

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой _____ А.В.Бобровский

«__» _____ 2016 г.

ЗАДАНИЕ

**на выполнение выпускной квалификационной работы
(уровень бакалавра)**

**направление подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
профиль «Технология машиностроения»**

Студент Лемешев Владимир Владимирович гр. ТМбз-1101

1. Тема Технологический процесс изготовления шестерни коробки скоростей универсально-фрезерного станка AG-400

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «__» ____ 2016г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе годовая программа выпуска 4000 шт в год; режим работы участка – двухсменный

4. Содержание выпускной квалификационной работы (объем 40-60 с.)

Титульный лист.

Задание. Аннотация. Содержание.

Введение, цель работы

1) Описание исходных данных

2) Технологическая часть работы

3) Проектирование приспособления и режущего инструмента

4) Безопасность и экологичность технического объекта

5) Экономическая эффективность работы

Заключение. Список использованных источников.

Приложения: технологическая документация

АННОТАЦИЯ

Лемешев В.В. Технологический процесс изготовления шестерни коробки скоростей универсально-фрезерного станка АГ-400. Кафедра: Оборудование и технологии машиностроительного производства. ТГУ Тольятти, 2016 г.

В данной выпускной квалификационной работе рассматриваются вопросы проектирования технологического процесса изготовления шестерни коробки скоростей универсально-фрезерного станка АГ-400.

В ходе выполнения работы проводится анализ исходных данных, проектирование заготовки, разработка маршрута изготовления и плана изготовления детали, выбор средств технологического оснащения, проектирование технологических операций. Так же, было проведено проектирование приспособления и режущего инструмента, проведен анализ безопасности и экологичности технического объекта и рассчитана экономическая эффективность работы.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение, цель работы.....	6
1 Описание исходных данных.....	7
1.1 Описание служебного назначения детали и условий работы.....	7
1.2 Описание технологичности детали.....	7
1.3 Задачи работы.....	9
2 Технологическая часть работы.....	10
2.1 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	10
2.2 Обоснование выбора метода получения заготовки.....	11
2.3 Выбор методов обработки поверхностей.....	14
2.4 Расчет припусков на обработку.....	16
2.5 Проектирование заготовки.....	22
2.6 Разработка технологического маршрута и плана изготовления	23
2.7 Выбор средств технологического оснащения.....	24
2.8 Проектирование технологических операций.....	27
3 Проектирование приспособления и режущего инструмента.....	30
3.1 Проектирование приспособления	30
3.2 Проектирование режущего инструмента.....	36
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	39
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.....	39
4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков.....	40
4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.....	45
4.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта.....	50
4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.....	54
4.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта».....	57

5 Экономическая эффективность работы.....	59
Заключение.....	64
Список использованных источников.....	65
Приложения.....	68

ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ РАБОТЫ

В условиях единичного и мелкосерийного производства наиболее эффективным типом оборудования являются универсальные станки. К данному типу оборудования относится, в том числе и универсально-фрезерный станок АГ-400. Рассматриваемая в данной работе шестерня является одной из деталей коробки скоростей данного станка. Поэтому к ней, как и к другим деталям и узлам коробки скоростей предъявляются достаточно жесткие требования по эксплуатационным характеристикам.

Обеспечение данных требований производится, прежде всего, технологией изготовления шестерни. Поэтому целью данной выпускной квалификационной работы является разработка такого технологического процесса изготовления шестерни коробки скоростей универсально-фрезерного станка АГ-400, который обеспечит изготовления 4000 штук деталей в год заданного качества и с наименьшими затратами на изготовление.

1 Описание исходных данных

1.1 Описание служебного назначения детали и условий работы

Шестерня служит для передачи крутящего момента от ведущего вала ведомому и является одним из звеньев кинематической цепи коробки скоростей универсально-фрезерного станка АГ-400. Передача момента осуществляется боковыми поверхностями внутренних шлиц и зубьев.

Условия работы шестерни можно охарактеризовать как нормальные, т.к. работа шестерни происходит в закрытом корпусе в условиях хорошей смазки. В процессе работы шестерня испытывает достаточно значительные знакопеременные нагрузки.

1.2 Описание технологичности детали

Технологичность шестерни оценивается согласно рекомендаций [1] по материалу, общей конструкции, заготовке, обрабатываемым поверхностям, базированию и закреплению.

Материал заготовки сталь 20Х2Н4А ГОСТ 4543-71 имеет следующий химический состав: 0,16-0,22% углерода, 1,25-1,65% хрома, 3,25-3,65% никеля, 0,17-0,37% кремния, 0,3-0,6% марганца, 0,3% меди, 0,025% серы, 0,025% фосфора, буква А в конце маркировки означает принадлежность к высокому качеству, т.е. с пониженным содержанием серы и фосфора.

Предел прочности в состоянии поставки до 850 МПа.

Коэффициент обрабатываемости при обработке твердосплавным инструментом 0,9, при обработке быстрорежущим инструментом 0,8.

Общая конструкция детали является типовой для данного типа деталей. Конфигурация ступенчатая как внутри, так и снаружи. При этом используются стандартизованные типовые элементы (фаски, радиусы и т.д.), все размеры приведены к нормальному ряду чисел.

Для детального анализа конструкции шестерни необходимо выполнить систематизацию поверхностей [1, 2], т.е. разделить все поверхности по их служебному назначению. Для этого сначала выполним эскиз шестерни и на нем

пронумеруем все поверхности (рисунок 1.1).

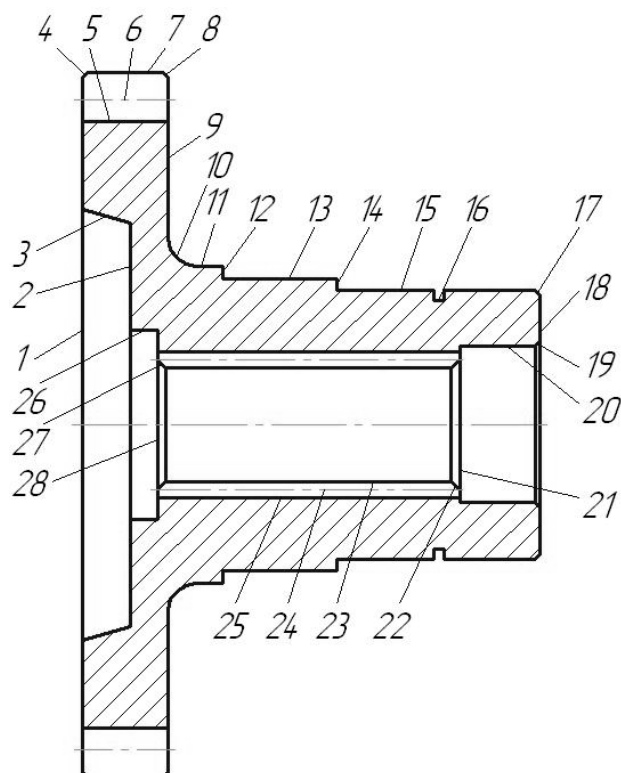


Рисунок 1.1 - Эскиз детали

В соответствии с общей принятой классификацией поверхностей в нашем случае получаем: основная конструкторская база поверхность 24; вспомогательная конструкторская база поверхности 12, 13, 14, 15; исполнительная поверхность б; свободные поверхности все оставшиеся.

Следует отметить, что наибольшее внимание при механической обработке необходимо отдавать основным конструкторским базам и исполнительным поверхностям.

Исходя из материала детали, ее формы и габаритов наиболее рациональным методом получения заготовки шестерни является один из методов штамповки.

Механическая обработка поверхностей шестерни является типовой и не требует применения каких-либо специальных методов. При этом обработке необходимо подвергнуть все поверхности детали, так как заданная точность не позволяет их получить на заготовительных операциях. Точность и шероховатость поверхностей детали изменить нельзя, т.к. эти параметры определяются условиями работы шестерни и их изменение приведет к

ухудшению эксплуатационных характеристик.

Поверхности различного назначения, точности и шероховатости разделены, канавками для выхода резца и шлифовального круга, что облегчает их обработку.

При механической обработке черновыми базами для установки заготовки на первой операции могут быть наружные поверхности шестерни. В дальнейшем за базы могут быть приняты внутренние цилиндрические поверхности.

Измерительные базы детали можно использовать в качестве технологических баз, т.е. выполняется принцип единства баз.

Проведенный анализ характеризует рассматриваемую шестерню как весьма технологичную деталь при проектировании технологического процесса изготовления которой можно применять ранее известные технологические решения, что положительно скажется на качестве принятых решений и их эффективности.

1.3 Задачи работы

Проведенный выше анализ позволяет сформулировать следующие задачи проектирования технологического процесса изготовления шестерни коробки скоростей универсально-фрезерного станка AG-400:

- 1) необходимо грамотно выбрать стратегию разработки технологического процесса, основываясь на типе производства и описании исходных данных;
- 2) провести выбор заготовки, обоснованный экономическими расчетами;
- 3) спроектировать заготовку на основе расчетов припусков;
- 4) разработать маршрут обработки и план изготовления шестерни;
- 5) спроектировать технологические операции;
- 6) провести проектирование специального приспособления и режущего инструмента;
- 7) оценить безопасность и экологичность технического объекта;
- 8) провести расчеты экономической эффективности работы.

2 Технологическая часть работы

2.1 Выбор стратегии разработки техпроцесса

Исходя из известных данных о номенклатуре и объеме производства, для определения его типа воспользуемся табличным методом [1, 3]. Заданный объем выпуска детали шестерня 4000 штук в год при массе детали равной 2,5 кг соответствует среднесерийному производству.

Исходя из этого, наиболее целесообразно применить [4] последовательный вид стратегии и групповую форму организации техпроцесса. Выпуск изделий производить периодически повторяющимися партиями.

При проектировании заготовки следует отдать предпочтение таким методам как прокат и штамповка.

Для окончательного выбора метода обработки необходимо проанализировать коэффициенты удельных затрат.

Исходя из типа производства, припуск на обработку должен быть незначительным, а определение его значений должно производиться табличным методом. На наиболее точные поверхности допускается определение припусков по переходам.

Точность обработки обеспечивается методом работы на настроенном оборудовании. Возможно применение активного контроля. Настройка оборудования выполняется по измерительным инструментам и приборам.

