

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 вала-шестерни привода роботизированного комплекса

Студент(ка)	<u>Щекин Н.А.</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 вала-шестерни привода роботизированного комплекса. Выполнено обоснование выбора метода получения и спроектирована заготовка. Разработанная технология оснащена современными технологическими средствами. Спроектирован режущий инструмент на одну из операций технологического процесса.

Графическая часть работы состоит из 7 листов формата А1, пояснительная записка содержит 58 страниц.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
АННОТАЦИЯ	4
ВВЕДЕНИЕ	6
1 ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ	7
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ	11
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ	32
4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА	36
5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	42
6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	55
ПРИЛОЖЕНИЯ	59

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время управлению технологическими процессами и производствами отводится важная роль, так как в этой отрасли науки и производства приходится заниматься решением актуальных проблем машиностроения. Вопросы теории качества имеют значительный удельный вес в научных исследованиях. Способы управления открывают принципиально новые пути значительного повышения качества, эффективности высокотехнологичного оборудования.

Создание прогрессивных технологических систем стало возможно в результате развития таких областей науки и техники, как технология машиностроения, электроника, информатика, математика и др. Это системы взаимосвязанных машин, приборов, оборудования, инструментов, выполняющие основные, вспомогательные и обслуживающие процессы. В современных условиях многообразности научно-технических решений важную роль играет специализированная техническая литература, находящаяся на границе общетехнического назначения, и раскрывающая отдельные специализированные вопросы научного мировоззрения. Одним из аспектов технологических обрабатывающих систем является развитие и создание новых видов инструментов, обеспечивающих бурно развивающуюся автоматизацию механической обработки в машиностроении.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса изготовления вала-шестерни привода роботизированного комплекса, заданного качества с минимальной себестоимостью, с применением современных достижений науки и техники.

1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА. ЗАДАЧИ РАБОТЫ

1.1 Назначение и условия работы детали.

Вал-шестерня роботизированного комплекса служит для восприятия крутящего момента шлицами и передачи его коническим зубчатым венцом.

1.2 Классификация поверхностей детали.

Проклассифицируем поверхности детали для выявления наиболее ответственных из них. Для этого пронумеруем поверхности и представим это на рис. 1.1.

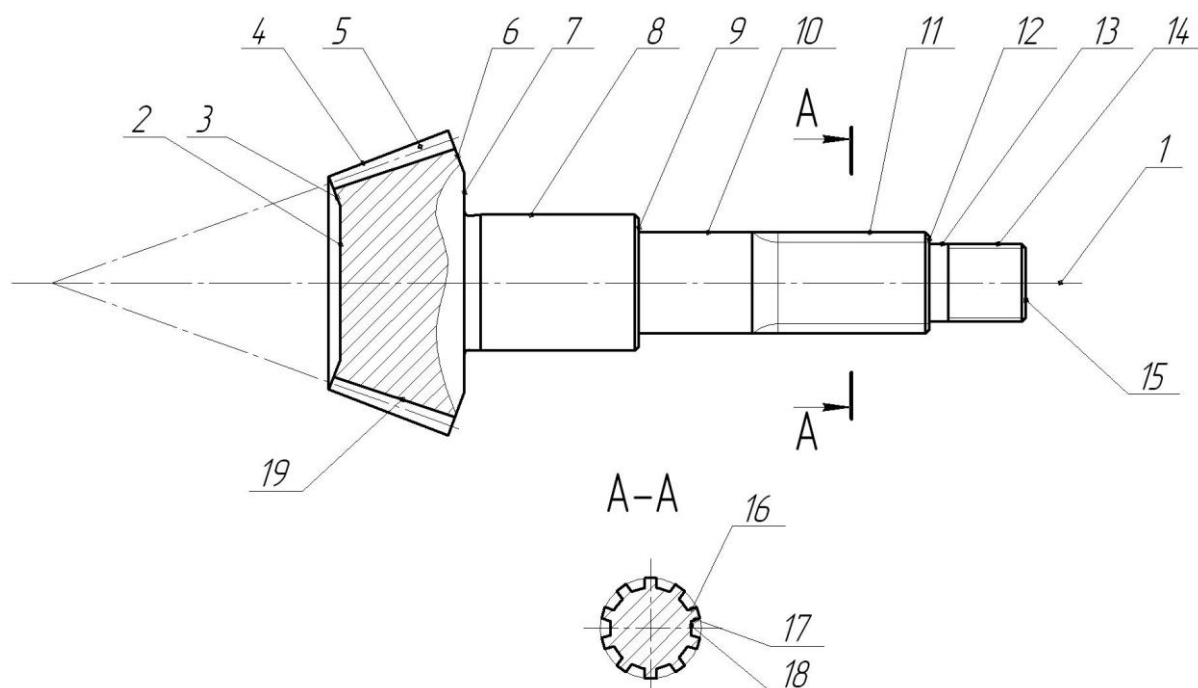


Рисунок 1.1 - Нумерация поверхностей детали

Результаты классификации занесем в табл. 1.1.

Таблица 1.1 - Классификация поверхностей

Тип поверхности	Номер поверхности
Исполнительные поверхности	23, 25, 26, 28
Основные конструкторские базы	7, 8
Вспомогательные конструкторские базы	11, 14
Свободные поверхности	остальные

Исполнительными поверхностями являются боковые поверхности зубчатого венца (5) и боковые поверхности шлицев (16, 17). [1]

Основными конструкторскими являются шейка под подшипник (8) и торец 7. [1]

Вспомогательной конструкторской базой является резьбовая поверхность 14. [1]

1.3. Анализ требований к поверхностям детали.

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

Таблица 1.2 - Химический состав стали 19ХГН ГОСТ 4543-71

Химический элемент	Содержание
С (углерод)	0,16...0,21 %
Si (кремний)	0,17...0,37 %
Mn (марганец)	0,7...1,0 %
Ni (никель)	0,8...1,1 %
S (сера)	до 0,035 %
P (фосфор)	до 0,035 %
Mo (молибден)	до 0,1 %
Cr (хром)	0,8...1,1 %
Cu (медь)	до 0,3 %
Fe (железо)	остальное

Таблица 1.3 - Физико-механические свойства стали 19ХГН

σ_T	σ_B	δ_5	KCU	HB
МПа	МПа	%	Дж/см ²	Не более
930	1200	7	690	217

Согласно данным таблиц 1.2 и 1.3 свойства стали 19ХГН ГОСТ 4543-71 по требуемым характеристикам соответствуют необходимым требованиям нашей детали.

Заготовку можно получить методом штамповки или прокатки. В обоих перечисленных случаях форма ее будет достаточно простая.

В конструкции нашей детали предусмотрена технологическая канавка для выхода шлифовального круга.

От условий работы нашей детали зависят требования по точности и шероховатости ее поверхностей. Уменьшение точности поверхностей снизит точность позиционирования детали в механизме, а, следовательно, приведет к снижению работоспособности всего механизма.

Конструкция детали позволяет свободно обрабатывать механическим способом и измерять любую поверхность. Это позволяет применять в основном универсальный, а в меньшей степени специализированный режущий и мерительный инструмент.

В результате, проанализировав требования, предъявляемые к поверхностям детали, можно сделать вывод, что деталь технологична.

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 – изготовления вала-шестерни привода роботизированного комплекса с заданным качеством, используя современное состояние 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

Разработка технологического процесса начинается с определения типа производства, так как этим определяются типы технологических операций, выбор оборудования и так далее.

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 $m=1,25$ кг и $N_{\bar{A}} = 5000$ деталей в год выберем тип производства по таблице. [3]

Исходя из того, что годовой объем выпуска равен $N_{\bar{A}} = 5000$ деталей в год, а масса детали $m=1,25$ кг, то тип производства определяется как среднесерийное. [3]

2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.

Руководствуясь [3], определим стратегию разработки техпроцесса для среднесерийного типа производства, чтобы обеспечить заданный выпуск деталей с заданным качеством и наименьшими затратами: форму организации техпроцесса принимаем переменнo-поточную; заготовку можно выполнить штамповкой или из проката; оборудование принимаем универсальное или с числовым программным управлением; оснастку принимаем универсальную или специальную. Остальные пункты выбираем 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]

Первым вариантом является изготовления заготовки методом штамповки. При этом класс точности заготовки определяемый по [4] – 3; класс сложности штамповки – 2; массу штамповки, определяем при помощи 3D моделирования – 2,28 кг.

Вторым вариантом для сравнения является изготовление заготовки методом проката (прокат Ø78,5x185). Массу заготовки определяем при помощи 3D моделирования – 7,01 кг.

Стоимость одного килограмма штампованных заготовок $C_{\text{заг}} = 0,315$ руб.

Стоимость одного килограмма заготовок из проката $C_{\text{заг}} = 0,115$ руб.

Стоимость одного килограмма стружки для обоих вариантов $C_{\text{отх}} = 0,0144$ руб.

