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2\max} + d_{2\min}) = 0,5(35,530 + 35,468) = 35,499, \text{ мм}.$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TO\max} + d_{TO\min}) = 0,5(35,504 + 35,404) = 35,454, \text{ мм}.$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3\max} + d_{3\min}) = 0,5(35,138 + 35,154) = 35,146, \text{ мм}.$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4\max} + d_{4\min}) = 0,5(35,018 + 35,002) = 35,010, \text{ мм}.$$

Определим общий припуск

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{4\max}.$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_4.$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2Z_{\min} + 2Z_{\max}).$$

$$2Z_{\min} = 38,458 - 35,018 = 3,440, \text{ мм}.$$

$$2Z_{\max} = 3,440 + 2,200 + 0,016 = 5,656, \text{ мм}.$$

$$2Z_{cp} = 0,5(3,440 + 5,656) = 4,548, \text{ мм}.$$

Схема расположения допусков приведена на рисунке 2.1.

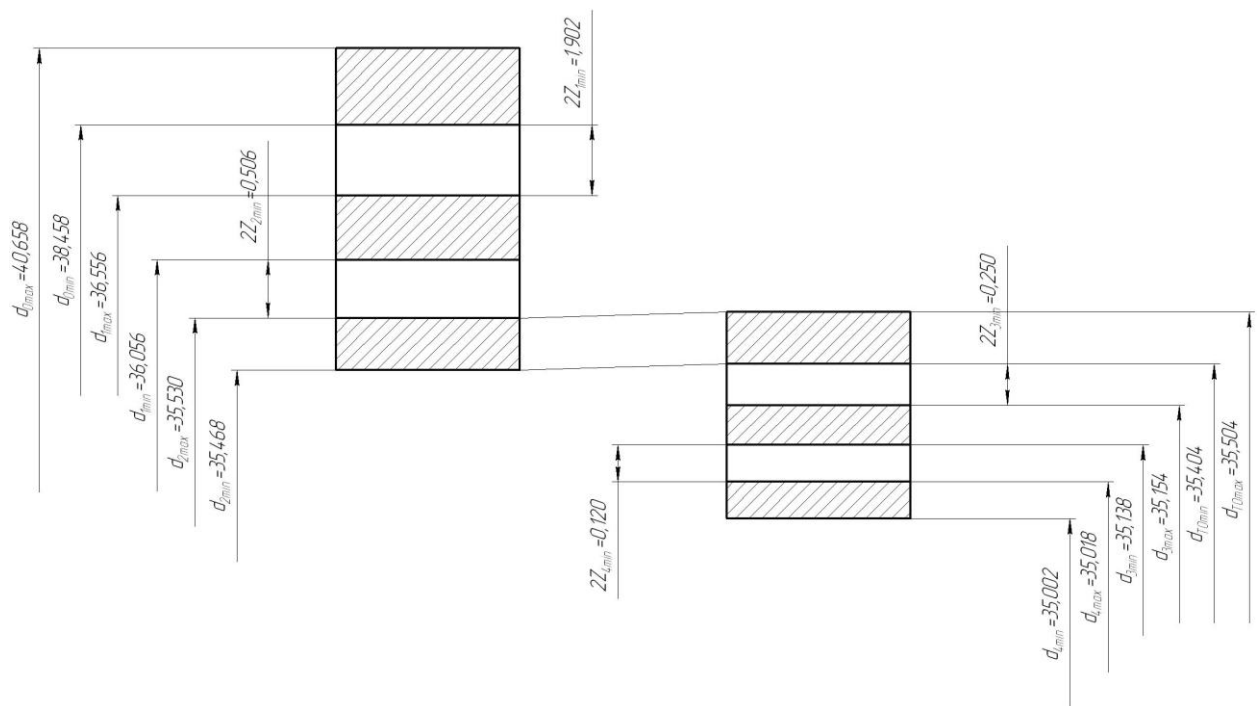


Рис. 2.1. Схема расположения полей допусков и припусков на поверхность

$$\varnothing 35k6 \begin{matrix} +0,018 \\ +0,002 \end{matrix}.$$

2.7 Проектирование заготовки.

При проектировании заготовки, выполненной методом штамповки, будем учитывать надлежащие пункты:

- 1) припуски для обработки;
- 2) черновые базы;
- 3) требования, предъявляемые к степени точности;
- 4) уклоны штамповки.

По ГОСТ 7505-89 [6] для нашей заготовки выбираем:

- 1) По [6] принимаем группу стали М2.
- 2) Штамповка на горячечковочной машине относится к классу точности

Т4.

- 3) Определим степень сложности:

$$G_{II} = 3,65 \text{ кг.}$$

$$G_{\Phi} = 6,52 \text{ кг.}$$

$$\frac{G_{II}}{G_{\Phi}} = \frac{3,65}{6,52} = 0,56.$$

Степень сложности заготовки-штамповки по данному показателю оцениваем, как С2.

4) Определяем исходный индекс штамповки для необходимости назначения допускаемых отклонений, допусков и припусков.

Исходный индекс заготовки по ГОСТ 7505-89 [7] принимаем, как 12.

2.8 Выбор средств технологического оснащения.

Выбранное технологическое оборудование, режущий инструмент, средства контроля и технологическая оснастка представлены в сопроводительной документации к технологическому процессу, находящейся в приложениях.

Для технологического обеспечения техпроцесса оборудованием преимущественно необходимо применять станки, оснащенные системой числового программного управления.

Для 005 центровально-подрезной операции выбираем автомат центровально-подрезной с загрузочным устройством 2А911-1.

Для токарных операций 010, 015, 020 и 025 принимаем токарный станок с числовым программным управлением горизонтальной компоновки с направляющими качения модели SAMAT-400ХС.

Для шпоночно-фрезерной операции 030 выбираем шпоночно-фрезерный станок для обработки шпоночных пазов мерными и немерными шпоночными фрезами модели 692Д.

Для резьбофрезерной операции 035 выбираем резьбофрезерный полуавтомат модели 5К63, который предназначен для фрезерования цилиндрических резьб при закреплении заготовки в центрах, патроне, цанге или в люнете.

Для 045 Центрошлифовальной операции выбираем станок центрошлифовальный горизонтальной компоновки модели 3К255В.

Для торцекруглошлифовальной операции 050 выбираем станок с двухкоординатной системой числового программного управления CNC модели ХШ4-104Ф20.