Техпроцесс разрабатывается на базе типового. При этом прорабатывается маршрутная технология. Для наиболее сложных операций разрабатывается маршрутно-операционная технология. При формировании маршрута применяется принцип экстенсивной, в отдельных случаях интенсивной концентрации операций.

Определение режимов резания целесообразно производить по общемашиностроительным нормативам, в отдельных случаях по эмпирическим формулам. Нормирование выполняется на основе опытно-статистических норм.

Следует использовать следующие средства технологического оснащения: универсальное и оснащенное ЧПУ оборудование; универсальные, стандартные,

универсально-сборные, в отдельных случаях специальные станочные приспособления; стандартные, в отдельных случаях специальные режущие инструменты; универсальные, в отдельных случаях модернизированные средства контроля.

По возможности желательно производить одновременную обработку нескольких поверхностей, исходя из возможностей оборудования.

Оборудование размещается на участке по типам станков. Квалификация рабочих достаточно высокая, т.к. перенастройка оборудования производится достаточно часто, а в ряде случаев необходимо производить работы методом пробных ходов и промеров.

2.2 Обоснование выбора метода получения заготовки

Как отмечалось ранее для выбора метода получения заготовки необходимо провести экономическое сравнение различных методов. Для этого используем методику и данные [5, 6]. Сравним получение заготовки методом штамповки в закрытых штампах на молоте и на горизонтально-ковочной машине.

Общие затраты на получение детали для этих методов определяются по формуле:

$$C_i = C_{zi} + C_{OBR.i}, \quad (2.1)$$

где C_i - общие затраты;

C_{zi} - затраты на получение заготовки;

$C_{OBR.i}$ - затраты на обработку;

i - номер варианта получения заготовки.

Индекс $i = 1$ присваиваем для заготовки, полученной на молоте, индекс $i = 2$ присваиваем для заготовки полученной штамповкой полученной на горизонтально-ковочной машине.

Стоимость заготовки определим по формуле:

$$C_{3i} = \frac{C_{M.i} \cdot M_{3.i}}{1000} K_{СП} \cdot K_T \cdot K_{СЛ}, \quad (2.2)$$

где C_{M_i} – цена за тонну металла;

M_{3i} – масса заготовки;

$M_{дi}$ – масса детали, кг;

$K_{СП}$ – коэффициент, учитывающий способ получения заготовки;

K_T – коэффициенты, учитывающие точность и сложность заготовки.

Определяем припуск на изготовление и получение основных поверхностей для каждого выбранного метода, используя данные [6]:

Припуски для штамповки на молоте.

Припуск на пов. 1, 18: $Z_1=1,5$ мм

Припуск на пов. 7: $2Z_2=3,4$ мм

Припуск на пов. 9: $Z_5=1,4$ мм

Припуск на пов. 11: $2Z_6=3,0$ мм

Припуск на пов. 15: $2Z_7=4,0$ мм

Припуски для штамповки на ГKM.

Припуск на пов. 1, 18: $Z_1=1,2$ мм

Припуск на пов. 7: $2Z_2=2,8$ мм

Припуск на пов. 2: $Z_3=1,2$ мм

Припуск на пов. 3: $2Z_4=2,4$ мм

Припуск на пов. 9: $Z_5=1,2$ мм

Припуск на пов. 11: $2Z_6=2,4$ мм

Припуск на пов. 15: $2Z_7=3,6$ мм

Масса детали:

$$M_d = \frac{\pi}{4} (d_1^2 l_1 + d_2^2 l_2 + d_3^2 l_3 + d_4^2 l_4 - d_5^2 l_5 - d_6^2 l_6 - d_7^2 l_7 - d_8^2 l_8) \rho, \quad (2.3)$$

где $d_1, d_2 \dots$ – диаметры цилиндрических участков вала;

$l_1, l_2 \dots$ – длины цилиндрических участков;

ρ – плотность материала.

$$M_o = \frac{\pi}{4} (130,78^2 \cdot 16 + 55^2 \cdot 10 + 50^2 \cdot 20 + 45^2 \cdot 45 - 29^2 \cdot 13 - 80^2 \cdot 10 - 36^2 \cdot 7 - 25^2 \cdot 63) \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 2,5 \text{ кг.}$$

Масса заготовки полученной штамповкой на молоте:

$$M_{31} = \left(\frac{\pi}{3} \cdot (R_1^3 - R_2^3) l_1 + \frac{\pi}{3} \cdot (R_3^3 - R_4^3) l_2 \right) \cdot K_{шт} \cdot \rho, \quad (2.4)$$

где $R_1, R_2 \dots$ – радиусы штамповки;

$l_1, l_2 \dots$ – длины участков штамповки;

$K_{шт}$ – коэффициент, учитывающий уклоны, смещения штампа, радиусы перехода, облой.

$$M_{31} = \left(\frac{\pi}{3} \cdot (2^3 - 27,5^3) 70 + \frac{\pi}{3} \cdot (9^3 - 67,5^3) 19,4 \right) \cdot 1,05 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 3,7 \text{ кг.}$$

Масса заготовки полученной штамповкой на горизонтально-ковочной машине:

$$M_{32} = \left(\frac{\pi}{3} \cdot (R_1^3 - R_2^3) l_1 + \frac{\pi}{3} \cdot (R_3^3 - R_4^3) l_2 - \frac{\pi}{3} \cdot (R_5^3 - R_6^3) l_3 \right) \cdot K_{шт} \cdot \rho, \quad (2.5)$$

где R_1, R_2 – радиусы штамповки;

l_1, l_2 – длины участков штамповки;

$K_{шт}$ – коэффициент, учитывающий уклоны, смещения штампа, радиусы перехода, облой.

$$M_{32} = \left(\frac{\pi}{3} \cdot (1^3 - 27^3) 69 + \frac{\pi}{3} \cdot (8,5^3 - 67^3) 18,4 - \frac{\pi}{3} \cdot (8,5^3 - 37^3) 9 \right) \cdot 1,05 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 3,4 \text{ кг.}$$

Определим коэффициент использования материала:

$$K_{им.i} = \frac{M_D}{M_3} \quad (2.6)$$

$$K_{ИМ1} = \frac{2,5}{3,7} = 0,68$$

$$K_{ИМ2} = \frac{2,5}{3,4} = 0,74$$

Определим стоимость заготовки для каждого метода:

$$C_{31} = \frac{27000 \cdot 3,7 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 1}{1000} = 81,9 \text{ руб.}$$

$$C_{32} = \frac{27000 \cdot 3,4 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 1}{1000} = 75,3 \text{ руб.}$$

Определим затраты на механическую обработку для каждого метода:

$$C_{ОБР.i} = \frac{C_{уд} \left(\frac{1}{K_{ИМ.i}} - 1 \right) M_{д}}{K_{О}}, \quad (2.7)$$

где $C_{уд}$ – удельные затраты на снятие 1 кг стружки при черновой обработке;

$K_{О}$ – коэффициент обрабатываемости материала.

$$C_{ОБР1} = \frac{6,04 \cdot \left(\frac{1}{0,68} - 1 \right) \cdot 2,5}{1,1} = 6,5 \text{ руб.}$$

$$C_{ОБР2} = \frac{6,04 \cdot \left(\frac{1}{0,74} - 1 \right) \cdot 2,5}{1,1} = 4,8 \text{ руб.}$$

Суммарные затраты для каждого метода:

$$C_1 = 81,9 + 6,5 = 88,4 \text{ руб.}$$

$$C_2 = 75,3 + 4,8 = 80,1 \text{ руб.}$$

Минимальное значение суммарных затрат получилось для заготовки получаемой штамповкой на горизонтально-ковочной машине, следовательно данный метод является оптимальным методом получения заготовки.

2.3 Выбор методов обработки поверхностей

Методы обработки поверхностей выбираем в зависимости от заданных качеств точности и шероховатости поверхностей по коэффициентам

удельных затрат [7].

Все методы сводим в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 - Методы обработки поверхностей

№ поверхности	Вид поверхности	Квалитет точности	Шероховатость	Последовательность обработки
1	2	3	4	5
1	П	14	12,5	Т-Тч-ТО-Ш
2	П	14	12,5	Т-ТО
3	КВ	14	12,5	Т-ТО
4	К	14	12,5	Тч-ТО
5	З	14	12,5	ЗФ-ТО
6	З	8	1,25	ЗФ-Шв-ТО
7	Ц	14	12,5	Т-ТО
8	К	14	12,5	Тч-ТО
9	П	14	12,5	Т-ТО
10	Ц	14	12,5	Т-ТО
11	Ц	14	12,5	Т-ТО
12	П	14	1,6	Т-Тч-ТО-Ш
13	Ц	8	1,25	Т-Тч-ТО-Ш
14	П	14	1,25	Т-Тч-ТО-Ш-Шч
15	Ц	6	0,63	Т-Тч-ТО-Ш-Шч
16	Ц	14	12,5	Тч-ТО
17	К	14	12,5	Тч-ТО
18	П	14	12,5	Т-Тч-ТО
19	КВ	14	12,5	Тч-ТО

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5
20	ЦВ	14	12,5	Тч-ТО
21	ПВ	14	12,5	Тч-ТО
22	КВ	14	12,5	Тч-ТО
23	ЦВ	14	12,5	С-ТО
24	ШВ	7	1,25	П-ТО
25	ШВ	10	6,3	П-ТО
26	ЦВ	14	12,5	Тч-ТО
27	КВ	14	12,5	Тч-ТО
28	ПВ	14	12,5	Тч-ТО

Обозначения: П – плоская поверхность; Ц – цилиндрическая поверхность; ЦВ – цилиндрическая внутренняя поверхность; КВ – коническая внутренняя; ПВ – плоская внутренняя поверхность; ШВ – шлицевая внутренняя поверхность; Т – точение черновое; Тч – точение чистовое; Ш – шлифование; Шч – шлифование чистовое; ЗФ – зубофрезерование; Шв – шевингование; П – протягивание; С – сверление.

2.4 Расчет припусков на обработку

Расчет припуска для обработки самой точной поверхности 15 в размер $\varnothing 50k6^{+0,018}_{+0,002}$ произведем расчетно-аналитическим методом [8].

Для каждого перехода определяем составляющие припуска.

Суммарная величина:

$$a = Rz + h, \quad (2.8)$$

где Rz – высота неровностей профиля;

h – глубина дефектного слоя.

Определяем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей после обработки на каждом переходе.

$$\Delta = 0,25Td , \quad (2.9)$$

Погрешность установки ε заготовки в приспособлении на каждом переходе определяем по соответствующим таблицам.