Массу детали берем из чертежа $m_{\text{д}} = 1,25$ кг.

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

$$C_{\text{мех}} = C_c + E_H \cdot C_K, \quad (2.1)$$

где $C_c = 0,505$ руб/кг; $E_H = 0,15$; $C_K = 1,115$ руб/кг. [4].

Далее по формуле (2.1) имеем:

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

Рассчитаем стоимость срезания одного килограмма стружки с заготовки, полученной штамповкой [4].

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

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

Тогда по формуле (2.2) имеем:

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

Дальше определим себестоимость изготовления детали из штамповки [4].

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

где $Q_{\text{об}} = 2,28 \text{ т}$; $q = 1,25 \text{ кг}$; $C_{\text{отх}} = 0,0144 \text{ руб/кг}$. [4]

Тогда по формуле (2.3) имеем:

$$C_{\text{ми}} = 0,2715 \cdot 2,28 + 0,6723 \cdot (2,28 - 1,25) + (2,28 - 1,25) \cdot 0,0144 = 1,2967 \text{ руб.}$$

Дальше определим себестоимость изготовления детали из проката [4].

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

где $Q_{\text{пр}} = 7,01 \text{ кг}$.

Исходя из зависимости (2.4) имеем:

$$C_{\text{ми}} = 0,2219 \cdot 7,01 + 0,6723 \cdot (7,01 - 1,25) + 0,0144 \cdot (7,01 - 1,25) = 5,3450 \text{ руб.}$$

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

Годовая экономия при этом будет равна:

$$\mathcal{E}_z = C_{\text{ми}} - C_{\text{ми}} N_z = 5,3450 - 1,2967 \cdot 3000 = 2024,15 \text{ руб.}$$

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 сведём их в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 - Методы обработки поверхностей

№ поверхности	Квалитет точности	Шероховатость Ra	Последовательность обработки
1, 15	14	6,3	Центровально-подрезная
2, 3, 4, 6, 9, 12, 13	14	6,3	Токарная черновая, Токарная чистовая
5	8	1,6	Зубофрезерная, Зубопритирочная
7	14	3,2	Токарная черновая, Токарная чистовая
8	6	0,8	Токарная черновая, Токарная чистовая, Шлифовальная черновая, Шлифовальная чистовая
10	13	6,3	Токарная черновая, Токарная чистовая
11	7	1,6	Токарная черновая,

Продолжение табл. 2.1

			Токарная чистовая, Шлифовальная
14	6	1,6	Токарная черновая, Токарная чистовая, Резьбошлифовальная
16, 17	9	3,2	Шлицефрезерная
18	12	6,3	Шлицефрезерная

2.5 Разработка технологического маршрута изготовления детали.

В зависимости от методов обработки поверхностей выполним маршрут обработки, представленный в виде таблицы 2.2.

Таблица 2.2 - Маршрут обработки детали

№ оп.	Наименование операции	Номера обрабатываемых поверхностей	IT	Ra
1	2	4	4	5
000	Заготовительная	Все	16	40
005	Центровально-подрезная	14	12	6,3
		2, 15	14	6,3
010	Токарная черновая	4	14	6,3
015	Токарная черновая	6, 7, 9, 12, 13	14	6,3
		8, 11, 14	12	
020	Токарная чистовая	2	14	3,2
		3, 4	14	6,3
025	Токарная чистовая	6, 7, 9, 10, 12	14	6,3
		13	12	6,3
		8, 11, 14	9	3,2
030	Шлицефрезерная	16, 17	9	3,2
		18	12	6,3
035	Зуборезная	5	9	3,2
		19	12	6,3
045	Центрошлифовальная	1	8	0,8

Продолжение табл. 2.2

1	2	4	4	5
050	Круглошлифовальная	8	8	1,6
	черновая	11	8	
055	Зубопритирочная	5	8	1,6
060	Резьбошлифовальная	14	6	1,6
065	Круглошлифовальная	8	6	0,8
	чистовая	11	7	1,6

2.6 Определение припусков.

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

Исходные данные:

$$D = 35k6^{(+0,018/+0,002)}; L = 40; Ra = 0,8.$$

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

Для каждого перехода определяем суммарную величину

$$a = R_z + h_o. [7]$$

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

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 1,6 = 0,400, \text{ мкм}.$$

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

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

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

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

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,016 = 0,004, \text{ мкм}.$$

Определим установочную погрешность заготовки ε в станочном приспособлении на каждом переходе.

Определим минимальные значения припусков для каждого перехода, кроме 0 и ТО.

Минимальное значение припуска рассчитаем из зависимости

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{\sigma_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \cdot [7]$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{\sigma_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,400^2 + 0,025^2} = 0,801, \text{ ì } .$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{\sigma_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,063^2 + 0} = 0,263, \text{ ì } .$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{\sigma_{\partial 0}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,025^2 + 0^2} = 0,125, \text{ ì } .$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{\sigma_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,05 + \sqrt{0,010^2 + 0} = 0,060, \text{ ì } .$$

Максимальное значение припуска рассчитаем из зависимости

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5 \sigma_{d_{i-1} + Td_i} \cdot [7]$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5 \sigma_{d_0 + Td_1} = 0,801 + 0,5(1,600 + 0,250) = 1,726, \text{ ì } .$$

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

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

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

$$d_{4\min} = 35,002 \text{ ì } .$$

$$d_{4\max} = 35,018 \text{ ì } .$$

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

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

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

$$d_{\partial i \max} = d_{\partial i \min} + Td_{\partial i} = 35,404 + 0,100 = 35,504, \text{ ì } .$$

$$d_{2\min} = d_{\partial i \max} \cdot 0,999 = 35,504 \cdot 0,999 = 35,468, \text{ ì } .$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 35,468 + 0,062 = 35,530, \text{ ì } .$$

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

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 36,056 + 0,250 = 36,3006, \text{ ì } .$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2Z_{1\min} = 36,306 + 2 \cdot 0,801 = 37,908, \text{ ì } .$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 37,908 + 1,600 = 39,508, \text{ ì } .$$

Определим средние значения диаметров на каждый переход

$$d_{cp_i} = 0,5(d_{i\max} + d_{i\min}) . [7]$$

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(39,508 + 37,908) = 38,708, \text{ ì } .$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(36,306 + 36,056) = 36,181, \text{ ì } .$$

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

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

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

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

Определим общий припуск

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{4\max} . [7]$$

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

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

$$2Z_{\min} = 37,908 - 35,018 = 2,890, \text{ ì } .$$

$$2Z_{\max} = 2,890 + 1,600 + 0,016 = 4,506, \text{ ì } .$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2,890 + 4,506) = 3,698, \text{ ì } .$$

Схема расположения допусков приведена на рисунке 2.1.

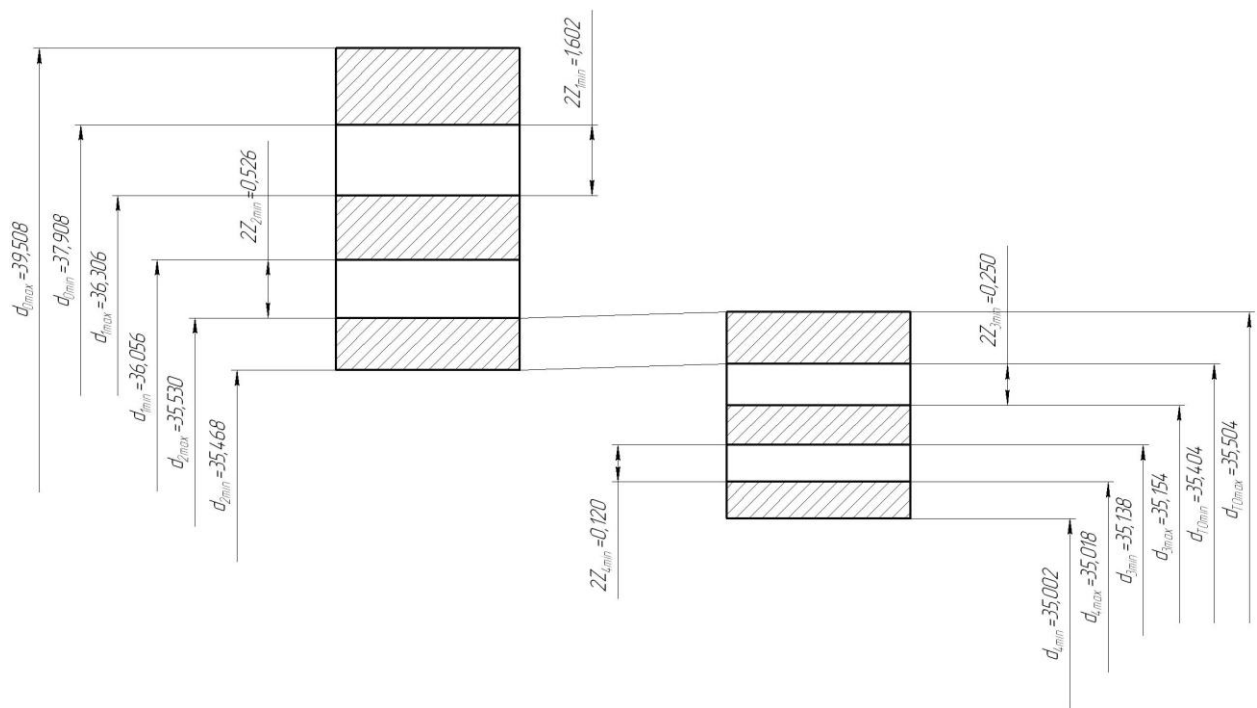


Рисунок 2.1 - Схема расположения полей допусков и припусков

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 [9] для нашей заготовки выбираем:

- 1) По [9] принимаем группу стали М2.
- 2) Штамповка на горячековочной машине относится к классу точности

Т3.