Для 055 круглошлифовальной операции выбираем круглошлифовальный прецизионный станок с устройством числового программного управления модели КШ-400.2.

Для резьбошлифовальной операции 060 выберем резьбошлифовальный полуавтомат модели ВЗ-678Ф4 с системой числового программного управления, который предназначен для шлифования внешних винтовых поверхностей.

Для 065 и 070 круглошлифовальной операции выбираем круглошлифовальный прецизионный станок с устройством числового программного управления модели КШ-400.2.

2.9 Расчёт режимов резания.

2.9.1 Определим режимы обработки для операции 005 - Центровально-подрезная.

Переход 1.

В зависимости от глубины резания $t = 2,5\text{мм}$ принимаем подачу $S_0 = 0,3\text{мм/об}$. [11]

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где $V_0 = 180$; $K_1 = 1,0$; $K_2 = 1,0$; $K_3 = 1,0$; $K_4 = 1,0$. [11]

Отсюда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180\text{м/мин}$.

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 42,7} = 1342,5 \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка принимаем единую для операции $n_\phi = 630 \text{ мин}^{-1}$.

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 42,7 \cdot 630}{1000} = 84,5 \text{ м/мин}$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{22}{189} = 0,12, \text{ мин}$$

Переход 2.

$$L = L_p + L_{II} + L_d \cdot [11]$$

$$L_{II} = 1 \text{ мм.}$$

$$L_d = 2 \text{ мм.}$$

$$L = 9 + 1 + 2 = 12 \text{ мм.}$$

Так как коэффициент времени резания $\lambda = \frac{L_p}{L_{p.x}} \approx 1$, то $T_p = 60 \cdot 1 = 60$,

мин. [11]

Скорость резания

$$v = v_{TAB} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где $K_1 = 0,75$; $K_2 = 1,0$; $K_3 = 0,95$. [11]

$$v = 15 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,95 = 10,7, \text{ м/мин.}$$

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

$$n = \frac{1000 \cdot 10,7}{3,14 \cdot 8,5} = 400,9, \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка принимаем единую для операции $n = 630 \text{ мин}^{-1}$.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8,5 \cdot 630}{1000} = 16,8, \text{ м/мин.}$$

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 630 = 126, \text{ мм/мин.}$$

$$T_0 = \frac{L_{p.x}}{S_M} = \frac{11,2}{126} = 0,09, \text{ мин.}$$

$$T = \sum T_{0i} = 0,12 + 0,09 = 0,21, \text{ мин.}$$

2.9.2 Определим режимы обработки для операции 010 - Токарная черновая.

В зависимости от глубины резания $t = 2,5 \text{ мм}$ принимаем подачу $S_0 = 0,3 \text{ мм/об}$. [11]

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где $V_0 = 180; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0$. [11]

Отсюда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180 \text{ м/мин}$.

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 61,7} = 929,1 \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка $n_\phi = 800 \text{ мин}^{-1}$.

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 61,7 \cdot 800}{1000} = 155,0 \text{ м/мин}.$$

$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 800 = 240 \text{ мм/мин}$.

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{156}{240} = 0,65 \text{ мин}.$$

2.9.3 Определим режимы обработки для операции 015 - Токарная черновая.

В зависимости от глубины резания $t = 2,5 \text{ мм}$ принимаем подачу $S_0 = 0,3 \text{ мм/об}$. [11]

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где $V_0 = 180; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0$. [11]

Отсюда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180 \text{ м/мин}$.

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 57,3} = 1000,4 \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка $n_\phi = 1000 \text{ мин}^{-1}$.

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 57,3 \cdot 1000}{1000} = 179,9 \text{ м/мин}.$$

$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 1000 = 300 \text{ мм/мин}$.

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{151}{300} = 0,50 \text{ мин}.$$

2.9.4 Определим режимы обработки для операции 020 - Токарная чистовая.

Переход 1.

В зависимости от глубины резания $t = 0,3\text{мм}$ принимаем подачу $S_0 = 0,2\text{мм/об}$. [11]

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где $V_0 = 180$; $K_1 = 1,0$; $K_2 = 1,0$; $K_3 = 1,0$; $K_4 = 1,0$. [11]

Отсюда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180\text{м/мин}$.

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 34,4} = 1666,4 \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка $n_\phi = 1600 \text{ мин}^{-1}$.

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 34,4 \cdot 1600}{1000} = 172,8 \text{ м/мин}.$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 1600 = 320 \text{ мм/мин}.$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{2}{320} = 0,01 \text{ мин}.$$

Переход 2.

В зависимости от глубины резания $t = 0,3\text{мм}$ принимаем подачу $S_0 = 0,2\text{мм/об}$. [11]

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где $V_0 = 180$; $K_1 = 1,0$; $K_2 = 1,0$; $K_3 = 1,0$; $K_4 = 1,0$. [11]

Отсюда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180\text{м/мин}$.

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 57,3} = 1000,4 \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка $n_\phi = 1000 \text{ мин}^{-1}$.

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 57,3 \cdot 1000}{1000} = 179,9 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 1000 = 200 \text{ мм/мин.}$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{156}{200} = 0,78 \text{ мин.}$$

$$T = \sum T_{0i} = 0,01 + 0,78 = 0,79, \text{ мин.}$$

2.9.5 Определим режимы обработки для операции 025 - Токарная чистовая.

Переход 1.

В зависимости от глубины резания $t = 0,3 \text{ мм}$ принимаем подачу $S_0 = 0,2 \text{ мм/об.}$ [11]

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где $V_0 = 180; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0.$ [11]

Отсюда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180 \text{ м/мин.}$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 34,4} = 1666,4 \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка $n_{\phi} = 1600 \text{ мин}^{-1}.$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 34,4 \cdot 1600}{1000} = 172,8 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 1600 = 320 \text{ мм/мин.}$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{2}{320} = 0,01 \text{ мин.}$$

Переход 2.

В зависимости от глубины резания $t = 0,3 \text{ мм}$ принимаем подачу $S_0 = 0,2 \text{ мм/об.}$ [11]

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где $V_0 = 180; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0$. [11]

Отсюда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180 \text{ м/мин}$.

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 56,7} = 1011,0 \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка $n_\phi = 1000 \text{ мин}^{-1}$.

