

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 специалиста)**

**направление подготовки 151001.65 «Конструкторско-технологическое обеспечение
автоматизированных машиностроительных производств
Специальность «Технология машиностроения»**

Студент Хазов Павел Сергеевич гр. ТМз-1001

1. Тема Технологический процесс изготовления шестерни-полумуфты редуктора
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «__» ____ 2016г.
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе годовая программа выпуска 5000 шт в год; режим работы участка – двухсменный
4. Содержание выпускной квалификационной работы (объем 90-120 с.)
*Титульный лист. Задание. Реферат (аннотация). Содержание.
Введение, цель проекта*
 - 1) Описание исходных данных
 - 2) Технологическая часть проекта
 - 3) Совершенствование операций с помощью научных исследований
 - 4) Проектирование приспособления
 - 5) Проектирование режущего инструмента
 - 6) Проектирование производственного участка
 - 7) Безопасность и экологичность технического объекта
 - 8) Экономическая эффективность проекта

Заключение. Список использованных источников.

Приложения: технологическая документация.

АННОТАЦИЯ

УДК 621.9.062.3-233.1

Хазов П.С. Технологический процесс изготовления шестерни-полумуфты редуктора. Кафедра: Оборудование и технологии машиностроительного производства. ТГУ Тольятти, 2016 г.

Дипломный проект посвящен проектированию технологического процесса изготовления шестерни-полумуфты редуктора. Проектирование производится исходя из типа производства на базе типового техпроцесса. При этом ряд операций подвергаются усовершенствованию с целью повышения эффективности техпроцесса. Для этого применяется анализ научных исследований, проектирование специальной технологической оснастки и режущего инструмента. Проектируется участок по изготовлению детали, при этом проводится анализ безопасности и экологичности технического объекта. Правильность выбранных решений проверяется экономическими расчетами.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение, цель проекта.....	6
1 Описание исходных данных.....	7
1.1 Анализ служебного назначения детали.....	7
1.2 Анализ технологичности детали.....	7
1.3 Систематизация поверхностей детали.....	8
1.4 Определение типа производства.....	9
1.5 Задачи проекта.....	10
2 Технологическая часть проекта.....	11
2.1 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	11
2.2 Выбор метода получения заготовки.....	12
2.3 Выбор методов обработки поверхностей.....	14
2.4 Определение припусков и проектирование заготовки.....	15
2.5 Разработка технологического маршрута.....	21
2.6 Выбор средств технологического оснащения.....	22
2.7 Проектирование технологических операций.....	38
3 Совершенствование операции с помощью научных исследований.....	42
3.1 Цель исследований.....	42
3.2 Оценка эффективности использования шлифовального круга.....	42
3.3 Выводы по результатам научных исследований.....	47
4 Проектирование приспособления.....	48
4.1 Исходные данные.....	48
4.2 Расчет сил резания.....	49
4.3 Расчет схемы установки.....	49
4.4 Расчет усилия зажима.....	52
4.5 Расчет зажимного механизма.....	54
4.6 Расчет точности приспособления.....	55
4.7 Описание конструкции приспособления.....	55
5 Проектирование режущего инструмента.....	57

6 Проектирование производственного участка.....	59
6.1 Исходные данные.....	59
6.2 Расчет необходимого оборудования.....	60
6.3 Расчет количества производственных и вспомогательных рабочих, служебного персонала и младшего обслуживающего персонала.....	63
6.4 Определение площади участка.....	63
6.5 Компоновка участка.....	64
7 Безопасность и экологичность технического объекта.....	65
7.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.....	65
7.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков.....	66
7.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.....	72
7.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта.....	76
7.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.....	80
7.6 Заключение по разделу.....	82
8 Экономическая эффективность проекта.....	84
8.1. Краткая характеристика сравниваемых вариантов.....	84
8.2. Расчет необходимого количества оборудования и коэффициентов его загрузки.....	87
8.3. Расчет дополнительных исходных данных для станков с ЧПУ.....	88
8.4. Расчет капитальных вложений в совершенствование техпроцесса.....	89
8.5. Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов.....	91
8.6. Расчет показателей экономической эффективности.....	94
Заключение.....	96
Список использованных источников.....	97
Приложения.....	100

ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ ПРОЕКТА

Редуктор является неотъемлемой частью многих машин и механизмов современного производства. Редуктора бывают различными по назначению, конструктивным особенностям и исполнению. Основное назначение всех редукторов это передача и изменение величины крутящего момента от двигателя исполнительному механизму. Исходя из этого, можно сделать вывод, что редуктора являются одними из самых ответственных узлов в машинах и механизмах, от которых зависит их долговечность, надежность и другие эксплуатационные показатели. Соответственно точно такие же требования предъявляются и к шестерне-полумуфте входящий в состав редуктора. Обеспечение выполнения всех этих требований зависит от технологии ее изготовления.

В данном дипломном проекте сделана попытка разработки наиболее эффективного технологического процесса изготовления шестерни-полумуфты в заданных условиях. Чтобы достичь этой цели необходимо решить ряд технологических, конструкторских и экономических задач. Этому посвящены последующие разделы данной работы

1 Описание исходных данных

1.1 Анализ служебного назначения детали

Основное назначение рассматриваемой шестерни-полумуфты заключается в передачи крутящего момента от одного вала редуктора к другому. Передача крутящего момента происходит через боковые поверхности зубьев и боковые поверхности выполненных на торце кулачков.

В узле шестерня-полумуфта устанавливается на промежуточный шлицевой вал при помощи шлиц, выполненных на внутреннем отверстии. Это дает возможность полумуфте перемещаться по шлицевому валу тем самым разрывая поток крутящего момента в случае необходимости. Следует отметить, что это накладывает определенные требования к материалу детали и качеству поверхностей детали.

1.2 Анализ технологичности детали

Анализ технологичности проводится согласно рекомендаций [1].

В первую очередь необходимо проанализировать на технологичность материала детали, возможные методы получения заготовки, конструкцию детали, базирование при механической обработке и возможность обработки различных поверхностей.

Проанализируем материал детали. В качестве материала принята сталь 20Х2Н4А ГОСТ 4543-71. Твердость в состоянии поставки [2] НВ 280-320. Данный материал является достаточно дорогостоящим, однако заменить его более дешевым не представляется возможным, т.к. при изменении физико-механических свойств материала изменятся эксплуатационные свойства детали, что недопустимо.

Анализ возможных методов получения заготовок показывает [3], что заготовку шестерни-полумуфты можно получить литьем или штамповкой. В обоих случаях форма заготовки и ее элементов достаточно простая. Однако, в случае применения в качестве метода получения заготовки литья необходимо заменить сталь на литейную идентичную по механическим свойствам, что

увеличит стоимость заготовки.

Проанализируем конструкцию детали. Конфигурация шестерни-полумуфты не сложная, типовая для данного вида деталей. Имеются ступени, убывающие по диаметру и осевое отверстие. В конструкции детали максимально использованы унифицированные элементы, а размеры соответствуют нормальному ряду чисел. Таким образом, с точки зрения общей компоновки детали ее можно считать технологичной и обрабатывать непосредственно по типовому техпроцессу с внесением корректировок, связанных с изготовлением кулачков.

При анализе базирования заготовки при механической обработке следует отметить, что черновыми базами для установки заготовки на первой операции могут быть наружная цилиндрическая поверхность наибольшего диаметра и торец. Измерительные базы детали можно использовать в качестве технологических баз. Следовательно, с точки зрения базирования и закрепления деталь также можно считать технологичной.

С точки зрения обработки следует отметить, что заданная точность и шероховатость поверхностей требует их механической обработки. Так как эти требования закладываются конструктором, и изменять их нельзя, то можно считать, что с точки зрения обрабатываемых поверхностей, деталь является технологичной.

Из проведенного анализа видно, что по всем критериям, деталь можно считать технологичной.