- 3) Определим степень сложности:

$$G_i = 2,28 \text{ ед.}$$

$$G_\delta = 7,01 \text{ ед.}$$

$$\frac{G_{\Pi}}{G_{\Phi}} = \frac{2,28}{7,01} = 0,33.$$

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 [9] принимаем, как 10.

2.8 Выбор средств технологического оснащения.

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

ЧПУ с постоянной структурой совершенствуются в части схемно-конструкторских реализаций и элементной базы. Основным направлением развития этих устройств является введение памяти для хранения программ и расширение технологических возможностей.

В программных устройствах ЧПУ CNC алгоритм работы реализуется с помощью программ, вводимых в память устройства. Эти устройства построены по принципу малой вычислительной машины с набором программ: интерполяции, индикации, коррекции, постоянных циклов и других.

Оперативная система ЭВМ из отдельных подпрограмм в зависимости от характера обработки составляет программу, которая затем воспроизводится при обработке заготовок. Программный способ реализации функций управления определяет основные преимущества системы CNC: формирование стандартных циклов обработки, редактирование программ, коррекция систематических погрешностей, изменение алгоритма работы, контроль правильности программы, поиск неисправностей системы и ЧПУ, технологические и экономические расчеты, выработка советов оператору и улучшение функционирования системы.

В системах автоматического управления используются самые разнообразные конструкции измерительных устройств, от качества работы

которых в большей степени зависит работоспособность этих систем. По принципу действия измерительные устройства делятся на следующие типы: электромеханические, аналоговые, импульсные и кодовые. В электромеханических измерительных устройствах измерение величины перемещения управляемого объекта выполняется с помощью шкалы, на которой вместо рисок имеются ламели. Ламели соединяются проводами с программирующим устройством, посредством которого каждая из ламелей может быть включена избирательно в схему управления.

Большинство станков с ЧПУ имеют инструментальные магазины, из которых автооператор захватывает необходимый инструмент и переносит его в шпиндель станка, предварительно удалив отработанный инструмент из шпинделя станка. Конструкция устройства для смены инструмента в значительной степени зависит от типа магазина. При относительно небольшой вместимости не более 30 инструментов применяют дисковые инструментальные магазины, размещаемые непосредственно на шпиндельной бабке станка. Относительно оси вращения магазина инструмент может располагаться параллельно, радиально или наклонно. При большом числе инструментов свыше 30 используют многосекционные барабаны, многорядные дисковые магазины или ленточные цепные магазины. Такие магазины устанавливаются непосредственно на станке или на отдельной стойке.

Стремление сократить потери времени при установке и снятии заготовки на станке привело к появлению различных приспособлений, позволяющих производить загрузку одновременно с обработкой. Для этого, например, используются столы с двумя рабочими позициями: на одной из позиций производится обработка, а на другой снятие и установка следующей заготовки. Анализ подобных приспособлений показывает, что в универсальных станках с ЧПУ используются принципы и конструктивные решения, которые наиболее характерны для специального оборудования.

Для обеспечения высокой точности позиционирования при управлении исполнительным механизмом на подходе к заданной координатной точке используют, как правило, постоянный программный цикл торможения. Этот цикл включается в конце рабочего хода или точного позиционирования и обеспечивает постепенное снижение скорости движения управляемого объекта от заданного значения до нуля в точке позиционирования. Использование программного цикла торможения повышает точность позиционирования в десятки раз.

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

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

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 60,2} = 952,2 \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем минимальную частоту на всю операцию $n_\phi = 630 \text{ мин}^{-1}$.

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 60,2 \cdot 630}{1000} = 119,1\text{м/мин}.$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 630 = 189\text{мм/мин}.$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{31}{189} = 0,16 \text{ мин.}$$

Переход 2.

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

$$L_{II} = 1 \text{ мм.}$$

$$L_d = 1,2 \text{ мм.}$$

$$L = 10 + 1 + 1,2 = 12,2 \text{ , мм.}$$

Стойкость инструмента

$$T_p = T_M \cdot \lambda,$$

$$\text{При } \lambda = \frac{L_p}{L_{p.x}} \approx 1 \quad T_M = 60 \text{ мин. [11]}$$

$$T_p = 60 \cdot 1 = 60, \text{ мин.}$$

Подача $S_0 = 0,2$ мм/об.

Скорость резания

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

где $v_{TAB} = 15$ м/мин; $K_1 = 0,75$; $K_2 = 1,0$; $K_3 = 0,95$. [11]

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

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

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

Так как используем сверла с покрытием TiN, то принимаем $n = 630$ мин⁻¹.

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

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

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

Переход 3.

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

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 21,2} = 2704,0\text{мин}^{-1}.$$

Принимаем минимальную частоту на всю операцию $n_{\phi} = 630\text{мин}^{-1}$.

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 21,2 \cdot 630}{1000} = 41,9\text{ м/мин}.$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 630 = 189\text{мм/мин}.$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{26}{189} = 0,14\text{ мин}.$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,16 + 0,09 + 0,14 = 0,39, \text{ мин}.$$

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

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 79,1} = 724,7\text{ мин}^{-1}.$$

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

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 79,1 \cdot 630}{1000} = 156,5\text{ м/мин}.$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 630 = 189\text{мм/мин}.$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{36}{189} = 0,19 \text{ мин.}$$

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

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 79,1} = 724,7 \text{ мин}^{-1}.$$

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

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 79,1 \cdot 630}{1000} = 156,5 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 630 = 189 \text{ мм/мин.}$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{177}{189} = 0,94 \text{ мин.}$$

2.9.4 Определим режимы обработки для операции 020 - Токарная чистовая.

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

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 78,5} = 730,3 \text{ мин}^{-1}.$$

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

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 78,5 \cdot 630}{1000} = 155,3 \text{ м/мин.}$$

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

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{64}{126} = 0,51 \text{ мин.}$$

2.9.5 Определим режимы обработки для операции 025 - Токарная чистовая.

Переход 1.

В зависимости от глубины резания $t = 0,25 \text{ мм}$ 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 $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180 \text{ м/мин.}$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 34,5} = 1661,6 \text{ мин}^{-1} .$$

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

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 34,5 \cdot 1600}{1000} = 173,3 \text{ м/мин.}$$

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

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{1}{320} = 0,01 \text{ мин.}$$

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

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 78,5} = 730,3 \text{ мин}^{-1}.$$

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

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 78,5 \cdot 630}{1000} = 155,3 \text{ м/мин}$$

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

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{178}{126} = 1,41 \text{ мин}$$

Переход 3.

В зависимости от глубины резания $t = 1,5 \text{ мм}$ принимаем подачу

$$S_0 = 1,5 \text{ мм/об} \text{ [11]}$$

Скорость резания

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

где $V_0 = 50; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0$. [11]

Отсюда $V = 50 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 50 \text{ м/мин}$.

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 50}{3,14 \cdot 20} = 796,2 \text{ мин}^{-1}.$$

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

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 630}{1000} = 39,6 \text{ м/мин}$$

$$S = S_0 \cdot n = 1,5 \cdot 630 = 945 \text{ мм/мин}$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{21}{945} = 0,02 \text{ мин}$$

2.9.6 Определим режимы обработки для операции 030 -

Шлицефрезерная.

$$L_{p.x.} = L_p + L_{II}, [11]$$

$$L_i = 39.$$

$$L_{p.x.} = 7 + 39 + 0 = 46, \text{ мм.}$$

Осевая подача [11].

$$S_0 = S_{0,табл} \cdot K_1,$$

где $S_{0,табл} = 1,9$ мм/об; $K_1 = 1,0$. [11]

$$S_0 = 1,9 \cdot 1 = 1,9, \text{ мм/об.}$$

Скорость резания

$$v = v_{табл} \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где $v_{табл} = 60$ м/мин; $K_2 = 1,0$; $K_3 = 1,0$. [11]

$$v = 60 \cdot 1 \cdot 1 = 60, \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 60}{3,14 \cdot 70} = 273,0, \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка $n=250$ мин⁻¹.

$$v_{факт} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70 \cdot 250}{1000} = 55,0, \text{ м/мин.}$$

Осевая передвижка фрезы $B = 12$. [11]

$$l_H = 6,5; l_K = 10 \text{ мм}; W = 5. [11]$$

$$T_0 = \frac{L_{p.x.} \cdot z \cdot i}{n \cdot S_0 \cdot z_1}, [11]$$

где $z_1 = 3$.

$$T_0 = \frac{46 \cdot 10 \cdot 1}{250 \cdot 1,9 \cdot 1} = 0,97, \text{ мин.}$$

2.9.7 Определим режимы обработки для операции 035 - Зуборезная.