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 56,7 \cdot 1000}{1000} = 178,0 \text{ м/мин}.$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 1000 = 200 \text{ мм/мин}.$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{151}{200} = 0,76 \text{ мин}.$$

$$T = \sum T_{0i} = 0,01 + 0,76 = 0,77, \text{ мин}.$$

2.9.6 Определим режимы обработки для операции 030 - Шпоночно-фрезерная.

По [11] определяем $t = 4 \text{ мм}$; $S_z = 0,025 \text{ мм/зуб}$.

Подача на оборот шпинделя

$$S_0 = S_z \cdot z,$$

где $z = 2$.

Тогда $S_0 = 0,025 \cdot 4 = 0,1$, мм/об.

Скорость резания

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y}$$

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV},$$

$$K_{MV} = 1,0; K_{UV} = 0,5; K_{LV} = 1,0. [11]$$

Тогда $K_V = 1,0 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,5$.

$$D = 4 \text{ мм}; t = 4 \text{ мм}; S_0 = 0,05 \text{ мм/об};$$

$$C_V = 7,0; K_V = 0,5; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2; T = 30 \text{ мин}. [11]$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 4^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 4^0 \cdot 0,1^{0,7}} \cdot 0,5 = 15,5, \text{ м/мин}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 15,5}{3,14 \cdot 4} = 1234,1, \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка $n=1000 \text{ мин}^{-1}$.

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 1000}{1000} = 12,6, \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,1 \cdot 1000 = 100, \text{ мм/мин.}$$

$$T_0 = \frac{n_{\text{омс}} \cdot L_{\text{рх}}}{S},$$

$$T_0 = \frac{1 \cdot 35}{100} = 0,35 \text{ мин.}$$

2.9.7 Определим режимы обработки для операции 035 -
Резьбофрезерная.

По [11] определяем $t = 4 \text{ мм}$; $S_z = 0,025 \text{ мм/зуб}$.

Подача на оборот шпинделя

$$S_0 = S_z \cdot z,$$

где $z = 10$.

$$S_0 = 0,025 \cdot 10 = 0,25, \text{ мм/об.}$$

Скорость резания

$$V = \frac{C_v D^q K_v}{T^m t^x S_0^y},$$

$$K_v = K_{MV} K_{UV} K_{LV}.$$

$$K_{MV} = 1,0; K_{UV} = 0,5; K_{LV} = 1,0. [11]$$

Тогда $K_v = 1,0 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,5$.

$$D = 100 \text{ мм}; t = 4 \text{ мм}; S_0 = 0,05 \text{ мм/об};$$

$$C_v = 7,0; K_v = 0,5; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2; T = 30 \text{ мин}. [11]$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 100^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 4^0 \cdot 0,25^{0,7}} \cdot 0,5 = 29,5, \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 29,5}{3,14 \cdot 100} = 93,9, \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка $n=80 \text{ мин}^{-1}$.

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 80}{1000} = 25,1, \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,25 \cdot 80 = 10, \text{ мм/мин.}$$

$$T_0 = \frac{n_{\text{омс}} \cdot L_{\text{рх}}}{S},$$

$$T_0 = \frac{2 \cdot 22,44 \cdot 2}{10} = 8,98 \text{ мин.}$$

2.9.8 Определим режимы обработки для операции 045 -
Центрошлифовальная.

Диаметр круга - 50 мм.

Материал абразивного зерна – 24А;

Твердость – К;

Зернистость – F25;

Связка – V (керамическая);

Структура – б.

Скорость резания $V = 35 \text{ м/с}$. [11]

Подача $S_p = 0,4 \text{ мм/мин}$. [11].

$V_3 = 35 \text{ м/мин}$. [11].

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫХ}},$$

$T_{\text{ВЫХ}} = 0,05$. [11].

$$T_0 = \frac{8}{500} + \frac{5}{100} + 0,05 = 0,12, \text{ мин.}$$

2.9.9 Определим режимы обработки для операции 050 -
Круглошлифовальная.

Диаметр круга - 250 мм.

Материал абразивного зерна – 24А;

Твердость – К;

Зернистость – F25;

Связка – V (керамическая);

Структура – б.

Скорость резания $V = 35 \text{ м/с}$. [11]

Подача $S_p = 0,4 \text{ мм/мин}$. [11].

$V_3 = 35 \text{ м/мин}$. [11].

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 40} = 278,7, \text{ мин}^{-1}.$$

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫХ}}$$

$T_{\text{ВЫХ}} = 0,05$. [11].

$$T_0 = \frac{10}{500} + \frac{71}{100} + 0,05 = 0,96, \text{ мин.}$$

2.9.10 Определим режимы обработки для операции - 055

Торцекруглошлифовальная черновая.

Диаметр круга - 250 мм.

Материал абразивного зерна – 24А;

Твердость – К;

Зернистость – F25;

Связка – V (керамическая);

Структура – б.

Скорость резания $V = 35 \text{ м/с}$. [11]

Подача $S_p = 0,4 \text{ мм/мин}$. [11].

$V_3 = 35 \text{ м/мин}$. [11].

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 35,1} = 317,6, \text{ мин}^{-1}.$$

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫХ}}$$

$T_{\text{ВЫХ}} = 0,05$. [11].

$$T_0 = \frac{5}{500} + \frac{48}{100} + 0,05 = 0,63, \text{ мин.}$$

2.9.11 Определим режимы обработки для операции 060 - Резьбошлифовальная.

Диаметр круга - 80 мм.

Материал абразивного зерна – 24А;

Твердость – К;

Зернистость – F25;

Связка – V (керамическая);

Структура – б.

Скорость резания $V = 35 \text{ м/с}$. [11]

Подача $S_p = 0,4 \text{ мм/мин}$. [11].

$V_3 = 35 \text{ м/мин}$. [11].

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 56,7} = 196,6, \text{ об/мин.}$$

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫХ}}$$

$T_{\text{ВЫХ}} = 0,05$. [11].

$$T_0 = \frac{50}{500} + \frac{150}{100} + 0,05 = 1,65, \text{ мин.}$$

2.9.12 Определим режимы обработки для операции 065 - Круглошлифовальная чистовая.

Диаметр круга - 250 мм.

Материал абразивного зерна – 24А;

Твердость – К;

Зернистость – F25;

Связка – V (керамическая);

Структура – б.