Определяем минимальное значение припуска:

$$Z_{i \min} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \quad (2.10)$$

где i - индекс данного перехода;

$i-1$ - индекс предыдущего перехода;

$i+1$ - индекс последующего перехода.

$$Z_{1 \min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0.4 + \sqrt{0.4^2 + 0.025^2} = 0.801$$

$$Z_{2 \min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0.2 + \sqrt{0.063^2 + 0.025^2} = 0.268$$

$$Z_{3 \min} = a_{TO} + \sqrt{\Delta_{TO}^2 + \varepsilon_3^2} = 0.025 + \sqrt{0.04^2 + 0.012^2} = 0.292$$

$$Z_{4 \min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0.05 + \sqrt{0.01^2 + 0.012^2} = 0.066$$

Определяем максимальное значение припуска:

$$Z_{i \max} = Z_{i \min} + 0,5 \cdot \sqrt{d_{i-1} + Td_{i-1}} \quad (2.11)$$

$$Z_{1 \max} = Z_{1 \min} + 0,5 \cdot \sqrt{d_0 + Td_1} = 0.801 + 0,5 \cdot \sqrt{6 + 0,25} = 1.714$$

$$Z_{2 \max} = Z_{2 \min} + 0,5 \cdot \sqrt{d_1 + Td_2} = 0.268 + 0,5 \cdot \sqrt{0,25 + 0,1} = 0.443$$

$$Z_{3 \max} = Z_{3 \min} + 0,5 \cdot \sqrt{d_{TO} + Td_3} = 0.292 + 0,5 \cdot \sqrt{0,16 + 0,1} = 0.422$$

$$Z_{4 \max} = Z_{4 \min} + 0,5 \cdot \sqrt{d_3 + Td_4} = 0.066 + 0,5 \cdot \sqrt{0,039 + 0,016} = 0.094$$

Определяем среднее значение припуска для каждого перехода:

$$Z_{cpi} = \sqrt{Z_{i \max} + Z_{i \min}} \cdot 2 \quad (2.12)$$

$$\begin{aligned} Z_{cp1} &= \sqrt{Z_{1 \max} + Z_{1 \min}} \cdot 2 = \sqrt{0.801 + 1.714} \cdot 2 = 1.258 \\ Z_{cp2} &= \sqrt{Z_{2 \max} + Z_{2 \min}} \cdot 2 = \sqrt{0.443 + 0.268} \cdot 2 = 0.356 \\ Z_{cp3} &= \sqrt{Z_{3 \max} + Z_{3 \min}} \cdot 2 = \sqrt{0.422 + 0.292} \cdot 2 = 0.357 \\ Z_{cp4} &= \sqrt{Z_{4 \max} + Z_{4 \min}} \cdot 2 = \sqrt{0.094 + 0.066} \cdot 2 = 0.080 \end{aligned}$$

Значение Z_{cp} заносим в графу 10.

Определяем предельные размеры для каждого перехода:

$$d_{(i-1)\min} = d_{i \max} + 2 \cdot Z_{i \min} \quad (2.13)$$

$$d_{(i-1)\max} = d_{(i-1)\min} + Td_{i-1} \quad (2.14)$$

Расчет начинаем с последнего перехода. Поскольку маршрут содержит термообработку – закалку с отпуском, примем во внимание увеличение размеров при переходе аустенита в мартенсит на 0,1%, т.е.

$$d_{(TO-1)\min} = d_{(i-1)\min} \cdot 0,999 \quad (2.15)$$

$$\begin{aligned} d_{4 \max} &= 50.002 \\ d_{4 \min} &= 50.018 \\ d_{3 \min} &= d_{4 \max} + 2 \times Z_{4 \min} = 50.018 + 2 \times 0.066 = 50.150 \\ d_{3 \max} &= d_{3 \min} + Td_4 = 50.150 + 0.039 = 50.189 \\ d_{TO \min} &= d_{3 \max} + 2 \times Z_{3 \min} = 50.189 + 2 \times 0.292 = 51.229 \\ d_{TO \max} &= d_{TO \min} + Td_{TO} = 51.229 + 0.160 = 51.389 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{2\min} &= d_{TO\min} \times 0.999 = 51.229 \times 0.999 = 51.188 \\
d_{2\max} &= d_{2\min} + Td_2 = 51.188 + 0.100 = 51.288 \\
d_{1\min} &= d_{2\max} + 2 \times Z_{2\min} = 51.288 + 2 \times 0.268 = 51.824 \\
d_{1\max} &= d_{1\min} + Td_1 = 51.824 + 0.250 = 52.074 \\
d_{0\min} &= d_{1\max} + 2 \times Z_{1\min} = 52.074 + 2 \times 0.801 = 53.676 \\
d_{0\max} &= d_{0\min} + Td_0 = 53.676 + 1.600 = 55.276
\end{aligned}$$

Определяем средние значения размера для каждого перехода:

$$d_{icp} = \frac{d_{i\max} + d_{i\min}}{2} \quad (2.16)$$

$$\begin{aligned}
d_{cp0} &= \frac{d_{0\max} + d_{0\min}}{2} = \frac{55.276 + 53.676}{2} = 54.476 \\
d_{cp1} &= \frac{d_{1\max} + d_{1\min}}{2} = \frac{52.074 + 51.824}{2} = 51.949 \\
d_{cp2} &= \frac{d_{2\max} + d_{2\min}}{2} = \frac{51.288 + 51.188}{2} = 51.238 \\
d_{cpTO} &= \frac{d_{TO\max} + d_{TO\min}}{2} = \frac{51.389 + 51.229}{2} = 51.309 \\
d_{cp3} &= \frac{d_{3\max} + d_{3\min}}{2} = \frac{50.645 + 50.545}{2} = 50.595 \\
d_{cp4} &= \frac{d_{4\max} + d_{4\min}}{2} = \frac{50.018 + 50.002}{2} = 50.010
\end{aligned}$$

Определяем общий припуск на обработку по формулам:

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{4\max} \quad (2.17)$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_4 \quad (2.18)$$

$$2Z_{cp} = \frac{2Z_{\min} + 2Z_{\max}}{2} \quad (2.19)$$

$$\begin{aligned}
2Z_{\min} &= 53.676 - 50.018 = 3.658 \\
2Z_{\max} &= 3.658 + 1.600 + 0.016 = 5.274 \\
2Z_{cp} &= 0.5 \times (3.658 + 5.274) = 4.466
\end{aligned}$$

Результаты расчета заносим в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 - Припуски и операционные размеры на поверхность 15 Ø50,01±0,008

№ перехо да	Наименование перехода	Точность		Составляющие припуска, мм			Припуск, мм			Предельные размеры, мм		
		Квали тет	Td, мм	<i>a</i>	Δ	ε	Z_{min}	Z_{max}	$Z_{cp.}$	d_{min}	d_{max}	$d_{cp.}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	Штамповка	16	1,6	0,4	0,4	-	0,801	-	-	53,676	55,276	54,476
1	Точение черновое	12	0,25	0,2	0,063	0,025	0,268	1,714	1,258	51,824	52,074	51,949
2	Точение чистовое	10	0,1	0,1	0,015	0,025	0,268	0,443	0,356	51,188	51,288	51,238
3	ТО	11	0,16	0,25	0,04	-	-	-	-	51,229	51,389	51,309
4	Шлифование черновое	8	0,039	0,05	0,01	0,012	0,178	0,248	0,213	50,150	50,189	50,170
5	Шлифование чистовое	6	0,016	0,01	0,004	0,012	0,066	0,094	0,080	50,002	50,018	50,010
Общий припуск 2Z							3,658	5,274	4,466			

На рисунке 2.1 представлена схема расположения рассчитанных припусков и допусков.

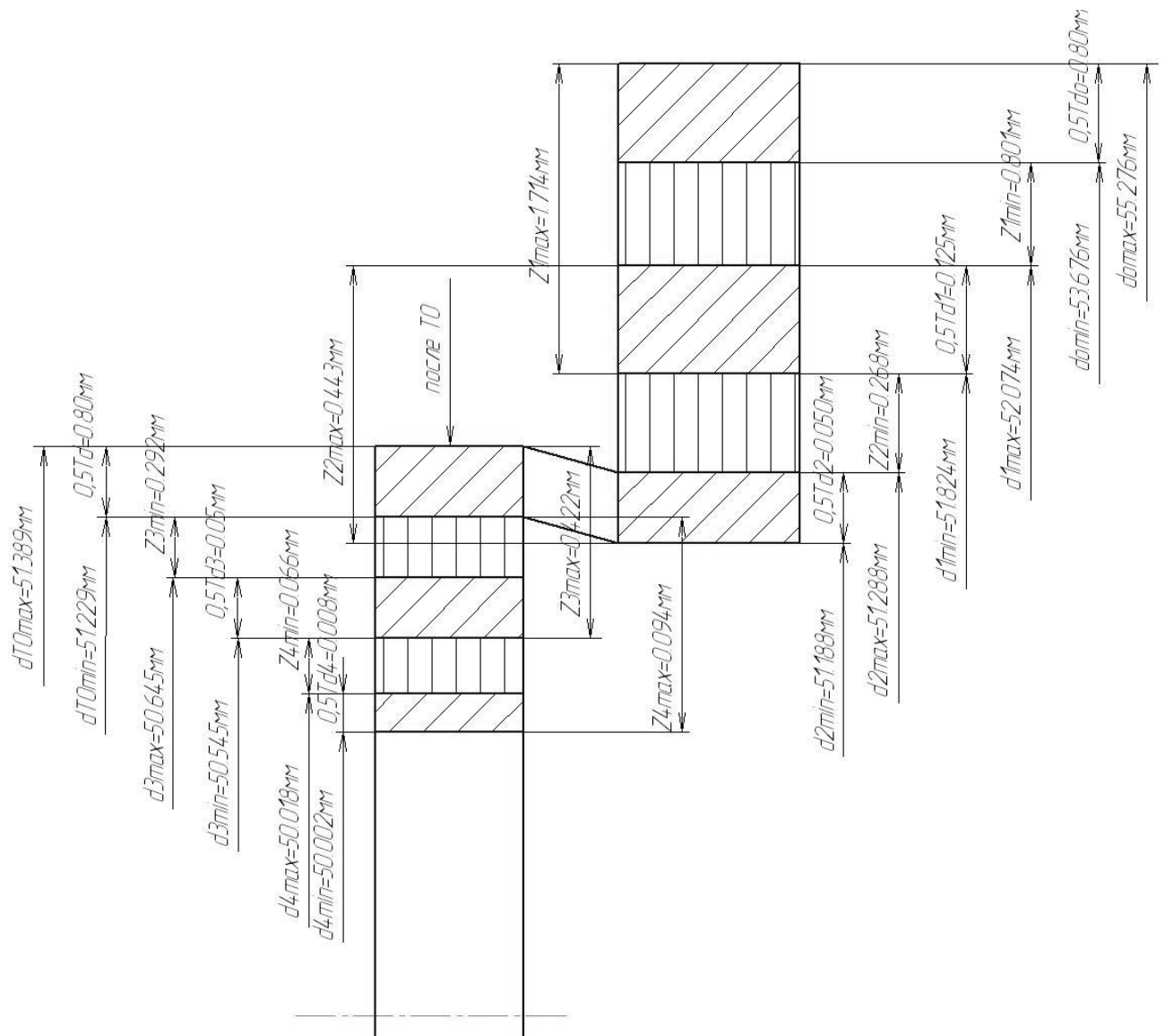


Рисунок 2.1 - Схема расположения припусков и допусков

Припуски на обработку остальных поверхностей определяем табличным методом в следующем порядке: по таблицам [6] определяем $Z_{i\min}$; определяем $Z_{i\max}$ по формуле:

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5 \cdot \sqrt{d_{i-1} + Td_i} \quad (2.20)$$

Результаты расчетов заносим в таблицу 2.3

Таблица 2.3 - Припуски на обработку

№ поверхности	Наименование перехода	Z_{min}	Z_{max}
1	Точение черновое	2,0	3,175
	Точение чистовое	1,2	1,445
	Шлифование	0,5	0,614
6	Шевингование	0,15	0,23
12	Точение черновое	1,8	2,705
	Точение чистовое	1,0	1,147
	Шлифование	0,4	0,459
13	Точение черновое	2,0	3,125
	Точение чистовое	0,3	0,475
	Шлифование	0,25	0,32
14	Точение черновое	1,6	2,525
	Точение чистовое	0,9	1,075
	Шлифование	0,4	0,47
	Шлифование чистовое	0,3	0,339
18	Точение черновое	2,0	3,175
	Точение чистовое	1,2	1,445

2.5 Проектирование заготовки

Заготовку проектируем на основании полученных результатов по рекомендациям и справочным данным [5, 6].

Контур заготовки получаем путем добавления рассчитанных припусков на механическую обработку и напусков. Определяем черновые технологические базы, положение плоскости разъема штампа и положение «верх», «низ» заготовки.

Определяем параметры заготовки: класс точности - Т4; группа стали - М3; степень сложности заготовки - С2; исходный индекс И-11; штамповочные уклоны - 5°; радиус скругления - 3 мм; допустимые значения остаточного облоя

не более 0,7 мм; смещение штампов 0,5 мм.

Заготовка представлена на листе графической части работы.

2.6 Разработка технологического маршрута и плана изготовления

При разработке маршрута обработки будем использовать типовые маршруты обработки [7, 9, 10], что обуславливается типом производства. Однако, следует учесть конструктивные особенности рассматриваемой шестерни, рекомендации [7] и внести соответствующие изменения в маршрут.

Маршрут обработки, содержащий название операции, ее содержание, а также номера обрабатываемых поверхностей на каждой операции представлен в таблице 2.4.

Таблица 2.4 - Технологический маршрут обработки шестерни

№	Метод обработки	Обрабатываемые поверхности	№ опер.	Наименование операции
1	2	3	4	5
1	Точение	1, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 18	005	Токарная
2	Сверление	23	010	Сверлильная
3	Точение	1, 2, 3, 4, 8, 12, 13, , 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 26, 27, 28	015	Токарная
4	Протягивание	24, 25	020	Протяжная
5	Зубофрезерование	5, 6	025	Зубофрезерная
6	Шевингование	6	030	Шевинговальная
7	Фрезерование		035	Зубофасочная
8	ТО	все	040	Термическая
9	Шлифование	1	045	Внутришлифовальная
10	Шлифование	12, 13	050	Шлифовальная
11	Шлифование	14, 15	055	Шлифовальная

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5
12	Шлифование	14, 15	060	Шлифовальная
13	Мойка	все	065	Моечная
14	Контроль	все	070	Контрольная

На основании полученного маршрута обработки формируем план изготовления детали согласно рекомендаций [7].

План изготовления представляет собой его графическое изображение маршрута. На нем указывается для каждой операции тип оборудования, схема базирования, операционные размеры и технологические требования.

План изготовления представлен в графической части работы.

2.7 Выбор средств технологического оснащения

Выбор средств технологического оснащения заключается в выборе станочного оборудования, металлорежущих инструментов, мерительных инструментов и станочных приспособлений.

Данная задача является, как правило, многофакторной. Поэтому всегда имеется несколько решений, что создает необходимость выбора решения. При этом необходимо учитывать такие параметры средств технологического оснащения как технические характеристики, стоимость, возможность применения при изготовлении других деталей.

При выборе металлорежущих станков необходимо учитывать рекомендации и справочные данные [1, 11, 12, 13].

При выборе режущего инструмента необходимо учитывать рекомендации и справочные данные [1, 14, 15].

При выборе мерительного инструмента необходимо учитывать рекомендации и справочные данные [1, 14, 16].

При выборе станочных приспособлений необходимо учитывать рекомендации и справочные данные [1, 14, 17].

Все полученные данные заносим в таблицу 2.5.

Таблица 2.5 - Выбор средств технологического оснащения

№ оп.	Наименование	СТО			
		Оборудование	Оснастка		
			Режущий инструмент	Мерительный инструмент	Приспособления
1	2	3	4	5	6
005	Токарная	Токарный с ЧПУ L550	Резец контурный ГОСТ18879-73	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ166-89	Патрон трехкулачковый специальный
010	Сверлильная	Вертикально-сверлильный FPV 361	Сверло спиральное Ø21 специальное	Нутромер НМ-50 ГОСТ10-88	Приспособление специальное
015	Токарная	Токарный с ЧПУ L550	Резец контурный ГОСТ18879-73, резец канавочный ГОСТ18879-73, резец расточной ГОСТ18879-73	Микрометр МК-80 ГОСТ6507-90, нутромер НМ-50 ГОСТ10-88	Патрон трехкулачковый специальный
020	Протяжная	Протяжной Н30-60	Протяжка шлицевая ГОСТ25969-83	Шаблон	Опора шаровая

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5	6
025	Зубофрезерная	Зубофрезерный 53А30П	Фреза червячная Ø100 ГОСТ9324-80	Шаблон	Оправка шлицевая
030	Шевинговальная	Шевинговальный 5702В	Шевер дисковый Ø180 ГОСТ8570-75	Шаблон	Оправка шлицевая
035	Зубофасочная	Зубофасочный ВС-320	Фреза специальная	Шаблон	Оправка шлицевая
040	Термическая				
045	Внутришлифовальная	Внутришлифовальный JH1-150 NC	Круг шлифовальный 6-50x13x32 24A80K7V30 м/с1А	Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75	Оправка шлицевая
050	Шлифовальная	Торцекруглошлифовальный ВUA 25В NC	Круг шлифовальный 1-300x127x100 24A54K7V2 35м/с1А	Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75	Оправка шлицевая
055	Шлифовальная	Торцекруглошлифовальный ВUA 25В NC	Круг шлифовальный 1-300x127x100 24A54K7V2	Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75	Оправка шлицевая

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5	6
			35м/с1А		
060	Шлифоваль- ная	Торцекругло шлифоваль- ный ВUA 25В NC	Круг шлифоваль- ный 1- 300x127x100 24A54K7V2 35м/с1А	Скоба рычажная CP ГОСТ11098- 75	Оправка шлицевая
065	Контрольная				
070	Моечная				

2.8 Проектирование технологических операций

Проектирование технологических операций производим согласно рекомендаций [18].

Согласно рекомендаций [19, 20] определяем глубину резания t и подачу S .

Определяем скорость резания:

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2.21)$$

где V_T – табличное значение скорости резания;

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

K_2 – коэффициент, зависящий от стойкости и марки твердого сплава;

K_3 - коэффициент, зависящий от вида обработки (при точении); от размеров обработки (при фрезеровании); от отношения длины к диаметру (при сверлении).

Определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (2.22)$$

где: D – обрабатываемый диаметр или диаметр режущего инструмента.

Определяем длину рабочего хода:

$$L_{p.x} = l_1 + l_{рез} + l_2, \quad (2.23)$$

где l_1 – длина врезания инструмента;

$l_{рез}$ – длина резания;

l_2 – длина перебега инструмента.

Определяем основное время на обработку:

$$T_0 = \frac{L_{p.x}}{S_0 \cdot n_D}; \quad (2.24)$$

Определение норм времени производится в зависимости от вида обработки по формулам, приведенным в литературе [21].

Результаты вычислений представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 - Режимы резания

Номер перехода	$S_o(S_z)$ мм/об(мм/зуб)	V м/мин	n об/мин	L_{px} мм	T_o мин
1	2	3	4	5	6
Операция 005 – Токарная					
Установ А					
1	0,4	83	320	138	1,1
Установ Б					
2	0,4	83	320	83	0,7
Операция 010 – Сверлильная					

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3	4	5	6
1	0,25	18	280	78	1,2
Операция 015 – Токарная					
Установ А					
1	0,1	140	800	120	1,5
2	0,1	114	1200	35	0,3
3	0,04	99	630	4	0,16
4	0,04	99	630	3	0,12
Установ Б					
5	0,1	158	630	56	0,9
6	0,1	130	320	54	1,7
Операция 020 -Протяжная					
1		3,5		950	0,27
Операция 025 – Зубофрезерная					
1	1,5	60	200	18	1,8
Операция 030 – Зубошевинговальная					
1	120	12	260	18	0,8
Операция 035 – Зубофасочная					
1	0,3	35	600		0,6
Операция 045 – Внутришлифовальная					
1	1,4мм/мин	30	300	25	0,92
Операция 050 – Шлифовальная					
1	1,8 мм/мин	35	300	1,32	0,9
Операция 055 – Шлифовальная					
1	1,8 мм/мин	35	300	1,25	0,85
Операция 060 – Шлифовальная					
1	0,4 мм/мин	40	300	0,594	1,6

3. Проектирование приспособления и режущего инструмента

3.1 Проектирование приспособления

Разработаем станочное приспособление для 015 токарной операции [22]. На данной операции выполняется точение наружных и внутренних поверхностей по 10 квалитету точности. Зажим осуществляется вручную, поэтому необходимо спроектировать приспособление с механизированным приводом. Операционный эскиз представлен на рисунке 3.1.