Длина рабочего хода

$$L_{p.x.} = L_p + L_{II} + L_D, \quad [11]$$

$$L_p = b \cdot q,$$

$$L_p = 105 \cdot 1 = 105, \text{ мм.}$$

где $L_{II} = 15$; $L_{\dot{A}} = 0$.

$$L_{p.x.} = 105 + 15 + 0 = 120, \text{ мм.}$$

Осевая подача

$$S_0 = S_{0,табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \quad [11].$$

где $S_{0,табл} = 2,0$ мм/об; $K_1 = 1,0$, $K_2 = 1,0$. [11]

$$S_0 = 2 \cdot 1 \cdot 1 = 2, \text{ мм/об.}$$

Скорость резания

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

где $v_{табл} = 67$ м/мин; $K_2 = 1,0$; $K_3 = 1,0$. [11]

$$v = 67 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 67, \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 67}{3,14 \cdot 100} = 213,4, \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка $n=200$ мин⁻¹.

$$v_{факт} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 200}{1000} = 62,8, \text{ м/мин.}$$

Осевые передвижки

$$W = \frac{l_p - (l_n + l_k)}{B},$$

где $l_p = 100$ мм.

$$l_n = -\frac{3\pi \cdot m \cdot K}{\cos \beta} + \frac{\pi \cdot m}{4};$$

$$l_k = -\frac{1,1 \cdot \pi \cdot m \cdot K}{\cos \beta} + \frac{\pi \cdot m}{4},$$

где $K = 0,5$. [11]

$$l_n = -\frac{3 \cdot 3,14 \cdot 3,5 \cdot 0,5}{\cos 0} + \frac{3,14 \cdot 3,5}{4} = -13,738, \text{ мм.}$$

$$l_k = -\frac{1,1 \cdot 3,14 \cdot 3,5 \cdot 0,5}{\cos 0} + \frac{3,14 \cdot 3,5}{4} = -3,297, \text{ мм.}$$

$$T_0 = \frac{L_{р.х.} \cdot z}{n \cdot S_0 \cdot z_1 \cdot q}, \quad [11]$$

где $z_1 = 1$.

$$T_0 = \frac{120 \cdot 15}{200 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 1} = 4,5, \text{ мин.}$$

2.9.8 Определим режимы обработки для операции 045 -

Центрошлифовальная.

Диаметр круга – 12,0 мм.

Материал абразивного зерна – 63С (зелёный карбид кремния);

Твердость – Р;

Зернистость – F40;

Связка – V (керамическая);

Структура – б.

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

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

Торцеокруглошлифовальная черновая.

Диаметр круга – 250 мм.

Материал абразивного зерна – 25А;

Твердость – Р;

Зернистость – F40;

Связка – V (керамическая);

Структура – б.

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

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

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 250} = 317,6, \text{ мин}^{-1}.$$

Основное время определим по формуле

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

$$T_{\text{вых}} = 0,05 \cdot [11].$$

$$T_0 = \frac{10}{500} + \frac{85}{100} + 0,05 = 0,92, \text{ мин.}$$

2.9.10 Определим режимы обработки для операции 055 -
Зубопритирочная.

$$\text{Скорость притирки } v = 20 \text{ м/мин. [11]}$$

$$\text{Радиальная подача } S_p = 200 \text{ мм/мин. [11]}$$

$$T_0 = 5/60 + 0,2/S_p + 10/60 = 5 + 0,01 = 0,25 \text{ мин.}$$

2.9.11 Определим режимы обработки для операции 060 -
Резьбошлифовальная.

Диаметр круга – 250 мм.

Материал абразивного зерна – 25А;

Твердость – Р;

Зернистость – F40;

Связка – V (керамическая);

Структура – 6.

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

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

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 20} = 557,3, \text{ мин}^{-1}.$$

$$T_0 = \frac{10}{500} + \frac{21}{557,3} \cdot 1,5 = 0,08, \text{ мин.}$$

2.9.12 Определим режимы обработки для операции 065 -
Круглошлифовальная чистовая.

Диаметр круга – 250 мм.

Материал абразивного зерна – 25А;

Твердость – Р;

Зернистость – F40;

Связка – V (керамическая);

Структура – 6.

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

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

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

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

$$T_{\text{ВЫХ}} = 0,05. \text{ [11].}$$

$$T_0 = \frac{10}{500} + \frac{85}{100} + 0,05 = 0,92, \text{ мин.}$$

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

3.1 Описание операции.

На операции 005 - Центровально-подрезная ведётся обработка торцов заготовки, выполняются центровые отверстия и обрабатывается шейка под поводковый патрон.. На рис. 3.1 представлена схема обработки.

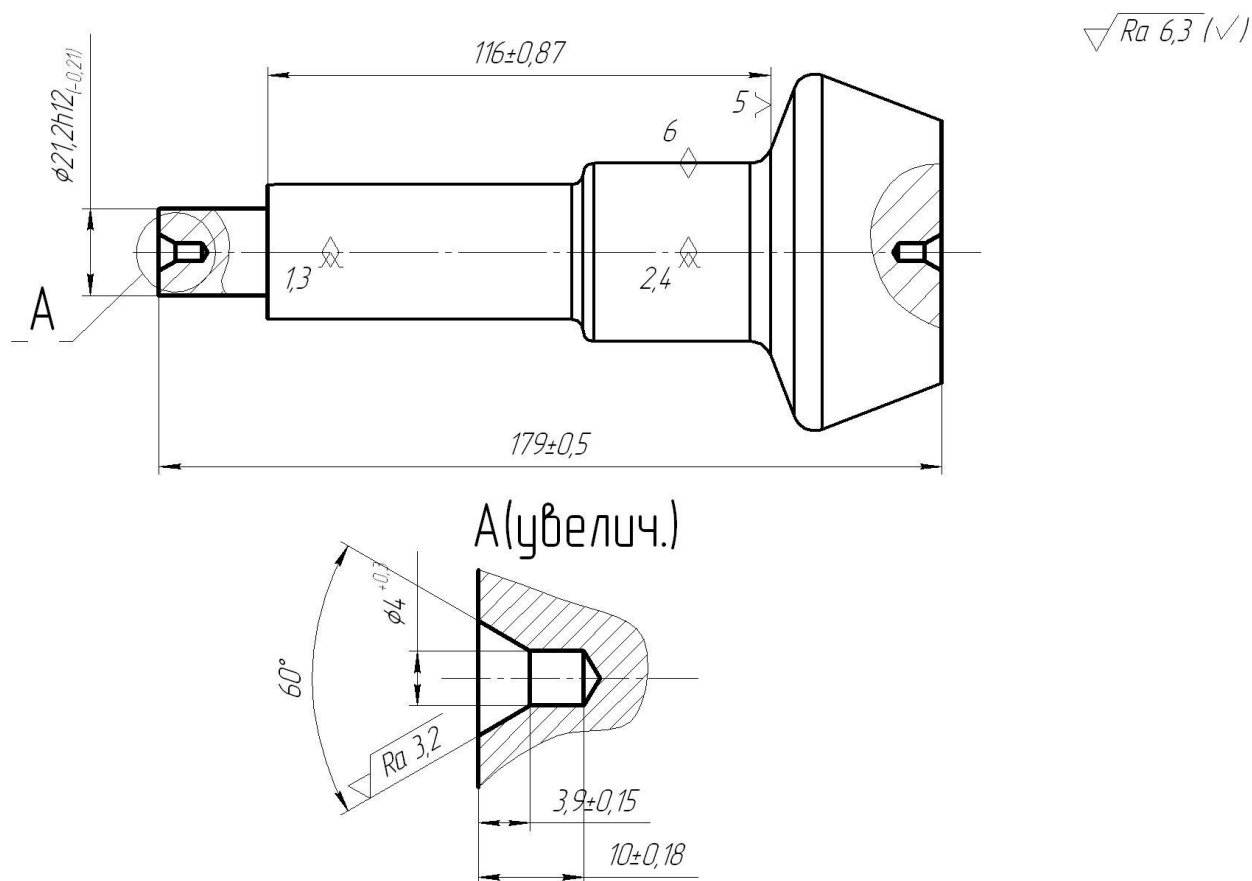


Рисунок 3.1 - Эскиз операции

3.2 Описание устройства приспособления для центровально-подрезной 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