Скорость резания $V = 35 \text{ м/с}$. [11]

Подача $S_p = 0,4 \text{ мм/мин}$. [11].

$V_3 = 35 \text{ м/мин}$. [11].

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 35} = 318,5, \text{ мин}^{-1}.$$

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫХ}},$$

$T_{\text{ВЫХ}} = 0,05$. [11].

$$T_0 = \frac{10}{500} + \frac{69}{100} + 0,05 = 0,76, \text{ мин.}$$

2.9.13 Определим режимы обработки для операции 070 -
Торцекруглошлифовальная чистовая.

Диаметр круга - 250 мм.

Материал абразивного зерна – 24А;

Твердость – К;

Зернистость – F25;

Связка – V (керамическая);

Структура – 6.

Скорость резания $V = 35 \text{ м/с}$. [11]

Подача $S_p = 0,4 \text{ мм/мин}$. [11].

$V_3 = 35 \text{ м/мин}$. [11].

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 35} = 318,5, \text{ мин}^{-1}.$$

$T_{\text{ВЫХ}} = 0,05$. [11].

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫХ}},$$

$T_{\text{ВЫХ}} = 0,05$. [11].

$$T_0 = \frac{10}{500} + \frac{47}{100} + 0,05 = 0,54, \text{ мин.}$$

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

3.1 Описание операции.

На операции 030 - Шпоночно-фрезерная ведётся обработка шпоночного паза. На рис. 3.1 представлена схема обработки.

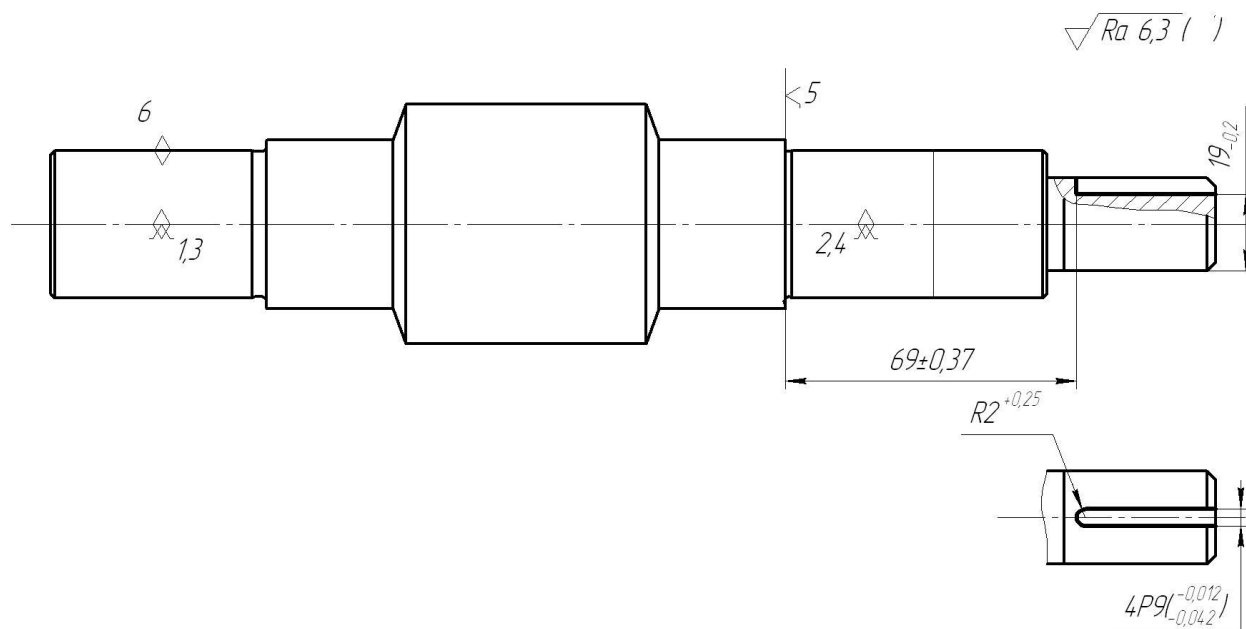


Рисунок 3.1 - Эскиз операции

3.2 Описание устройства приспособления для шпоночно-фрезерной операции.

На поверхности основания 1 смонтированы призмы (поз. 7). Они крепятся штифтами 8 и винтами 9 (рис. 3.2). Заготовка крепится от сдвига в осевом направлении торцом упираясь в призму. Крепление заготовки выполняется прихватом 2, который одной стороной опирается в шток приводного цилиндра. При осевом перемещении штока прихват поворачивается и противоположным концом давит на заготовку, прижимая её.