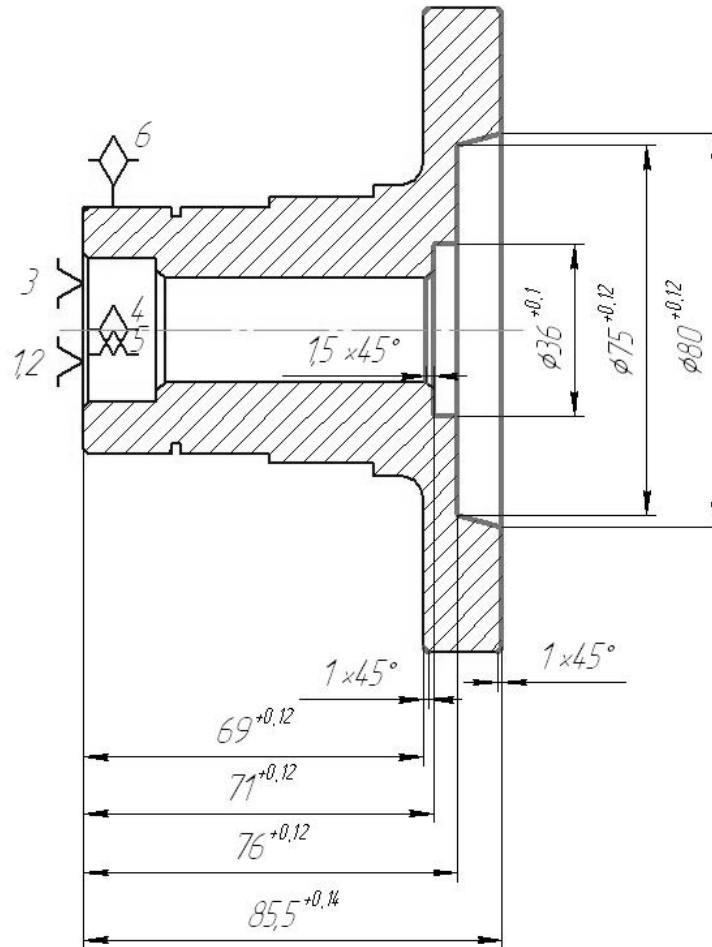


Рисунок 3.1 - Операционный эскиз

Расчет начинаем с определения сил резания.

Рассчитываем составляющие силы резания:

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

где K_p - коэффициент, учитывающий фактические условия обработки.

$$P_Y = 10 \cdot 243 \cdot 3,18^{0,9} \cdot 0,2^{0,6} \cdot 130^{-0,3} \cdot 0,9 = 547 \text{ Н.}$$

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 3,18^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 130^{-0,15} \cdot 0,9 = 1237 \text{ Н.}$$

Необходимые зажимное и исходное усилия определяем из условия равновесия моментов сил резания и сил закрепления с учётом коэффициента запаса. Для этого составим, представленную на рисунке 3.2, схему закрепления заготовки.

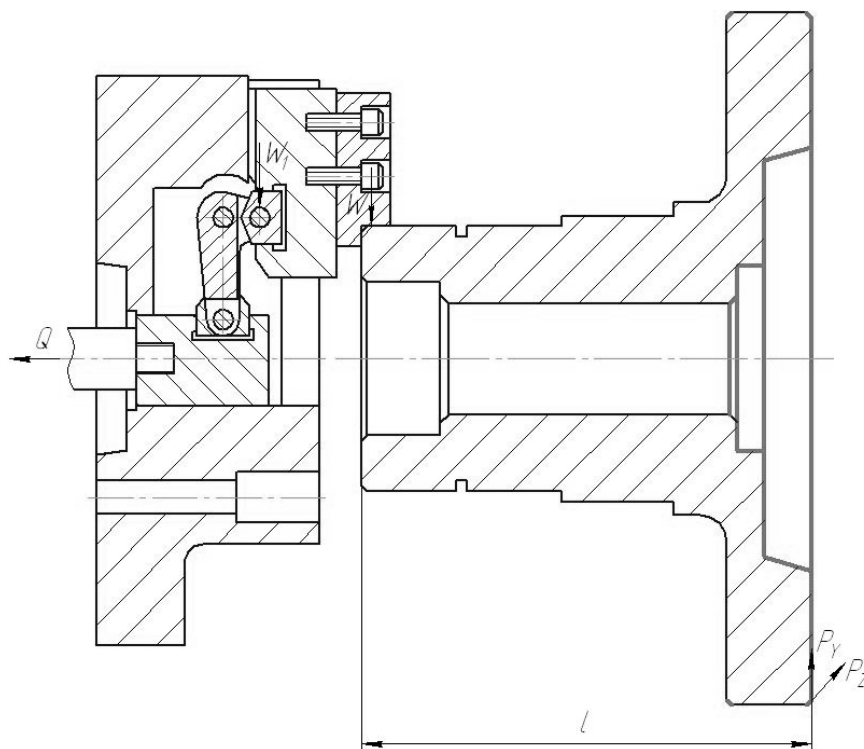


Рисунок - 3.2 Схема закрепления заготовки

Крутящий момент от составляющей P_Z силы резания равен:

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

Момент силы зажима равен:

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

где W - суммарное усилие зажима приходящееся на 3 кулачка;
 f - коэффициент трения на рабочей поверхности сменного кулачка.

Из равенства моментов необходимое усилие зажима равно:

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

Коэффициент запаса определяется по формуле.

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (3.5)$$

где K_0 - гарантированный коэффициент запаса;

K_1 - коэффициент, учитывающий увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемых поверхностях заготовки;

K_2 - коэффициент, учитывающий увеличение сил резания вследствие затупления режущего инструмента;

K_3 - учитывает увеличение сил резания при прерывистом резании;

K_4 - характеризует постоянство силы, развиваемой зажимным механизмом;

K_5 - характеризует эргономику немеханизированного зажимного механизма;

K_6 - вводится в расчёт только при наличии моментов, стремящихся повернуть заготовку, установленную плоской технологической базой на опоры-штыри.

Получим:

$$W = \frac{2 \cdot 1,8 \cdot 1237 \cdot 130}{0,3 \cdot 50} = 38594 \text{ Н.}$$

Сила P_Y создает момент, который стремится вывернуть заготовку из кулачков равный:

$$M_p = P_Y \cdot l \quad (3.6)$$

Момент от силы зажима препятствующий ему равен:

$$M_3 = \frac{2}{3} \cdot W \cdot f \cdot d_2 \quad (3.7)$$

Из равенства этих моментов сила зажима равна:

$$W = \frac{1,5 \cdot K \cdot P_y \cdot l}{f \cdot d_2} = \frac{1,5 \cdot 2,52 \cdot 547 \cdot 85}{0,3 \cdot 50} = 1171 \text{ Н.}$$

Из двух полученных сил зажима для расчётов принимаем наибольшую.

Усилие зажима на постоянных кулачках увеличивается по сравнению с расчетной силой зажима и определяется по формуле:

$$W_1 = \frac{W}{\left(1 - \left(3 \cdot \frac{l_k}{H_k}\right) \cdot f_1\right)} \quad (3.8)$$

где l_k - вылет кулачка, расстояние от середины рабочей поверхности сменного кулачка до середины направляющей постоянного кулачка;

H_k - длина направляющей постоянного кулачка;

f - коэффициент трения в направляющих постоянного кулачка и корпуса.

$$W_1 = \frac{38594}{\left(1 - \left(3 \cdot \frac{62}{80}\right) \cdot 0,1\right)} = 70171 \text{ Н.}$$

Усилие, создаваемое силовым приводом, для создания зажимного усилия равно:

$$Q = \frac{W_1}{i_c} \quad (3.9)$$

где i_c - передаточное отношение по силе зажимного механизма.

При использовании рычажного механизма передаточное отношение равно:

$$i = \frac{A}{B} \quad (3.10)$$

где A и B - плечи рычага.

В нашем случае получаем:

$$Q = \frac{70171}{2,5} = 28069 \text{ Н.}$$

Исходное усилие создается силовым приводом, установленным на задний конец шпинделя. Основной характеристикой силового привода является диаметр поршня, который необходимо рассчитать. Диаметр зависит прежде всего от давления рабочей среды, в качестве которой можно использовать сжатый воздух или масло.

Диаметр поршня определяется по формуле:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P}}, \quad (3.11)$$

где P - избыточное давление рабочей среды.

Пневмоцилиндры дешевле в эксплуатации и производстве, поэтому сначала в качестве рабочей среды берем воздух. Получаем:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{28069}{0,4}} = 300 \text{ мм.}$$

Диаметр слишком большой, т.к. рекомендуется использовать диаметры до 120 мм. Делаем вывод, что пневмоцилиндр не подходит и будем пытаться использовать гидроцилиндр. Получаем

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{28069}{5,0}} = 90 \text{ мм.}$$

Диаметр равный 90 мм допустим, поэтому принимаем его в качестве рабочего диаметра гидроцилиндра при давлении масла 5,0 МПа.

Определим погрешность установки заготовки в проектируемом патроне:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_B^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{ПР}^2}, \quad (3.12)$$

где ε_B - погрешность базирования, равная при данной схеме нулю, так как измерительная база используется в качестве технологической.

ε_3 - погрешность закрепления - это смещение измерительной базы под

действием сил зажима (в данном примере можно принять $\varepsilon_3 = 0$)

$\varepsilon_{\text{ПР}}$, - погрешность элементов приспособления, зависящая от точности их изготовления.

Размерная схема патрона представлена на рисунке 3.3.