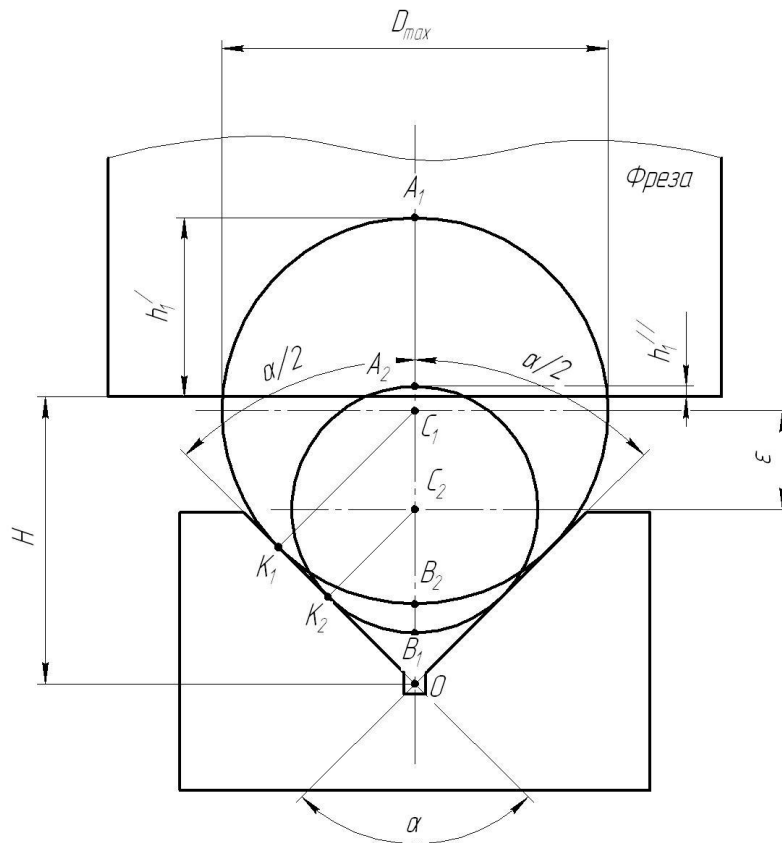


Рисунок 3.3 - Схема закрепления.

Определим погрешность установки заготовки в спроектированное приспособление.

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

$$\varepsilon = \frac{D_{\max}}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} + 1 \right) - \frac{D_{\min}}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} + 1 \right) = \left(\frac{D_{\max} - D_{\min}}{2} \right) \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} + 1 \right) = \frac{\delta}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} + 1 \right) \quad (3.1)$$

Заготовку фиксируется в приспособление по цилиндрическим поверхностям, имеющим размер $\varnothing 41_{-0,5}^{+1,1}$. Подставляя данные в выведенную зависимость получим погрешность установки

$$\varepsilon = \frac{1,6}{2} \left(\frac{1}{\sin 108/2} + 1 \right) = 1,789, \text{ мм.}$$

4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

На операции 030 – Шлицефрезерная, необходимо обработать наружные шлицы, в связи с этим, необходимо спроектировать червячную фрезу для обработки $D-10 \times 21h12 \times 26h12 \times 26h7 \times 3h9$.

Воспользуемся методикой [14].

4.1 Исходные данные.

Наружный диаметр $D - \varnothing 26h7_{(-0,021)}$.

Внутренний диаметр $d - \varnothing 21h12_{(-0,210)}$.

Ширина шлица $b - 3h9_{(-0,025)}$.

4.2 Построение линии профилирования. [14]

Найдем расчетные параметры шлицевого вала:

$$D_{\text{данный}} = D_{\text{max}} - 2c_{\text{min}} = 26,000 - 2 \cdot 0,3 = 25,400, \text{ и} \quad .$$

$$d_{\text{данный}} = d_{\text{min}} + 0,25Td = 20,790 + 0,25 \cdot 0,021 = 20,795, \text{ и} \quad .$$

$$b_{\text{расч}} = b_{\text{min}} + 0,25Tb = 2,975 + 0,25 \cdot 0,025 = 2,981, \text{ мм.}$$

Так как

$$0,25\sqrt{4D_{\text{расч}}^2 - 3b_{\text{расч}}^2} \leq r_y \leq 0,5D_{\text{расч}}, \text{ то принимаем } r_o = 12,65 \text{ мм.}$$
$$12,634 \leq r_y \leq 12,7$$

Найдем координаты экстремальной точки линии профилирования:

$$x_o = -\frac{b_{\text{расч}}}{4} \sqrt{1 - \left(\frac{b_{\text{расч}}}{4r_y}\right)^2} = -\frac{2,981}{4} \sqrt{1 - \left(\frac{2,981}{4 \cdot 12,65}\right)^2} = -0,7440, \text{ мм.}$$

$$y_o = -\frac{b_{\text{расч}}^3}{16r_y} = -\frac{2,981^3}{16 \cdot 12,65} = -0,1309, \text{ мм.}$$

Определим угол поворота вала:

$$\mu_o = \arcsin\left(\frac{b_{\text{расч}}}{4r_y}\right) = \arcsin\left(\frac{2,981}{4 \cdot 12,65}\right) = 0,0589 \text{ рад} = 3,3767^\circ.$$

Определяем угол, соответствующий началу переходной кривой:

$$\mu_n = 90^\circ - \arcsin\left(\frac{\sqrt{d_{расч}^2 - b_{расч}^2}}{2r_{ц}}\right) = 90^\circ - \arcsin\left(\frac{\sqrt{25,784^2 - 2,981^2}}{2 \cdot 12,65}\right) = 31,3274^\circ$$

$$x_i = (2,65 \cdot \sin \mu_i - 0,5 \cdot 2,981) \cdot \cos \mu_i;$$

$$x_0 = (2,65 \cdot \sin 3,3767^\circ - 0,5 \cdot 2,981) \cdot \cos 3,3767^\circ = -0,7441;$$

$$x_1 = (2,65 \cdot \sin 10^\circ - 0,5 \cdot 2,981) \cdot \cos 10^\circ = 0,6954;$$

$$x_2 = (2,65 \cdot \sin 15^\circ - 0,5 \cdot 2,981) \cdot \cos 15^\circ = 1,7228;$$

$$x_3 = (2,65 \cdot \sin 20^\circ - 0,5 \cdot 2,981) \cdot \cos 20^\circ = 2,6650;$$

$$x_4 = (2,65 \cdot \sin 25^\circ - 0,5 \cdot 2,981) \cdot \cos 25^\circ = 3,4944;$$

$$x_5 = (2,65 \cdot \sin 31,3274^\circ - 0,5 \cdot 2,981) \cdot \cos 31,3274^\circ = 4,3450;$$

$$y_i = (2,65 \cdot \sin \mu_i - 0,5 \cdot 2,981) \cdot \sin \mu_i;$$

$$y_0 = (2,65 \cdot \sin 3,3767^\circ - 0,5 \cdot 2,981) \cdot \sin 3,3767^\circ = -0,0439;$$

$$y_1 = (2,65 \cdot \sin 10^\circ - 0,5 \cdot 2,981) \cdot \sin 10^\circ = 0,1226;$$

$$y_2 = (2,65 \cdot \sin 15^\circ - 0,5 \cdot 2,981) \cdot \sin 15^\circ = 0,4616;$$

$$y_3 = (2,65 \cdot \sin 20^\circ - 0,5 \cdot 2,981) \cdot \sin 20^\circ = 0,9700;$$

$$y_4 = (2,65 \cdot \sin 25^\circ - 0,5 \cdot 2,981) \cdot \sin 25^\circ = 1,6295;$$

$$y_5 = (2,65 \cdot \sin 31,3274^\circ - 0,5 \cdot 2,981) \cdot \sin 31,3274^\circ = 2,6447.$$

Таблица 4.1 - Координаты точек профиля зуба фрезы и линии профилирования

Номер точки i	0	1	2	3	4	5
μ_i	3,3767	10	15	20	25	31,3274
x_i	-0,7441	0,6954	1,7228	2,6650	3,4944	4,3450
y_i, Y_i	-0,0439	0,1226	0,4616	0,9700	1,6295	2,6447
X_i	-0,0558	-0,0333	0,0600	0,2806	0,4838	1,3936

4.3 Построение в нормальном сечении профиля зуба.