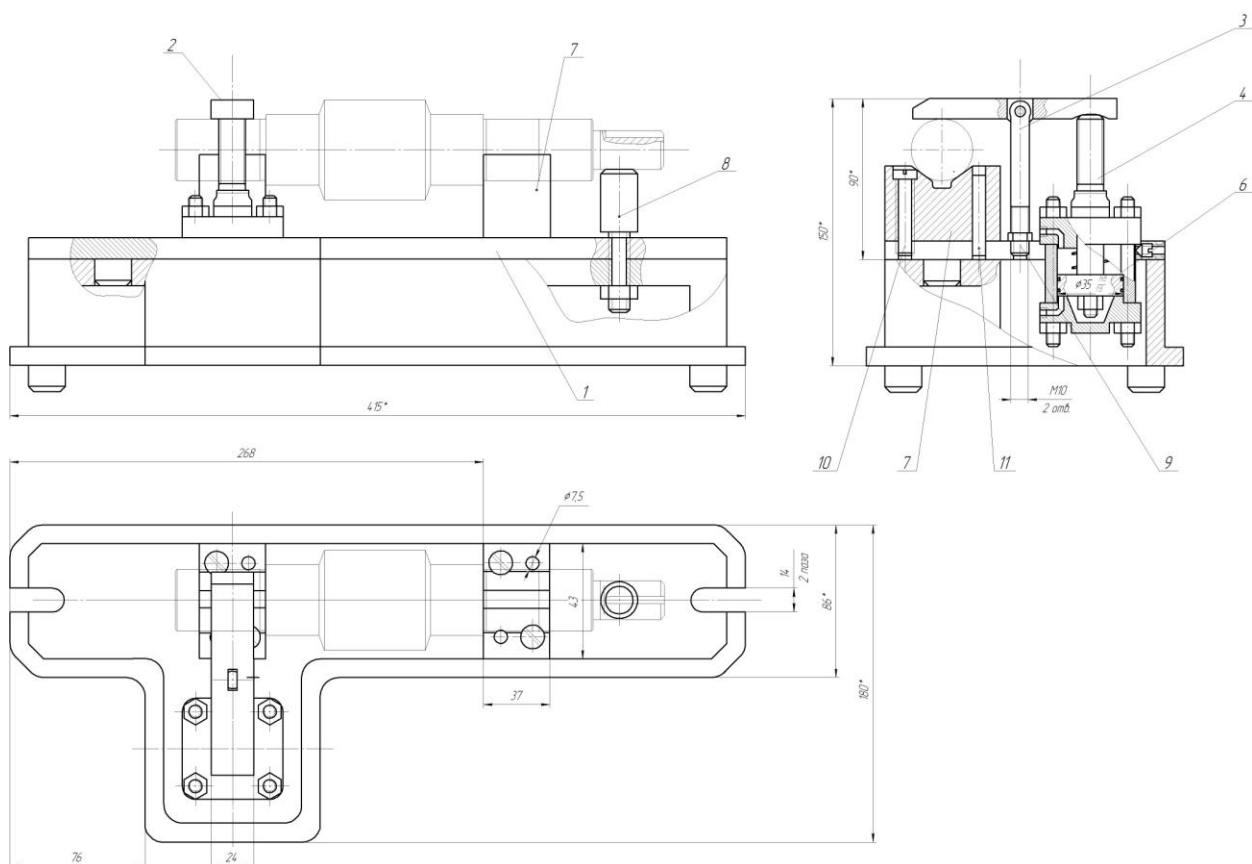


Рисунок 3.2 - Приспособление для шпоночно-фрезерной операции

Разработанное приспособление позволяет уменьшить вспомогательное операционное время, которое затрачивается в том числе на закрепление заготовки на станке.

3.3 Расчёт приспособления на точность.

На рис. 3.3 представлена схема закрепления деталей в призмах.

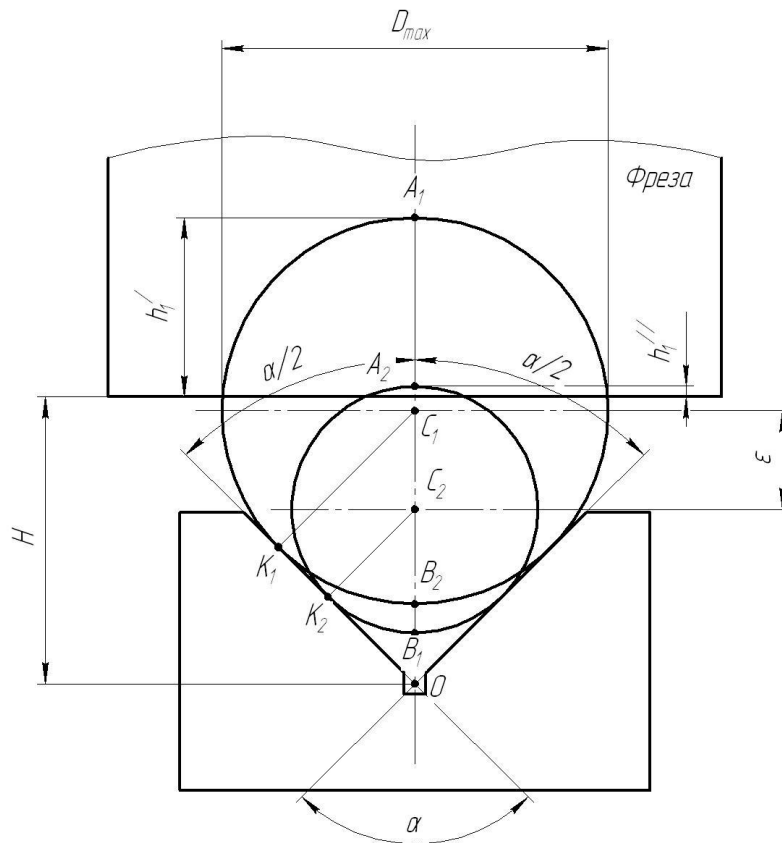


Рисунок 3.3 - Схема закрепления.

Определим погрешность установки заготовки в спроектированное приспособление.

$$\varepsilon = (D_{\min} + h_1') - (D_{\min} + h_1'') = h_1' - h_1'' = OA_1 - OA_2.$$

$$OA_1 = OC_1 + C_1A_1 = \frac{C_1K_1}{\sin \alpha/2} + C_1A_1.$$

$$C_1K_1 = C_1A_1 = \frac{D_{\max}}{2},$$

$$OA_1 = \frac{D_{\max}}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} + 1 \right).$$

$$\text{Аналогично } OA_2 = \frac{D_{\min}}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} + 1 \right).$$

Таким образом

$$\varepsilon = \frac{D_{\max}}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} + 1 \right) - \frac{D_{\min}}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} + 1 \right) = \left(\frac{D_{\max} - D_{\min}}{2} \right) \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} + 1 \right) = \frac{\delta}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} + 1 \right)$$

Заготовку фиксируется в приспособление по цилиндрическим поверхностям, имеющим размер $\text{Ø}35^{+0,018}_{+0,002}$. Подставляя данные в выведенную зависимость получим погрешность установки

$$\varepsilon = \frac{0,016}{2} \left(\frac{1}{\sin 108/2} + 1 \right) = 0,018, \text{ мм.}$$

4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

4.1 Исходные данные.

Материалом заготовки является сталь 20Х ГОСТ 4543-71.

Операционный эскиз представлен на рис. 4.1.