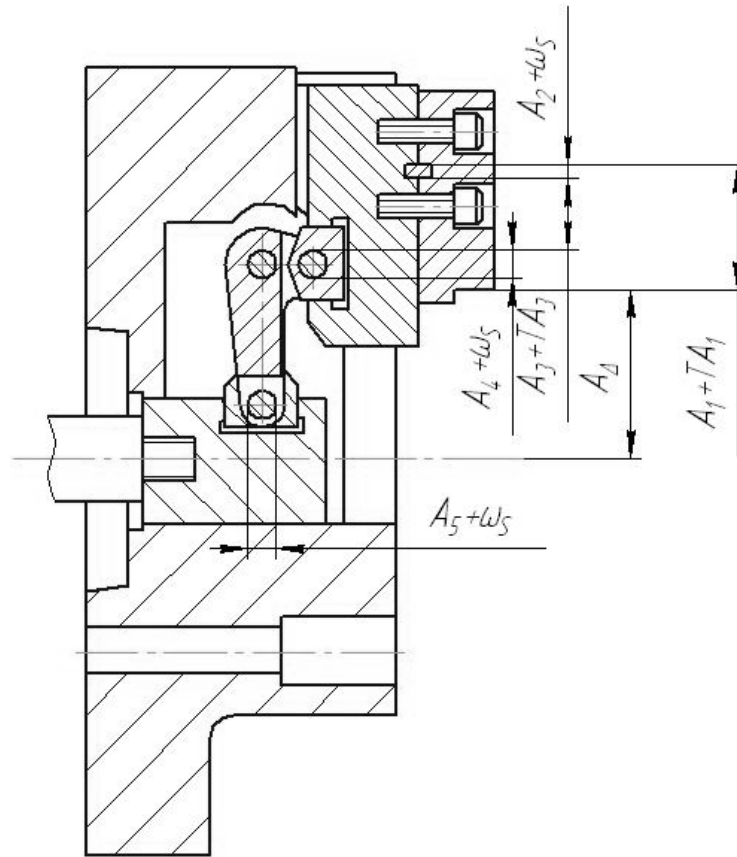


Рисунок 3.3 - Размерная схема патрона с рычажным зажимным механизмом

$$\varepsilon_V = \frac{\omega_{A\Delta}}{2} = 0,5\sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2}, \quad (3.13)$$

где $\omega_{A\Delta}$ - колебания замыкающего размера A_Δ ,

Δ_1, Δ_3 - погрешности, возникающие вследствие не точности изготовления размеров A_1 и A_3 ;

$\Delta_2, \Delta_4, \Delta_5$ - погрешности из-за колебания зазоров в сопряжениях.

Допустимая величина погрешности установки не должна превышать:

$$\varepsilon_y^{ДОП} = 0,3 \cdot Td \quad (3.14)$$

где Td - технологический допуск на операционный размер.

Точность составляющих размерной цепи задаем по 7 квалитету.

Получаем:

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

$$\varepsilon_y^{ДОП} = 0,3 \cdot 0,084 = 0,026 \text{ мм.}$$

Расчетное значение погрешности меньше допустимого, значит патрон имеет удовлетворительную точность.

Приспособление предназначено для установки и закрепления заготовки при чистовом точении шестерни.

Приспособление содержит патрон и силовой привод. Патрон содержит корпус 1, в котором установлен рычажный зажимной механизм, состоящий из рычагов 8 установленных на осях 12. Один конец рычагов закреплен с втулкой 10, а другой с постоянными кулачками 9, на которых установлены сменные кулачки 4. К выходному концу шпинделя патрон крепится винтами 22.

Силовой привод содержит: вращающийся корпус 3, с крышкой 5, который жестко закреплен на заднем конце шпинделя. В полости корпуса расположены поршень 7 и шток 11. На выступе задней крышки смонтирована муфта 2 для подвода воздуха, которая включает: корпус 2, подшипники 19, уплотнения 17.

Приспособление работает следующим образом: при подаче масла в правую полость поршень со штоком и плунжером перемещается справа налево, в результате чего через подвижную оправку происходит закрепление заготовки. При подаче масла в левую полость система возвращается в исходное положение и происходит раскрепление заготовки.

3.2 Проектирование режущего инструмента

Рассчитаем и спроектируем режущий инструмент для 010 сверлильной операции согласно рекомендаций [23].

При сверлении стандартным сверлом одна из основных проблем – низкая стойкость сверла. Спроектируем сверло с увеличенной стойкостью.

Расчет режущего инструмента будем производить на сверление отверстия $\varnothing 21^{+0,084}$ мм.

Минимальный диаметр отверстия $D_{min}=21$ мм, максимальный диаметр отверстия $D_{max}=21,084$ мм.

Диаметр сверла равен:

$$D_{инстр} = D_{min} + \frac{TD}{2} \quad (3.15)$$

где TD – допуск на обрабатываемый размер.

Получим:

$$D_{инстр} = 21 + \frac{0,084}{2} = 21,042 \text{ мм.}$$

Допуск на исполнительный размер сверла принимаем по 8 качеству, т.к. отверстие обрабатывается по 10 качеству.

Таким образом, принимаем размер инструмента $\varnothing 21,042_{-0,033}$.

При обработке стали 20Х2Н4А ГОСТ 4543-71 рекомендуется в качестве материала режущей части использовать быстрорежущую сталь Р18Ф ГОСТ 19265-73.

Для увеличения стойкости сверла предлагается использовать центральную режущую вставку из сверхтвёрдого материала. В данном случае из поликристаллического нитрида бора. При этом режущие кромки необходимо покрыть износостойким упрочняющим покрытием в виде пленки нитрида молибдена толщиной 2-10 мкм.

Диаметр режущей вставки рассчитывается по формуле:

$$d = D / (6...9) \quad (3.16)$$

где D – диаметр сверла.

В нашем случае:

$$d = D / (6 \dots 9) = 21,042 / (6 \dots 9) = 3,507 \dots 2,338$$

Принимаем $d=2$ мм.

При данной конструкции режущей части сверла его стойкость увеличивается в 8 раз.

Хвостовик сверла – цилиндрический.

Расчетный диаметр вычисляется по формуле:

$$d = \frac{6\mu_{cp} \cdot \sin \theta}{\mu \cdot P_0 (1 - 0,04\Delta\theta)} \quad (3.17)$$

где μ_{cp} – момент сопротивления силам резания;

θ - угол, характеризующий конусность;

μ – коэффициент трения;

P_0 – осевая сила;

$\Delta\theta$ - допуск на угол θ .

Получим:

$$d = \frac{6 \cdot 3,47 \cdot \sin 1^\circ 30'}{0,1 \cdot 645 (1 - 0,04 \cdot 5)} \approx 21,5 \text{ мм.}$$

Значения углов в соответствии с рекомендациями: $\gamma = 90^\circ$; $\alpha = 8^\circ$.

Во избежание заедания сверла в отверстии передняя поверхность выполняется выше центра на 0,5 мм. Для уменьшения трения направляющей о стенки отверстия срезана лыска под углом 30° .

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	2	3	4	5	6
1	Точение	Токарная операция	Оператор станков с ЧПУ	Токарный с ЧПУ L550	Сталь 20Х2Н4А, СОЖ
2	Сверление	Сверлильная операция	Сверловщик	Вертикально-сверлильный FPV 361	Сталь 20Х2Н4А, СОЖ
3	Протягивание	Протяжная операция	Протяжник	Горизонтально-протяжной Н30-60	Сталь 20Х2Н4А, СОЖ
4	Зубонарезание	Зубофрезерная операция	Зуборезчик	Зубофрезерный 53А30П	Сталь 20Х2Н4А, СОЖ
5	Шлифование	Шлифовальная операция	Шлифовщик	Внутришлифовальный JH-150 NC Торцекругло-	Сталь 20Х2Н4А, СОЖ

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
				шлифовальный BUA 25B NC	

4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

№ п/п	Производственно- технологическая и/или эксплуатационно- технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
1	2	3	4
1	Токарная операция	Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенный уровень	Токарный с ЧПУ L550

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4
		<p>шума на рабочем месте; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; монотонность труда</p>	
2	Сверлильная операция	<p>Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенный уровень</p>	Вертикально-сверлильный FPV 361

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4
		<p>шума на рабочем месте; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; монотонность труда</p>	
3	Протяжная операция	<p>Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенный уровень</p>	Горизонтально-протяжной Н30-60

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4
		<p>шума на рабочем месте; повышенный уровень вибрации; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; монотонность труда</p>	
4	<p>Зубофрезерная операция</p>	<p>Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; повышенная температура поверхностей оборудования,</p>	<p>Зубофрезерный 53А30П</p>

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4
		<p>материалов; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; монотонность труда</p>	
5	Шлифовальная операция	<p>Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; повышенная температура поверхностей оборудования,</p>	<p>Внутришли-фовальный ЖИ-150 NC Торцекругло- шлифовальный ВUA 25B NC</p>

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4
		<p>материалов; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; монотонность труда</p>	

4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Таблица 4.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	2	3	4
1	Движущиеся машины и механизмы	Обучение персонала безопасным приемам работы; проведение инструктажей согласно предписанных сроков; контроль за соблюдением безопасности выполнения работ; применение ограничительных устройств; применение знаков безопасности	Каска защитная
2	Подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия,	Обучение персонала безопасным приемам работы; проведение инструктажей	Каска защитная, очки защитные

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4
	заготовки	согласно предписанных сроков; контроль за соблюдением безопасности выполнения работ; применение ограничительных устройств; применение предохранительных устройств, аварийной сигнализации и автоматического отключения; применение дистанционного управления; применение знаков безопасности	
3	Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	Обучение персонала безопасным приемам работы; проведение инструктажей согласно предписанных сроков; контроль за соблюдением	Спецодежда, рукавицы комбинированные, перчатки с полимерным покрытием

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4
		безопасности выполнения работ; применение оградительных устройств; применение знаков безопасности	
4	Повышенный уровень шума на рабочем месте	Обучение персонала безопасным приемам работы; проведение инструктажей согласно предписанных сроков; контроль за соблюдением безопасности выполнения работ; контроль уровня шума; применение звукоизоляции, звукопоглощения, глушителей	Наушники, беруши
5	Повышенный уровень вибрации	Обучение персонала безопасным приемам работы; проведение инструктажей согласно предписанных сроков;	Спецобувь, виброгасящий коврик

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4
		<p>контроль за соблюдением безопасности выполнения работ; применение массивных фундаментов под оборудование; применение виброопор на оборудовании</p>	
6	<p>Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека</p>	<p>Обучение персонала безопасным приемам работы; проведение инструктажей согласно предписанных сроков; контроль за соблюдением безопасности выполнения работ; применение систем защитного заземления, защитного отключения; применение знаков безопасности</p>	<p>Резиновый диэлектрический коврик, спецодежда, спецобувь</p>
7	<p>Острые кромки, заусенцы и</p>	<p>Обучение персонала</p>	<p>Спецодежда,</p>