$$X_i = r_u \left(\frac{\pi}{180} \mu_i - \arcsin \frac{b_{пасч}}{2r_u} \right) - \left(r_u \sin \mu_i - \frac{b_{пасч}}{2} \right) \cos \mu_i;$$

$$X_0 = 12,65 \left(\frac{\pi}{180} 3,3767^\circ - \arcsin \frac{2,981}{2 \cdot 12,65} \right) - \left(12,65 \cdot \sin 3,3767^\circ - \frac{2,981}{2} \right) \cos 3,3767^\circ = -0,0558;$$

$$X_1 = 12,65 \left(\frac{\pi}{180} 10^\circ - \arcsin \frac{2,981}{2 \cdot 12,65} \right) - \left(12,65 \cdot \sin 10^\circ - \frac{2,981}{2} \right) \cos 10^\circ = -0,0333;$$

$$X_2 = 12,65 \left(\frac{\pi}{180} 15^\circ - \arcsin \frac{2,981}{2 \cdot 12,65} \right) - \left(12,65 \cdot \sin 15^\circ - \frac{2,981}{2} \right) \cos 15^\circ = 0,0600;$$

$$X_3 = 12,65 \left(\frac{\pi}{180} 20^\circ - \arcsin \frac{2,981}{2 \cdot 12,65} \right) - \left(12,65 \cdot \sin 20^\circ - \frac{2,981}{2} \right) \cos 20^\circ = 0,2806;$$

$$X_4 = 12,65 \left(\frac{\pi}{180} 25^\circ - \arcsin \frac{2,981}{2 \cdot 12,65} \right) - \left(12,65 \cdot \sin 25^\circ - \frac{2,981}{2} \right) \cos 25^\circ = 0,4838;$$

$$X_5 = 12,65 \left(\frac{\pi}{180} 31,3274^\circ - \arcsin \frac{2,981}{2 \cdot 12,65} \right) - \left(12,65 \cdot \sin 31,3274^\circ - \frac{2,981}{2} \right) \cos 31,3274^\circ = 1,3936.$$

$$\bar{X}_i = X_i - X_0;$$

$$\bar{X}_1 = -0,0333 - (-0,0558) = 0,0225;$$

$$\bar{X}_2 = 0,0600 + 0,0558 = 0,1158;$$

$$\bar{X}_3 = 0,2806 + 0,0558 = 0,3364;$$

$$\bar{X}_4 = 0,4838 + 0,0558 = 0,5396;$$

$$\bar{X}_5 = 1,3936 + 0,0558 = 1,4494;$$

$$\bar{Y}_i = Y_i - Y_0;$$

$$\bar{Y}_1 = 0,1226 - (-0,0439) = 0,1665$$

$$\bar{Y}_2 = 0,4616 + 0,0439 = 0,5055$$

$$\bar{Y}_3 = 0,9700 + 0,0439 = 1,0139$$

$$\bar{Y}_4 = 1,6295 + 0,0439 = 1,6734$$

$$\bar{Y}_5 = 2,6447 + 0,0439 = 2,6886.$$

Таблица 4.2 - Скорректированные координаты точек профиля, мм

i	0	1	2	3	4	5
\bar{X}_i	0	0,0225	0,1158	0,3364	0,5396	1,4494
\bar{Y}_i	0	0,1665	0,5055	1,0139	1,6734	2,6886

$$\begin{cases} x_c^2 + y_c^2 = \rho^2 \\ 0,1158^2 - 2 \cdot 0,1158 \cdot x_c + 0,5055^2 - 2 \cdot 0,5055 \cdot y_c = 0 \\ 0,5396^2 - 2 \cdot 0,5396 \cdot x_c + 1,6734^2 - 2 \cdot 1,6734 \cdot y_c = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_c^2 + y_c^2 = \rho^2 \\ 0,2689 - 0,2316 \cdot x_c - 1,011 \cdot y_c = 0 \\ 3,0914 - 1,0792 \cdot x_c - 3,3468 \cdot y_c = 0 \end{cases}$$

$$x_c = 7,0418$$

$$y_c = -1,3472$$

$$\rho = 7,1695$$

Проверяем попадают ли точки 1 и 3 профиля зуба на дугу окружности.

$$\left| \sqrt{(X_{1,3} - x_c)^2 + (Y_{1,3} - y_c)^2} - \rho \right| \leq 0,05$$

$$\left| \sqrt{0,0225 - 7,0418^2 + 0,1665 + 1,3472^2} - 7,1695 \right| = 0,0141$$

$$\left| \sqrt{0,3364 - 7,0418^2 + 0,0139 + 1,3472^2} - 7,1695 \right| = 0,0242$$

4.4 Определение параметров зуба фрезы.

Найдем высоту ножки зуба

$$H_f = 0,5D_{расч} - r_u + q = 0,5 \cdot 25,4 - 12,65 + 0,1 = 0,15, \text{ мм.}$$

$$r_{II} = 0,5 \sqrt{d_1^2 + (2 \cdot r_{II} \cdot \sin \mu_{II} - b_{расч})^2 \cdot \cos^2 \mu_{II}}.$$

$$r_{II} = 0,5 \sqrt{18,5^2 + (2 \cdot 12,65 \cdot \sin 31,3274^\circ - 2,981)^2 \cdot \cos^2 31,3274^\circ} = 10,2200, \text{ мм.}$$

Определим полную высоту зуба

$$H = H_a + H_f = 3,4 + 0,15 = 3,55, \text{ мм.}$$

Определим в нормальном сечении толщину зуба по линии центроиды

$$S_n = \frac{2\pi}{z} r_u - b_{расч} = \frac{2\pi}{10} 12,65 - 2,981 = 4,9670, \text{ мм.}$$

$$S_x = S_n - 2 \left(r_c - \rho \cos \beta_x \right)$$

$$S_{x1} = 8,44 - 2 \left(0,1724 - 8,4862 \cdot \cos 28,7507^\circ \right) = 6,9753, \text{ мм}$$

$$S_{x2} = 8,44 - 2 \left(0,1724 - 8,4862 \cdot \cos 23,3908^\circ \right) = 7,6729, \text{ мм}$$

$$\beta_x = \arcsin \frac{|y_c| + h_x}{\rho} = \arcsin \frac{1,3472 + 3,4}{7,1695} = 41,4602^\circ$$

при $h_x = H_a$

$$\beta_x = \arcsin \frac{|y_c| + h_x}{\rho} = \arcsin \frac{3,1924 + 3,3527}{16,4862} = 23,3908^\circ$$

$$\text{при } h_x = \left(\phi_{\text{расч}} - d_{\text{расч}} \right) / 2 = \left(5,4 - 20,795 \right) / 2 = 2,3025 \text{ мм}$$

Определим нормальный шаг профиля зубьев

$$t_n = \frac{2\pi \cdot r_y}{z} = \frac{2\pi \cdot 12,65}{10} = 7,9480, \text{ мм.}$$

4.5 Конструктивные элементы фрезы.

За пределами рассчитываемого профиля зуб фрезы оформляем в соответствии с рис, назначая

$$f_1 = 2c_{\min} = 2 \cdot 0,3 = 0,6; \quad r_1 = 1 \text{ мм}; \quad l_1 = 1,5 \text{ мм.} \quad [14]$$

Следовательно, общая высота профиля фрезы

$$H_o = H + f_1 \operatorname{tg} 35^\circ + l_1 = 3,55 + 1 \cdot \operatorname{tg} 35^\circ + 1,5 = 3,55 \approx 5,7502, \text{ мм.}$$

Наружный размеры буртиков, диаметр фрезы, конфигурацию и диаметр посадочного отверстия назначаем по ГОСТ 8027-60.

$$D_e = 70, \quad D_1 = 40, \quad d_o = 27, \quad d_2 = 29, \quad f_{2\min} = 3, \quad c_2 = 1,5, \quad c_3 = 1,0.$$

Определяем длину фрезы

$$L = 2\sqrt{\phi_e - H} \overline{H} + \left(\dots 0,5 \overline{t_n} \right) + 2f_2 = 2\sqrt{\left(0 - 3,55 \right) \overline{3,55}} + 3 \cdot 7,9480 + 2 \cdot 3 = 34,17, \text{ мм.}$$

Принимаем $L = 50 \text{ мм}; \quad l = 10.$

$$a_{\min} = \operatorname{arctg} \left(\frac{|y_c|}{\rho} \operatorname{tg} a_{ro} \right) = \operatorname{arctg} \left(\frac{1,3472}{7,1695} \operatorname{tg} 10^\circ \right) = 1,8977^\circ$$

Условие $a_{\min} \geq 1,5^\circ$ выполняется.