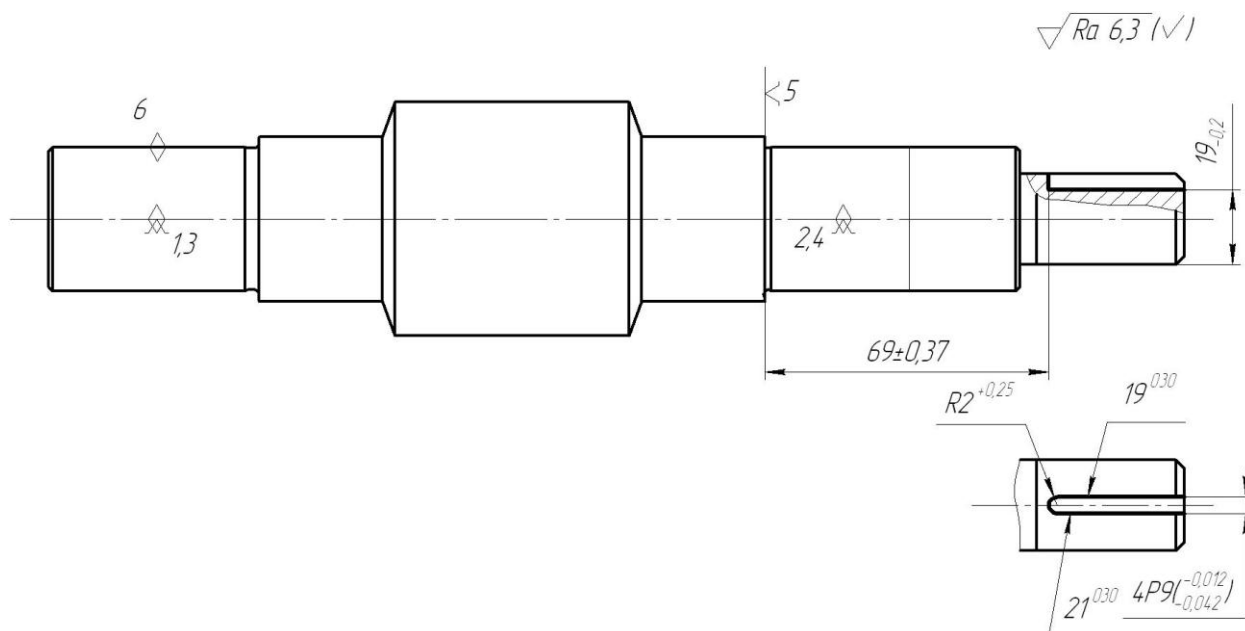


Рисунок 4.1 - Эскиз операции

4.2 Выбор материала инструмента.

Для обработки штампованной заготовки из стали 20Х с $\sigma_B=640$ МПа выбираем твёрдосплавную фрезу из материала Т15К6.

4.3 Расчёт конструктивных элементов рабочей части фрезы.

Диаметр фрезы принимаем равным ширине шпоночного паза $d=4$ мм.

Определим длину фрезы:

$$L = l_1 + l + l_2. \quad [14] \quad (4.1)$$

Для фрез диаметром до 30 мм длина режущей части $l_1 = 4 \cdot d$, поэтому:

$$l_1 = 4 \cdot 4 = 16, \text{ мм.}$$

$$l = 4 \left(\sqrt[4]{d} + \frac{12}{d} \right), \quad (4.2)$$

$$l = 4 \cdot \left(\sqrt[4]{4} + \frac{12}{4} \right) = 17,7 \text{ мм.}$$

Принимаем $l = 18$ мм.

Общая длина фрезы:

$$L = 16 + 18 + 46 = 80, \text{ мм.}$$

Число зубьев фрезы [14]:

$$z = (0,1 \dots 1,3)d \geq 2 \dots 12, \quad (4.3)$$

$$z = (0,1 \dots 1,3) \cdot 4 = 0,4 \dots 5,2.$$

Принимаем $z=4$.

Для равномерного фрезерования на цилиндрической части делают стружечную канавку с наклоном равным $\omega = 30 \dots 45^\circ$. Принимаем $\omega = 45^\circ$.

4.4 Форма и размеры зубьев и впадин.

У острозаточенных фрез форма зубьев и впадин определяется условиями обработки и имеет три разных вида профиля: криволинейная (параболическая), одноугловая и двухугловая.

Принимаем $\alpha_1 = 20^\circ$. [14]

Спинка зуба фрезы описывается радиусом

$$R = (0,3 \dots 0,45)d. \quad (4.4)$$

$$R = (0,3 \dots 0,45)4 = 1,2 \dots 1,8, \text{ мм.}$$

Принимаем $R = 1,5$ мм.

Принимаем угол наклона стружечной канавки $\theta = 50^\circ$. [14]

Принимаем шаг зубьев $\varphi = 90^\circ$. [14]

Для четырехзубой фрезы назначаем: [14]

$$\varphi_1 = 68^\circ; \varphi_2 = 72^\circ; \varphi_3 = 76^\circ; \varphi_4 = 68^\circ; \varphi_5 = 76^\circ; \varphi_6 = \varphi_7 = \varphi_8 = 0^\circ.$$

Принимаем ширину ленточки $f = 0,5$ мм. [14]

4.5 Геометрические параметры зубьев фрезы.

Геометрические параметры концевых фрез назначаются в зависимости от условий обработки: требуемая шероховатость поверхности, физико-механические свойства материала заготовки, размеры сечения среза, и т.д.

Назначаем главный угол в плане $\varphi=90^\circ$, главный задний угол $\alpha=14^\circ$; принимаем передний угол $\gamma=15^\circ$; угол наклона режущих кромок $\lambda=10^\circ$.

[14]

5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Тема выпускной квалификационной работы: «Технологический процесс изготовления червяка».

5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта.

Таблица 5.1 - Технологический паспорт технического объекта

№ п/п	Технологическое устройство	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	Фрезерование	Операция 030 Шпоночно-фрезерная	Оператор станка	Станок 692Д; специальное автоматическое зажимное приспособление	Сталь 20Х; т/с Т15К6; б/р; СОЖ-Волгол

5.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 5.2 – Риски в профессиональной деятельности

№п/п	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	Операция шпоночно-фрезерная	Высокая температура поверхности оборудования и материалов, движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; высокий шум на рабочем месте	Заготовка детали, металлорежущий инструмент, шпоночно-фрезерный станок 692Д оснащенный автоматизированным приспособлением

5.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Таблица 5.3 – 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 оборудования, материалов	Регламентированная процедура по обучению по охране труда	Краги брезентовые с двойным наладонником, перчатки «Ангара»
2	Движущиеся машины и механизмы	Регламентированная процедура по обучению по охране труда	Очки защитные «Эталон»
3	Подвижные части производственного	Регламентированная процедура по	Очки защитные «Эталон»

Продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4
	оборудования	обучению по охране труда	
4	Высокий шум на рабочем месте	Антишумовая обработка участка обработки	Наушники «Кедр»

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

Таблица 5.4 – Определение характеристик пожара

№ п/п	Производственный участок и/или производственное подразделение	Используемое оборудование	Номер пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие проявляющиеся факторы при пожаре
1	2	3	4	5	6
1	Участок механической обработки	Шпоночно-фрезерный станок 692Д оснащенный автоматическим	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или	Неисправность электропроводки; пламя и искры; возгорание	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения

Продолжение таблицы 5.4

1	2	3	4	5	6
		приспособле нием	плавящихся твердых веществ и материалов (В)	промасленно й ветоши	на токопроводя щие части технологиче ских установок, оборудовани я, агрегатов, изделий и иного имущества

Таблица 5.5 – Выбор средства пожаротушения

Средств ва первич ного пожаро тушени я	Средств а мобиль ного пожаро тушени я	Установ ки стацион арного пожаро тушени я и/или пожаро тушащи е систем ы	Средств а автомат ики для пожаро тушени я	Оборуд ование для пожаро тушени я	СИЗ для спасения людей	Инструмент для пожаротуше ния (механизиров анный и немеханизир ованный)	Сигнализ ация, связь и оповещен ие при пожаре
1	2	3	4	5	6	7	8
Огнету шители, ли,	Пожар ные автомоб или,	Систем ы пенног осредств	Техни ческие средств	Напор ные пожар	Веревки пожарные карабины	Лопаты, багры, ломы,	Автомат ические извещат

Продолжение таблицы 5.5

1	2	3	4	5	6	7	8
ящики с песко м, пожар ные краны	били и пожар ные лестни цы	о пожар отуше ния	ва опове щения и управл ения эвакуа цией, прибор ы прием но- контро льные	Ные рукава и рукавн ые развет вления	пожарные противога зы, респирато ры	топоры	ели

Таблица 5.6 – Средства обеспечения пожарной безопасности

Название техпроцесса, применяемого оборудования, которое входит в состав технического объекта	Вид предлагаемых к реализации организационных и/или организационно-технических мероприятий	Нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, а также реализуемые эффекты
1	2	3
Фрезерование	Хранение ветоши в негоряемых ящиках; Применение плавких предохранителей или	Использование пожарной сигнализации и пожарных извещателей, противопожарные

Продолжение таблицы 5.6

1	2	3
	автоматов в электроустановках станков	инструктажи в соответствии с графиком, обеспечение средствами пожаротушения, обеспечение безопасности проведения огневых работ

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 5.7 – Определение экологически опасных факторов объекта

1	2	3	4	5
Название технического объекта и/или производственного техпроцесса	Структурные элементы технического объекта и/или производственного техпроцесса (производственного сооружения или производственного здания по функциональному назначению, операций техпроцесса, технического оборудования).	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на атмосферу (опасные и вредные выбросы в воздух)	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на гидросферу (забор воды из источников водяного снабжения, сточные воды)	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на литосферу (недра, почву, забор плодородной почвы, растительный покров, порча растительного покрова, землеотчуждение и образование отходов и т.д.)
1	2	3	4	5

1	2	3	4	5
Сверление	Шпоночно-фрезерный станок 692Д, оснащенный системой ЧПУ	Пыль металлическая	Взвешенные вещества и нефтепродукт	Основная часть отходов должна храниться в металлических контейнерах

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

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

5.6 Выводы по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта» выпускной квалификационной работы бакалавра

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

6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ

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

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

Таблица 6.1 – Отличительные особенности сравниваемых вариантов технологических процессов изготовления детали

Базовый вариант	Проектируемый вариант
Операция 030 – Шпоночно-фрезерная	
На операции используется станочное приспособление с механическим зажимом заготовки, управляемое оператором. В качестве инструмента используется фреза шпоночная из быстрорежущей стали Р6М5. Обработка осуществляется на шпоночно-фрезерном станке 692Д. $T_0 = 0,35$ мин.	На операции используется станочное приспособление с автоматическим зажимом заготовки, что снижает вспомогательное время операции. В качестве инструмента используется концевая фреза из твердого сплава Т15К6, стойкость которой в 2 раза больше. Обработка осуществляется на шпоночно-фрезерном станке 692Д. $T_0 = 0,35$ мин.

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

- программа выпуска изделия, равная 7000 шт.;
- материал изделия, масса детали и заготовки, а также способ получения заготовки, которые влияют на величину расходов основного материала. Однако, если проектным вариантом техпроцесса не предусмотрено изменение параметров заготовки или детали, то определять данную статью не целесообразно, так как не зависимо от варианта, величина будет одинаковой и на разницу между сравниваемыми процессами оказывать влияние не будут;
- нормативные и тарифные значения, используемые для определения расходов на воду, электроэнергию, сжатый воздух и т.д.;
- часовые тарифные ставки, применяемые при определении заработной платы основных производственных рабочих.

Для упрощения расчетов, связанных с проведением экономического обоснования, совершенствования технологического процесса предлагается использовать пакет программного обеспечения Microsoft Excel. Совокупное использование данных и соответствующей программы позволит определить основные экономические величины, рассчитываемые в рамках поставленных задач и целей. Согласно алгоритму расчета, применяемой методики [23], первоначально следует определить величину технологической себестоимости, которая является основой для дальнейших расчетов. Структура технологической себестоимости, по вариантам, представлена в виде диаграммы на рисунке 6.1.

Анализируя представленный рисунок, можно наблюдать уменьшающую тенденцию только по расходам на содержание и эксплуатацию оборудования, и это естественно, т.к. изменения по рассматриваемым операциям коснулись только оборудования без изменения времени обработки. Не смотря на незначительное изменение технологической себестоимости можно выдвинуть предположение о возможной эффективности предложенных изменений. Однако, для

вынесения окончательного вывода, необходимо еще провести ряд соответствующих расчетов.