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4
	шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	безопасным приемам работы; проведение инструктажей согласно предписанных сроков; контроль за соблюдением безопасности выполнения работ	спецобувь, рукавицы комбинированные, перчатки с полимерным покрытием
8	Монотонность труда	Соблюдение режима работы и отдыха	

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

4.4.1 Идентификация опасных факторов пожара

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	2	3	4	5	6
1	Участок механической обработки	Токарный с ЧПУ L550 Вертикольно-сверлильный FPV 361	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная	Образующиеся в процессе пожара осколки,

Продолжение таблицы 4.4

1	2	3	4	5	6
		<p>Горизонтально-протяжной Н30-60 Зубофрезерный 53А30П Внутришлифовальный ЛНІ-150 NC Торце-круглошлифовальный ВUA 25В NC</p>	<p>или плавящихся твердых веществ и материалов (В)</p>	<p>температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму (задымленных пространственных зонах).</p>	<p>части разрушившихся технологических установок,пр оизводственного и инженерно-технического оборудования; вынос высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования.</p>

4.4.2 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технического объекта

Таблица 4.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожаротушения автоматические	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
1	2	3	4	5	6	7	8
Огнетушители, пожарные щиты внутрипомещения пожарные краны, ящики с песком	Пожарные автомобили, пожарные автолестницы	Системы автоматического тушения, оборудование для тушения пожара пеной	Автоматические пожарные извещатели, технические средства оповещения и управ-	Пожарные шкафы пожарные гидранты, пожарные краны; пожарные рукава	Респираторы, противогазы, самоспасатели, огнестойкие накидки,	Механизированный инструмент для резки и перекусывания, ломы, багры, топоры, лопаты.	Автоматическая пожарная сигнализация на базе извещателей и приемного контрольного пожарного

Продолжение таблицы 4.5

1	2	3	4	5	6	7	8
			ления эвакуа цией пожар ные				прибо- ра

4.4.3 Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара

Таблица 4.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
1	2	3
Технологический процесс изготовления шестерни коробки скоростей универсально-фрезерного станка АГ-400	Проведение инструктажей по пожарной безопасности и обучение персонала действиям в случае пожара, контроль за правильной эксплуатацией и содержанием оборудования,	Проведение противопожарных инструктажей, запрет на курение и применение открытого огня в недопущенных местах, соблюдение мер противопожарной безопасности, применение средств пожаротушения, применение средств

Продолжение таблицы 4.6

1	2	3
	применение автоматических устройств обнаружения, оповещения и тушения пожаров	пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре

4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

4.5.1 По виду реализуемого производственно-технологического процесса, и осуществляемой функциональной эксплуатацией техническим объектом - необходимо провести идентификацию негативных экологических факторов, результаты которой отражены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортное средство и т.п.	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
1	2	3	4	5
Токарная операция	Токарный станок ЧПУ L550	Пары СОЖ	Механические примеси нефтепродукты, СОЖ	Стружка, металлический лом, ветошь
Сверлильная операция	Вертикально-сверлильный станок FPV 361	Пары СОЖ	Механические примеси, нефтепродукты, СОЖ	Стружка, металлический лом, ветошь
Протяжная операция	Горизонтально-протяжной станок	Пары СОЖ	Механические примеси,	Стружка, металлический

Продолжение таблицы 4.7

1	2	3	4	5
операция	НЗ0-60			
Зубо-фрезерная операция	Зубофрезерный 53А30П		нефтепродукты, СОЖ	лом, ветошь
Шлифовальная операция	Внутришлифовальный JHI-150 NC Торце-кругло-шлифовальный ВUA 25В NC	Пары СОЖ	Механические примеси, нефтепродукты, СОЖ	Стружка, металлический лом, ветошь

4.5.2 Разработка мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду рассматриваемого технического объекта согласно нормативных документов.

Таблица 4.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Токарная операция, Сверлильная операция, Протяжная, Зубофрезерная операция, Шлифовальная операция
1	2
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Рукавно-кассетный фильтр

Продолжение таблицы 4.8

1	2
<p>Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу</p>	<p>Отстойники, песколовки, механические фильтры, нефтеловушки, флотатор, фильтр сорбционный, контроль химического состава сточных вод, замкнутое водоснабжение предприятия</p>
<p>Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу</p>	<p>Переплавка стружки и лома, соблюдение правил хранения, периодичности вывоза отходов на утилизацию и захоронение</p>

4.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса изготовления шестерни коробки скоростей универсально-фрезерного станка AG-400, перечислены технологические операции, должности работников, оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы.

Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу, выполняемым технологическим операциям, видам производимых работ.

Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков, подобраны средства индивидуальной защиты для работников.

Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных

факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности. Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте.

Идентифицированы экологические факторы и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте.

5 Экономическая эффективность работы

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

Для выполнения данного раздела, будем использовать описанные условия и рассчитанные параметры технологического процесса изготовления детали «Шестерня коробки скоростей». Особый интерес из этой информации для экономической эффективности работы представляют изменения, а точнее отличия между сравниваемыми вариантами. Поэтому считаем необходимым указать только эти изменения, которые, в конечном счете, и позволят сделать вывод о целесообразности описанных изменений. Краткое описание сравнений по вариантам представлено в виде таблицы 5.1.

Таблица 5.1 – Краткая сравнительная характеристика вариантов техпроцесса

Базовый вариант	Проектируемый вариант
1	2
Операция 010. На вертикально-сверлильном станке, модель FPV 361 выполняется сверление отверстия. Инструмент – сверло спиральное Ø21 мм, P18Ф, стойкость инструмента 60 мин. Приспособление – тиски самоцентрирующие пневматические. Операция 015. На токарно-винторезном станке с ЧПУ, модель L550 выполняется точение шеек, торце и растачивание (необходимо 2 станка). Инструмент – резец	Операция 010. На вертикально-сверлильном станке, модель FPV 361 выполняется сверление отверстия. Инструмент – сверло спиральное со вставками из сверхтвердого материала Ø21 мм, P18Ф, стойкость инструмента 240 мин. Приспособление – тиски самоцентрирующие пневматические. Операция 015. На токарно-винторезном станке с ЧПУ, модель L550 выполняется точение шеек,

Продолжение таблицы 5.1

1	2
<p>контурный, Т30К4 ГОСТ 18879-73; резец расточной, Т30К4 ГОСТ 18879-73; резец канавочный, Т5К10 ГОСТ 18879-73. Приспособление – патрон токарный 3-х кулачковый.</p> <p>Операция 025. На зубофрезерном станке, модель 53А30П выполняется нарезание зубьев. Инструмент – фреза червячная Ø100, Р9К10 ГОСТ 9324-80. Приспособление – оправка шлицевая. Режимы резанья назначены по справочному материалу.</p>	<p>торце и растачивание (необходим 1 станок). Инструмент – резец контурный, Т30К4 ГОСТ 18879-73; резец расточной, Т30К4 ГОСТ 18879-73; резец канавочный, Т5К10 ГОСТ 18879-73. Приспособление – патрон токарный 3-х кулачковый, специальный (с увеличенным ходом кулачков).</p> <p>Операция 025. На зубофрезерном станке, модель 53А30П выполняется нарезание зубьев. Инструмент – фреза червячная Ø100, Р9К10 ГОСТ 9324-80. Приспособление – оправка шлицевая. Режимы назначены резанья с учетом НИР.</p>
<p>Материал детали – Сталь 12ХНЗА – штамповка на ГКМ</p>	
<p>Тип производства – среднесерийный</p> <p>Условия труда – нормальные.</p> <p>Форма оплата труда – повременно-премиальная.</p>	

Кроме представленных сравнительных параметров, для экономического обоснования нам понадобятся программа выпуска и трудоемкость выполнения операций, которые представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Краткое описание дополнительных исходных данных для экономического обоснования по сравниваемым вариантам

№	Показатели	Условное обозначение, единица измерения	Значение показателей	
			Базовый	Проектный
1	Годовая программа выпуска	$P_T, шт.$	4000	4000
2	Норма штучного времени, в том числе и машинное время	$T_{шт}^{010}, мин.$	1,6	1,6
		$T_{маш}^{010}, мин.$	1,2	1,2
		$T_{шт}^{015}, мин.$	5,1	5,1
		$T_{маш}^{015}, мин.$	4,68	4,68
		$T_{шт}^{025}, мин.$	3,2	2,6
		$T_{маш}^{025}, мин.$	2,4	1,8

С учетом представленных изменений необходимо экономически обосновать целесообразность их внедрения, для этого, применяя методику «Экономического обоснования совершенствования технологического процесса механической обработки» [25], последовательно определим: капитальные вложения, полную себестоимость и экономическую эффективность.

Все экономические значения для проведения необходимых расчетов были получены на кафедре «Управление инновациями и маркетинг» от консультанта раздела.

Далее, применения программного обеспечение MicrosoftExcel и имеющиеся данные, были получены следующие значения:

– капитальные вложения в проектируемый вариант, учитывающие замену оснастки и инструмента, а также затраты на проектирование, которые составляют $K_{ВВ.ПР} = 93621,41$ руб. Они учитывают только вложения применительно к заданной программе выпуска;

– полная себестоимость выполнения рассматриваемых операций по вариантам: $C_{ПОЛН(БАЗ)} = 129,33$ руб., $C_{ПОЛН(ПР)} = 118,71$ руб. Представленные значения не учитывают затраты, связанные материалами, т.к. согласно

описанию, ни материал, ни метод получения заготовки не были изменены, поэтому не могут оказывать влияния по конечный результат.