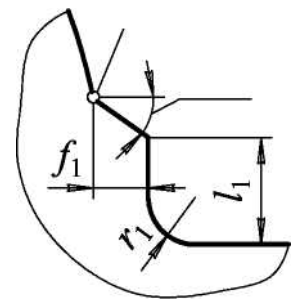
Принимаем число зубьев фрезы $Z = 12.$

Определим величину падения затылка

$$K = \frac{\pi D_e}{Z} \operatorname{tg} a_{ro} = \frac{70\pi}{12} \operatorname{tg} 10^\circ = 3,2313 \approx 3,5$$

$$K_1 = 4,5 \text{ мм}, \quad e = 0,5 \left(K_1 - K \right) = 0,5, \text{ мм.} \quad [14]$$

Глубина стружечных канавок



$$h_k = H_o + 0,5(K_1 + K) = 5,7502 + 0,5(3,5 + 6,4) = 11,5 \text{ мм}$$

$$\psi_k = 25^\circ, r_k = 2 \text{ мм. [14]}$$

Средний расчетный диаметр

$$D_t = D_e - 2H - 0,25K = 70 - 2 \cdot 3,55 - 0,25 \cdot 3,5 = 62,025, \text{ мм.}$$

Угол наклона винтовой линии стружечных канавок [14]

$$\omega = \arcsin \frac{t_n}{\pi D_t} = \arcsin \frac{7,9480}{62,025\pi} = 0,0408 \text{ рад} = 2,5^\circ.$$

Шаг винтовой линии стружечных канавок [14]

$$T = \pi D_t \operatorname{ctg} \omega = 62,025 \cdot \pi \cdot \operatorname{ctg} 2,5^\circ = 4463, \text{ мм,}$$

Осевой шаг профиля

$$t_{oc} = \frac{t_n}{\cos \omega} = \frac{7,9480}{\cos 2,5^\circ} = 7,9629.$$

5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Тема выпускной квалификационной работы: «Технологический процесс изготовления вала-шестерни привода роботизированного комплекса».

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	Центровально-подрезное	Операция 005 Центровально-подрезная	Оператор станка	Станок 2А911-1; специальное автоматическое зажимное приспособление	Сталь 19ХГН; 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 центровально-подрезная	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, центровально-подрезной станок 2А911-1 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	Центровальный станок 2А911-1 оснащенный автоматическим	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или	Неисправность электропроводки; пламя и искры; возгорание	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения

1	2	3	4	5	6
		ким приспособлением	плавящихся твердых веществ и материалов (В)	промасленной ветоши	на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества

Таблица 5.5 – Выбор средства пожаротушения

Средства первичного пожаротушения	Средства мобильного пожаротушения	Установки стационарного пожаротушения и/или пожаротушащие системы	Средства автоматической пожаротушения	Оборудование для пожаротушения	СИЗ для людей	Инструмент для пожаротушения (механизированный и немеханизированный)	Сигнализация, связь и оповещение при пожаре
1	2	3	4	5	6	7	8
Огнетушители,	Пожарные автомобили	Системы пенног	Технические средства	Напорные пожар	Веревки пожарные карабины	Лопаты, багры, ломы,	Автоматические 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
Центровально-подрезное	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
Центровально-подрезная	Центровально-подрезной станок 2А911-1, 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 вала-шестерни роботизированного комплекса. 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 – Шлицефрезерная	
В качестве инструмента используется червячная фреза из быстрорежущей стали Р6М5. Обработка осуществляется на шлицефрезерном станке с ЧПУ 5А352ПФ2. $T_0 = 0,97$ мин.	В качестве инструмента используется червячная фреза из быстрорежущей стали Р6М5 с покрытием TiN, которое увеличивает стойкость инструмента в 1,8 раза. Обработка осуществляется на шлицефрезерном станке с ЧПУ 5А352ПФ2. $T_0 = 0,97$ 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 5000 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.

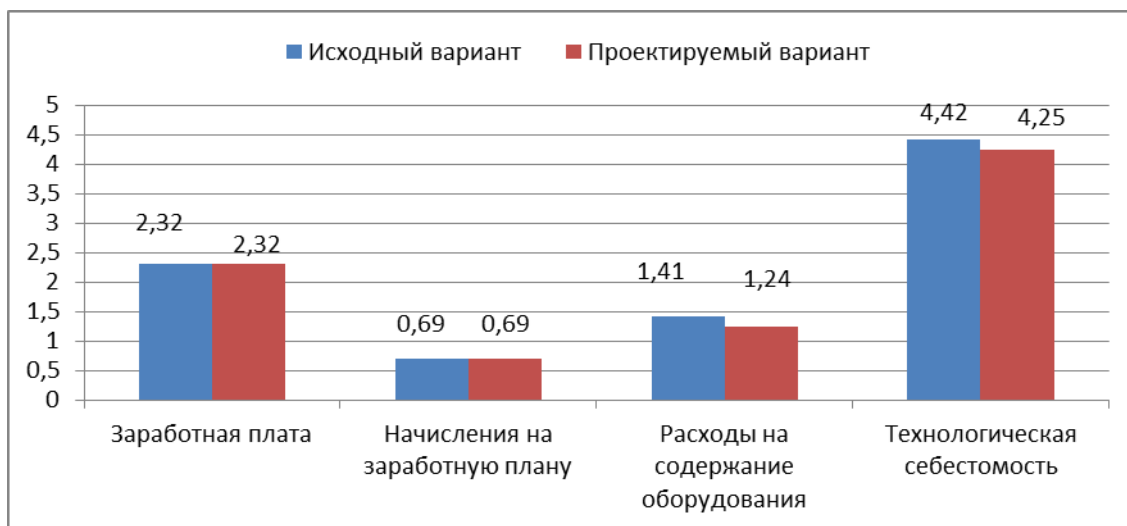


Рисунок 6.1 – Структура технологической себестоимости изготовления изделия, руб.

Учитывая основные отличия проектируемого технологического процесса, определим размер необходимых инвестиций для внедрения. Согласно описанной методике расчета капитальных вложений [23], данная величина составила 1717,5 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 5.2.

При анализе представленных значений, особенно внимание необходимо уделять сроку окупаемости, величине чистого дисконтированного дохода и индекса доходности. Все описанные параметры имеют значения, которые подтверждают эффективность внедрения описанного технологического проекта. А именно:

Таблица 5.2 – Результаты показателей эффективности внедрения предложений

№	Наименование показателей	Условное обозначение, единица измерения	Значение показателей	
1	Полная себестоимость	$S_{\text{полн}}$, руб.	12,88	12,72
2	Чистая прибыль	$P_{\text{чист}}$, руб.	640	
3	Срок окупаемости инвестиций	$T_{\text{ок}}$, лет	4	
4	Общий дисконтированный доход	$D_{\text{общ. диск}}$, руб.	2028,16	
5	Интегральный экономический эффект	$E_{\text{инт}} = ЧДД$, руб.	310,66	
6	Индекс доходности	$ИД$, руб.	1,18	

– получена положительная величина интегрального экономического эффекта – 310,66 руб.;

– рассчитано значение срока окупаемости – 4 года, который можно считать относительно оптимальной величиной для машиностроительного предприятия;

– и наконец, индекс доходности (ИД), который составляет 1,18 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 вала-шестерни привода роботизированного комплекса, сделан технико-экономический анализ и спроектирована заготовка, рассчитаны припуски на одну из поверхностей детали, техпроцесс оснащен современными технологическими средствами.

На операцию 005 спроектировано станочное приспособление для подрезки торцов и сверления центровых отверстий с автоматическим приводом.

На 035 зубофрезерную операцию разработан режущий инструмент – фреза червячная.

Техпроцесс сопровождается технологической документацией.

В работе выполнен анализ безопасности и экологичности технического объекта.

Экономический расчет показал эффективность работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безъязычный В. Ф. Основы технологии машиностроения [Электронный ресурс] : учебник для вузов / В. Ф. Безъязычный. - Москва : Машиностроение, 2013. - 568 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. Маталин А. А. Технология машиностроения [Электронный ресурс] : учебник / А. А. Маталин. - Изд. 4-е, стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 512 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. Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2-е изд., доп. и пер.ера. СПб: Политехника, 2007 – 380с.
7. 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.
8. 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.

9. ГОСТ 7505 – 89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – 36 с.