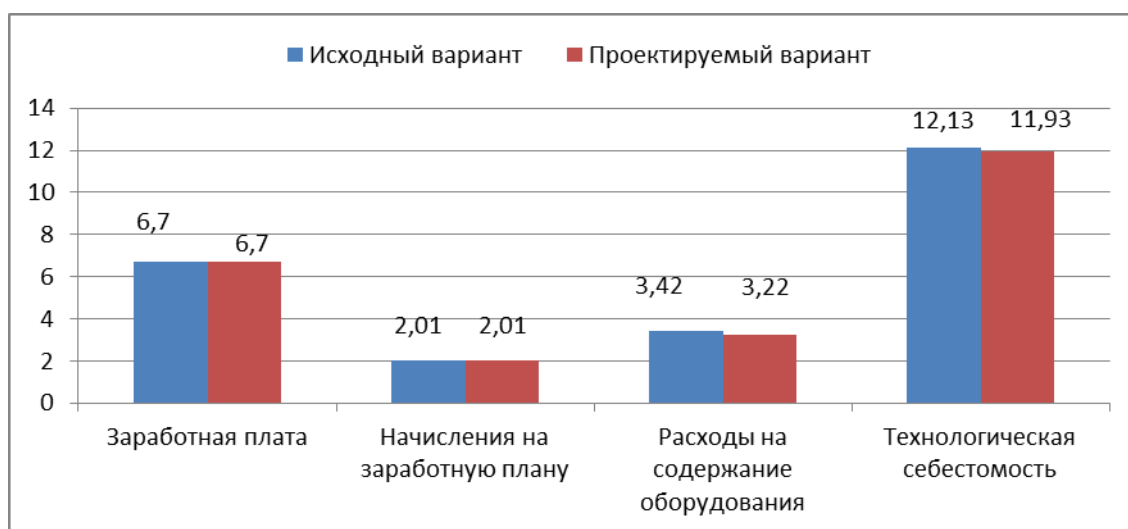


Рисунок 6.1 – Структура технологической себестоимости изготовления изделия, руб.

Учитывая основные отличия проектируемого технологического процесса, определим размер необходимых инвестиций для внедрения. Согласно описанной методике расчета капитальных вложений [23] данная величина составила 3119,4 руб., в состав которой входят затраты на инструмент.

Далее выполним экономические расчеты по определению эффективности предложенных внедрений. Применяемая методика расчета [23], позволяет определить необходимые величины, такие как: чистая прибыль, срок окупаемости, общий дисконтируемый доход и интегральный экономический эффект. Анализ описанных значений позволит сделать обоснованное заключение о целесообразности внедрения. Все значения, полученные, при использовании описанной методики, представлены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Результаты показателей эффективности внедрения предложений

№	Наименование показателей	Условное обозначение, единица измерения	Значение показателей	
1	Полная себестоимость	$C_{\text{полн}}$ руб.	36,63	36,43
2	Чистая прибыль	$P_{\text{чист}}$ руб.	1120	
3	Срок окупаемости инвестиций	$T_{\text{ок}}$ лет	4	
4	Общий дисконтированный доход	$D_{\text{общ. диск}}$ руб.	3549,28	
5	Интегральный экономический эффект	$E_{\text{инт}} = ЧДД$, руб.	429,88	
6	Индекс доходности	$ИД$, руб.	1,14	

При анализе представленных значений, особенно внимание необходимо уделять сроку окупаемости, величине чистого дисконтированного дохода и индекса доходности. Все описанные параметры имеют значения, которые подтверждают эффективность внедрения описанного технологического проекта. А именно: получена положительная величина интегрального экономического эффекта – 429,88 руб.; рассчитано значение срока окупаемости – 4 года, который можно считать относительно оптимальной величиной для машиностроительного предприятия; и наконец, индекс доходности (ИД), который составляет 1,14 руб./руб., что относится к рекомендуемому интервалу значений этого параметра.

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе выполнен технологический процесс изготовления червяка привода червячного редуктора, сделан технико-экономический анализ и спроектирована заготовка, рассчитаны припуски на одну из поверхностей детали, техпроцесс оснащен современными технологическими средствами.

На шпоночно-фрезерную операцию 030 спроектировано станочное приспособление с автоматическим приводом.

На 035 шпоночно-фрезерную операцию разработан режущий инструмент.

Техпроцесс сопровождается технологической документацией.

В работе выполнен анализ безопасности и экологичности технического объекта.

Экономический расчет показал эффективность работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маталин А. А. Технология машиностроения [Электронный ресурс] : учебник / А. А. Маталин. - Изд. 4-е, стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 512 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. - 782 с.
3. Безъязычный В. Ф. Основы технологии машиностроения [Электронный ресурс] : учебник для вузов / В. Ф. Безъязычный. - Москва : Машиностроение, 2013. - 568 с.
4. Козлов, А.А. Кузьмич, И.В. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин: учеб.-метод. пособие по выполнению курсовых проектов по дисциплине «Основы технологии машиностроения» для студентов спец. 151001 «Технология машиностроения» / сост. А.А. Козлов, И.В. Кузьмич. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 152 с.
5. Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с.
6. ГОСТ 7505 – 89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – 36 с.
7. Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2-е изд., доп. и пер.ера. СПб: Политехника, 2007 – 380с.
8. 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 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. 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.
11. Режимы резания металлов: Справочник / Ю.В. Барановский, Л.А. Брахман, А.И. Гдалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
12. Блюменштейн В. Ю. Проектирование технологической оснастки : учеб. пособие для вузов / В. Ю. Блюменштейн, А. А. Клепцов. - Изд. 3-е, стер. ; гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 219 с.
13. Горохов В. А. Проектирование технологической оснастки : учеб. для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе, И. А. Коротков. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2010. - 431 с.
14. Кожевников, Д.В. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебник / Д.В. Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов [и др.]. - Электрон. дан. - М. : Машиностроение, 2014. — 520 с.
15. Резников Л. А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / Л. А. Резников ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2014. - 207 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. Козлов, А. А. Проектирование механических цехов [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / А. А. Козлов ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 47 с.

18. Суслов, А. Г. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Г. Суслов. - 2-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Машиностроение, 2007. - 429 с.

19. 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.

20. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя в трех томах. Том 1. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2006. — 928 с.

21. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. Т. 2. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2006. — 960 с.

22. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. Т. 3. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2006. — 928 с.

23. 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.

24. Бычков, В.Я. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие. [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Я. Бычков, А.А. Павлов, Т.И. Чибисова. - Электрон. дан. - М. : МИСИС, 2009. - 146 с.

25. Горина, Л. Н., Фесина, М.И. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие. / Л. Н. Горина, М.И. Фесина - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 51с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