Все вышеперечисленное, является достаточным материалом для проведения завершающего этапа – экономического обоснования. Согласно представленной ранее методике [25] выполним этот этап по следующему алгоритму:

$$P_{P.OЖ} = \mathcal{E}_{УГ} = (C_{ПОЛ.ГАЗ} - C_{ПОЛ.ПР}) \cdot P_{Г} \text{ руб.} \quad (5.1)$$

$$P_{P.OЖ} = \mathcal{E}_{УГ} = (29,33 - 118,71) \cdot 4000 = 42480 \text{ руб.}$$

$$H_{ПРИБ} = P_{P.OЖ} \cdot K_{НАЛ} \text{ руб.} \quad (5.2)$$

$$H_{ПРИБ} = 42480 \cdot 0,2 = 8496 \text{ руб.}$$

$$P_{P.ЧИСТ} = P_{P.OЖ} - H_{ПРИБ} \text{ руб.} \quad (5.3)$$

$$P_{P.ЧИСТ} = 42480 - 8496 = 33984 \text{ руб.}$$

$$T_{ОК.РАСЧ} = \frac{K_{ВВ.ПР}}{P_{P.ЧИСТ}} + 1, \text{ года} \quad (5.4)$$

$$T_{ОК.РАСЧ} = \frac{93621,41}{33984} + 1 = 3,76 = 4 \text{ года}$$

$$D_{ДИСК.ОБЩ} = P_{P.ЧИСТ.ДИСК}(T) = \sum_1^T P_{P.ЧИСТ} \cdot \frac{1}{(1+E)^t}, \text{ руб.} \quad (5.5)$$

$$D_{ДИСК.ОБЩ} = P_{P.ЧИСТ.ДИСК}(T) = 33984 \cdot \left(\frac{1}{(1+0,1)^1} + \frac{1}{(1+0,1)^2} + \frac{1}{(1+0,1)^3} + \frac{1}{(1+0,1)^4} \right) =$$

$$= 107695,3 \text{ руб.}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ИИТ}} = \text{ЧДД} = D_{\text{ОБЩ.ДИСК}} - K_{\text{ВВ.ПР}} \text{ руб.} \quad (5.6)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ИИТ}} = \text{ЧДД} = 107695,3 - 93621,41 = 14073,89 \text{ руб.}$$

$$\text{ИД} = \frac{D_{\text{ОБЩ.ДИСК}}}{K_{\text{ВВ.ПР}}} \text{ руб./руб.} \quad (5.7)$$

$$\text{ИД} = \frac{107695,3}{93621,41} = 1,15 \text{ руб./руб.}$$

Расчеты доказали целесообразность предлагаемых изменений по операциям 010, 015 и 025 технологического процесса изготовления детали «Шестерня коробки скоростей». В результате чего предприятие имеет возможность получить дополнительную прибыль от снижения себестоимости на 8,21%, в размере 33984 руб., а также достичь экономического эффекта положительной величины – 14073,89 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе были выполнены следующие мероприятия:

- произведен выбор и проектирование заготовки;
- сделаны расчеты припусков и режимов резания;
- разработан перспективный технологический процесс изготовления шестерни, базирующийся на типовых технологических процессах и достижениях в области методов обработки;
- разработан патрон на токарную операцию;
- спроектировано сверло с повышенной стойкостью;
- проведен анализ безопасности и экологичности технического объекта;
- проведен расчет экономической эффективности работы.

Данные мероприятия позволили выполнить поставленную цель работы сформулированную во введении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Горбачевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред. М: – ООО ИД «Альянс.», 2007 – 256 с.
- 2 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов. В 2 кн. Кн. 1. Основы технологии машиностроения / Э. Л. Жуков [и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина . - Изд. 3-е, стер. ; Гриф МО. - Москва : Высш. шк., 2008. - 278 с.
- 3 Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Н. Ковшов. - Изд. 2-е, испр. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2008. - 319 с.
- 4 Суслов, А. Г. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Г. Суслов. - 2-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Машиностроение, 2007. – 429 с.
- 5 Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2-е изд., доп. и пер.ера. СПб: Политехника, 2007 – 380 с.
- 6 Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2-е изд. Высш. шк. 2007 г.
- 7 Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с.
- 8 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 910 с.
- 9 Лебедев, В. А. Технология машиностроения : Проектирование технологий изготовления изделий : учеб. пособие для вузов / В. А. Лебедев, М.

А. Тамаркин, Д. П. Гепта. - Гриф УМО. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. - 361 с.

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

11 Металлорежущие станки [Электронный ресурс] : учебник. В 2 т. Т. 1 / Т. М. Аврамова [и др.] ; под ред. В. В. Бушуева. - Москва : Машиностроение, 2011. - 608 с.

12 Металлорежущие станки [Электронный ресурс] : учебник. В 2 т. Т. 2 / В. В. Бушуев [и др.] ; под ред. В. В. Бушуева. - Москва : Машиностроение, 2011. - 586 с.

13 www.investstanok.ru

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

15 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.

16 Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога. / У Болтон – М : Издательский дом «Додэка-XXI», 2002 – 384 с.

17 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.

18 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.

19 Гузеев В. И., Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением : справочник / В. И.

Гузеев, В. А. Батуев, И. В. Сурков ; под ред. В. И. Гузеева. - 2-е изд. - Москва : Машиностроение, 2007. - 364, [1] с.

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

21 Панов, А.А. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А.Панов, В.В.Аникин, Н.Г. Байм и др.; под общ. ред. А.А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988.

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

23 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.

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

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

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Спецификации к сборочным чертежам

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		17		Манжета ГОСТ 8752-79	3	
		18		Винт М8х30 ГОСТ 14475-80	6	
		19		Подшипник 904 ГОСТ 8338-75	2	
		20		Манжета ГОСТ 8752-79	2	
		21		Демпфер ГОСТ 8754-79	2	
		22		Винт М14х120 ГОСТ 11738-84	3	
		23		Прокладка ГОСТ 14475-80	1	
		24		Гайка М20 ГОСТ 15526-70	2	
		25		Шайба ГОСТ 11872-89	1	
		26		Винт М8х25 ГОСТ 14475-80	8	

Изм. №	Изм. №	Изм. №	Изм. №	Изм. №
подл.	подл.	подл.	подл.	подл.
Изм. №	Изм. №	Изм. №	Изм. №	Изм. №
подл.	подл.	подл.	подл.	подл.
Изм. №	Изм. №	Изм. №	Изм. №	Изм. №
подл.	подл.	подл.	подл.	подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

16.07.ТМ.537.008.000

Лист
2

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Маршрутные карты

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции	Обозначение документа						
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН
Б	Код наименования оборудования											
Т 19	396171 Приспособление специальное: 391290 Сверло ϕ 21 специальное Р18Ф; 393311 Штангенциркуль											
Т 20	ШЦ-1 ГОСТ 166-89.											
21												
А 22	XX XX XX 015 4110 Токарная											
Б 23	381101 Токарный L550 3 18217 312 1Р 1 1 1 1200 1 5,1											
О 24	Точить последовательно поверхность и торцы: Установ А пов. 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22											
О 25	в размер ϕ 51,288 _{0,1} ; ϕ 30 _{0,004} ; 26,9 _{0,004} ; 4,12 _{0,01} ; 66 _{0,12} ; 86,7 _{0,12} Установ Б пов.											
О 26	1, 2, 3, 4, 8, 26, 27, 28 размер ϕ 36 _{0,1} ; ϕ 75 _{0,12} ; ϕ 80 _{0,12} ; 69 _{0,12} ; 71 _{0,12} ; 76 _{0,12} ; 85,5 _{0,12} .											
Т 27	396110 Патрон 3-х кулачковый специальный; 392101 Резец контурный / ОСТ 18879-73 15К10;											
Т 28	392152 Резец расщепленный ГОСТ 18879-73 130К4; 392135 Резец канавочный / ОСТ 18879-73 130К4;											
Т 29	392104 Резец канавочный / ОСТ 18879-73 130К4; 394233 Микрометр МК-80 / ОСТ 6507-90; 394253											
Т 30	Нутромер НМ-50 ГОСТ 10-88.											
31												
А 32	XX XX XX 020 4155 Протяжная											
Б 33	381573 Горизонтально-протяжной Н30-60 3 16458 312 1Р 1 1 1 1200 1 12											
О 34	Протянуть поверхность 24, 25 в размер: ϕ 25 _{0,032} ; ϕ 27 _{0,1} .											
Т 35	396171 Приспособление специальное: 392341 Протяжка шлицевая Р9 ГОСТ 25969-83; 393400 Калибр.											
36												
А 37	XX XX XX 025 4153 Зубофрезерная											
Б 38	381572 Зубофрезерный 53А30П 3 12287 312 1Р 1 1 1 1200 1 2,6											
О 39	Фрезеровать пов. 6, 5 в размер 10-й степени точности											
Т 40	396171 Приспособление специальное; 391810 Фреза червячная ϕ 100 / ОСТ 19324-80 Р9К10; 394590 Прибор											
Т 41	Измерительный универсальный.											
МК												

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции	Обозначение документа												
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тшт			
Б	Код наименования оборудования																	
А 69	XX XX XX	030	4157	Шебшпошлифовальная														
Б 70	381574	Зубошебшпошлифовальный	5702В	3	12287	312	1Р	1	1	1	1200	1						14
0 71	Шебшпошлифовать пов. 6 в размер 6-й степени точности																	
Т 72	396171	Приспособление специальное;	391810	Шебер дисковый Р9Ф5	ГОСТ8570-75	394300	Прибор											
Т 73	Измерительный универсальный.																	
74																		
А 75	XX XX XX	035	4162	Зубофасочная														
Б 76	381574	Зубофасочная	ВС-320А	3	12287	312	1Р	1	1	1	1200	1						12
0 77	Выполнить фаски на зубьях.																	
Т 78	396171	Приспособление специальное;	391810	Фреза Р6М5	специальная;	393400	Калибр.											
79																		
А 80	XX XX XX	040	Термическая															
81																		
А 82	XX XX XX	045	4132	Внутришлифовальная														
Б 83	381312	Внутришлифовальный	НН-150	NC	3	18873	312	1Р	1	1	1	1200	1					15
0 84	Шлифовать поверхность 1 в размер 85 ^{±0,007} .																	
Т 85	396171	Приспособление специальное;	39810	Круг шлифовальный;	394300	Скода	рычажная	СР	ГОСТ11098-75.									
86																		
А 87	XX XX XX	050	4131	Шлифовальная														
Б 88	381311	Торцекруглошлифовальный	ВУА25В	NC	3	18873	312	1Р	1	1	1	1200	1					15
0 89	Шлифовать пов. 12, 13 размер $\phi 54_{-0,039}^{+0,033}$; 26 ^{±0,033} .																	
Т 90	396171	Приспособление специальное;	39810	Круг шлифовальный;	394300	Скода	рычажная	СР	ГОСТ11098-75.									
91																		
МК																		

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Операционные карты