10. 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

Дубл.																				
Взам.																				
Подп.																				
															6		2			
А	цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа											
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт					
А01	ХХ.ХХ.ХХ	015	4233	Токарная черновая с ЧПУ				ИОТ № 63												
Б 02	38 1021 5	Токарный патронный с ЧПУ СА500СФ3К 1 16045				322	1	1	1	1	142	1								
003	Точить поверхность 6, выдерживая размер $\varnothing 79.1_{-0.14}$; $31_{\pm 0.31}$; $\varnothing 56.7_{-0.14}$; $35.3_{\pm 0.31}$; точить поверхность 7 и 20, выдерживая размеры																			
004	$32.3_{\pm 0.31}$; $\varnothing 45.5$; точить пов. 8, выдерживая размер $\varnothing 35.9_{-0.25}$; точить поверхность 9, выдерживая размер $80.3_{\pm 0.37}$; точить																			
005	поверхность 10, выдерживая размеры $\varnothing 26.6_{-0.33}$; $109.7_{\pm 0.435}$; точить поверхность 11, выдерживая размер $\varnothing 26.9_{-0.21}$; точить поверхн.																			
Т06	12, выдерживая р-р $155.3_{\pm 0.5}$; точить пов. 13, выдерж. р-р $\varnothing 20.6_{-0.21}$; $160_{\pm 0.5}$; точить поверхность 14, выдерживая размер $\varnothing 20.6_{-0.21}$.																			
Т07	396110 Токарный поводковый патрон ГОСТ 2571 – 71; 392190 Резец сб. проход. правый Т15К6 ГОСТ 18878-73;																			
Т08	393311 Штангенциркуль ШЦЦ-III-250-0.05 ГОСТ 166 – 89; 395840 Центр вращающийся ГОСТ 13214-79.																			
А10	ХХ.ХХ.ХХ	020	4233	Токарная чистовая с ЧПУ				ИОТ № 63												
Б11	38 1021 5	Токарный патронный с ЧПУ СА500СФ3К 1 16045				322	1	1	1	1	142	1								
012	Точить поверхность 4, выдерживая р-р $\varnothing 78.5_{-0.14}$; $21^{\circ}12' \pm 20'$.																			
Т13	396110 Патрон токарный поводковый ГОСТ 2571-71; 395840 Центр вращающийся ГОСТ 13214-79																			
Т14	392190 Резец сборный проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-73;																			
Т15	393311 Штангенциркуль ШЦЦ-III-250-0.05 ГОСТ 166 – 89; 393410 Микrometer гладкий ГОСТ 6507 – 90.																			
16																				
А17	ХХ.ХХ.ХХ	025	4233	Токарная чистовая с ЧПУ				ИОТ № 63												
Б18	38 1021 5	Токарный патронный с ЧПУ СА500СФ3К 1 16045				322	1	1	1	1	142	1								
МК																				

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
																	6	3	
А	цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.			
001	Точить канавку, выдерживая размеры $3^{+0.3}$; 0.25 ; $R1$; точить пов. 6, выдерживая р-ры $\varnothing 78.5_{-0.074}$; 30.7 ± 0.31 , $\varnothing 56.1_{-0.074}$; 35 ± 0.31 ; точить																		
002	пов. 7 и 20 выдерж. р-ры $\varnothing 45_{-0.5}$; 31.5 ± 0.31 ; точить пов. 8, выдерж. размер $\varnothing 35.3_{-0.062}$; точить фаску 1×45^0 ; точить поверхность																		
003	9, выдерж р-р 80 ± 0.37 ; точить поверхность 10, выдерживая размер $\varnothing 26_{-0.33}$; 109.4 ± 0.435 ; точить поверхность 11, выдерживая																		
004	$\varnothing 26.3_{-0.052}$; точить фаску 1×45^0 ; точить поверхность 12, выдерживая размер 155 ± 0.5 ; точить пов.13, выдерж. р-р $\varnothing 20_{-0.21}$; 160 ± 0.5 ;																		
005	точить пов.14, выдерживая размер $\varnothing 20_{-0.052}$; точить фаску 1×45^0 ; нарезать резьбу $M20 \times 1.5$ на поверхности 14.																		
Т06	396110 Патрон токарный поводковый ГОСТ 2571-71; ; 395840 Центр вращающийся ГОСТ 13214-79;																		
Т07	392190 Резец канавочный Р6М5 ГОСТ 18885-73; 392190 Резец сборный проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-73; 392190 Резец резьбовой																		
Т08	Т15К6 ГОСТ 18885-73; 393311 Штангенциркуль ШЦЦ-Ш-250-0.05 ГОСТ 166 – 89; 393410 Микрометр гладкий ГОСТ 6507 – 90.																		
09																			
А10	XX	XX	XX	030	4153	Шлищефрезерная программная ИОТ № 73													
Б11	38	1572	1	Шлищефрезерный станок с ЧПУ мод 5А352ПФ2 1 19479					322	1	1	1	1	142	1				
012	Фрезеровать поверхность 16 и 17, выдерживая размеры 109.4 ± 0.435 ; $3_{-0.25}$; $z = 10$;																		
013	фрезеровать поверхность 21, выдерживая размер $\varnothing 21_{-0.21}$.																		
Т14	XXXXXX Приспособление специальное с призмами; 391810 Фреза червячная Р6М5 ГОСТ 9324 - 80;																		
Т15	393311 Штангенциркуль ШЦЦ-Ш-250-0.05 ГОСТ 166 – 89; 394300 Калибр для контроля шлицевого вала ГОСТ 24969 – 81.																		
16																			
А17	XX	XX	XX	035	4154	Зуборезная ИОТ № 73													
Б18	38	1520	8	Зуборезный станок мод 5П23					1	12273	322	1	1	1	142	1			
МК																			

Дубл.				Взам.				Подп.				6	4				
А		Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции			Обозначение документа								
Б		Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.
001		Нарезать зубчатый венец (поверхности 5 и 19), выдерживая размеры: $m = 5$, $z = 15$, $21^{\circ}12' \pm 40'$, $\varnothing 73.8_{-0.046}$; $\varnothing 69.2_{-0.03}$.															
T02		XXXXXXXX Спец. приспособление; XXXXXX Зуборезная головка;															
03		394300 Прибор для контроля параметров конического зубчатого венца ГОСТ 25513 - 82.															
A05		XX.XX.XX 040 5030 Термическая ИОТ № 47															
B06		313732 Установка индукционного нагрева															
007		Закалить с цементацией $h = 1.5 \dots 2.0$ HRC															
A09		XX.XX.XX 045 4143 Центрошлифовальная ИОТ № 76															
B10		38 1312 8 Центрошлифовальный станок 3923 1 19630 322 1 1 1 1 142 1															
011		Шлифовать центровые отверстия, выдерживая размеры $60^{\circ} \pm 30'$.															
T12		XXXXXXXX Призмы опорные ГОСТ 12194 - 66; 397130 Круг 1 $12^{\circ} 6' 10'$ 24АМ16 К6 V 40м/с 2кл ГОСТ Р 52781-2007;															
T13		394630 Прибор активного контроля БВ - 6060 - УНВ - 40 ГОСТ Р 8.671-2009.															
A15		XX.XX.XX 050 4131 Тоцекруглошлифовальная черновая программная ИОТ № 76															
B16		38 1311 2 Торцекруглошлифовальный ЧПУ ХШ4-104Ф20 1 19630 322 1 1 1 1 142 1															
017		Шлифовать пов - ти 7 и 8, выдерживая размеры: $\varnothing 35.1_{-0.039}$; $\varnothing 31.2 \pm 0.31$; шлифовать поверхность 11, выдерживая р-р $\varnothing 26.1_{-0.033}$:															
МК																	

Дубл.															
Взам.															
Подп.															
												6	5		
А	цех	Уч.	PM	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпа	Тшт.
001	196110 Патрон мембранный ГОСТ 3889-80; 397130 Круг 1 250' 35' 76.2 25A F40 K6 V 40м/с 2кл.ГОСТ Р 52781 – 2007(2 шт);														
T02	Круг 1 250'35'65'76,2 25A F40 K6 V40 м/с 2кл. ГОСТ Р 52781-2007; 394630 Прибор акт. контр. БВ – 6060 – УНВ – 40 ГОСТ 8517-80.														
03	392841 Центр упорный ГОСТ 13214-79.														
A05	XX.XX.XX 055 4158 зубопри tiroчная ИОТ № 74														
B06	38 1578 4 зубопри tiroчный станок 5736				1	12277	322	1	1	1	1	142	1		
007	При тереть боковые поверхности зубьев, выдерживая размеры: $m = 5$, $z = 15$, $21^{\circ}12' \pm 20'$, $\varnothing 73.8_{-0.046}$,														
T08	XXXXXX Шестерни конические – при tiroцы; 394300 Прибор комплексного контроля зубьев конического колеса.														
A10	XX.XX.XX 060 4131 Резьбошлифовальная программная ИОТ № 76														
B11	38 1025 7 Резьбошлифовальный ст-к ЧПУ ВЗ-678Ф4				1	19630	322	1	1	1	1	142	1		
O12	На поверхности 14 шлифовать резьбу, выдерживая размер M20x1.5-бг; 150±0.5.														
O13	196110 Патрон мембранный ГОСТ 3889-80; 397130 Круг 1 100' 2' 76.2 25A F25 K6 V 40м/с 2кл.ГОСТ Р 52781 – 2007.														
T14	XXXXXX Центр упорный ГОСТ 13214-79; 394630 Прибор активного контроля БВ – 6060 – УНВ – 40 ГОСТ Р 8.671-2009.														
T15	393140 Калибр-кольцо для контроля метрической резьбы M20x1.5 ГОСТ 20997 – 2004.														
МК															