1.3 Систематизация поверхностей детали

Для выявления наиболее ответственных поверхностей детали, обработке которых необходимо уделить особое внимание, проведем систематизацию их по назначению. Также это поможет правильно выбрать технологические базы и последовательность переходов при механической обработке.

Для выполнения данного пункта воспользуемся рекомендациями [1].

Сделаем эскиз детали с пронумерованными поверхностями (рисунок 1.1).

Все поверхности делим на: основные конструкторские базы,

вспомогательные конструкторские базы, исполнительные и свободные.

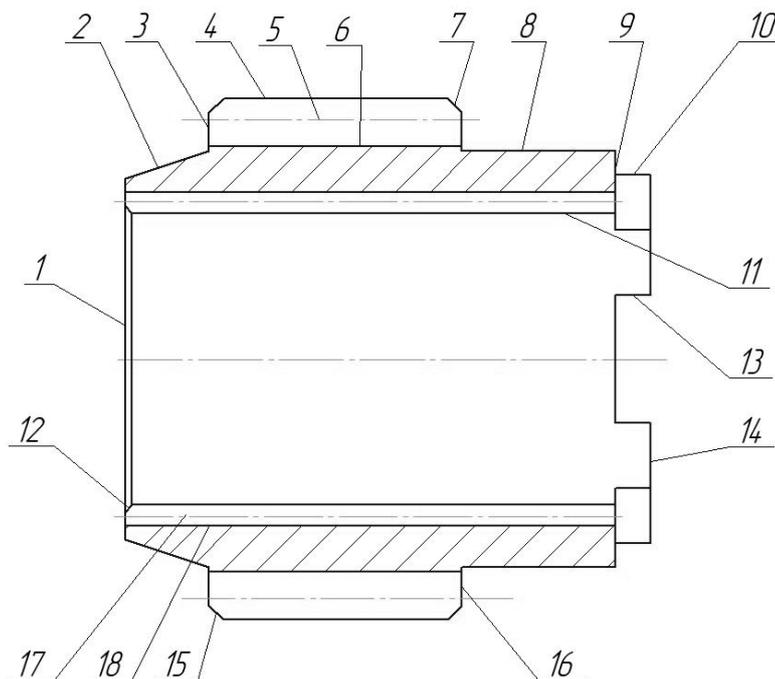


Рисунок 1.1 – Систематизация поверхностей детали

В нашем случае получаем.

Основные конструкторские базы: 1, 11.

Вспомогательные конструкторские базы: 14, 17.

Исполнительные поверхности: 5, 13.

Свободные поверхности: все оставшиеся поверхности.

1.4 Определение типа производства

В соответствии с ГОСТ 14.004-83 показателем для определения типа производства является коэффициент закрепления операций:

$$K_{з.о} = \frac{Ч_o}{C_n}, \quad (1.1)$$

где $Ч_o$ – число технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение месяца цехом или участком;

C_n – число рабочих мест.

На начальной стадии проектирования для определения типа производства можно воспользоваться рекомендациями [1], в соответствии с которыми тип производства можно определить по массе и годовой программе выпуска деталей.

Заданный объем выпуска детали 5000 штук в год при массе детали равной 1,4 кг соответствует среднесерийному производству.

1.5 Задачи проекта

Анализ исходных данных позволяет поставить следующие задачи проекта.

Спроектировать перспективный технологический процесс, который позволит:

- производить обработку деталей, с минимальным количеством переустановок;

- уменьшить время на обработку путем совмещения операций детали за счет сокращения вспомогательного времени;

- снизить себестоимость изделий за счет применения прогрессивных технологических и научных решений.

2 Технологическая часть проекта

2.1 Выбор стратегии разработки техпроцесса

Стратегия разработки техпроцесса зависит, прежде всего, от типа производства. В нашем случае тип производства среднесерийный, поэтому принимаем следующую стратегию разработки техпроцесса [1, 4].

Принимаем последовательную стратегию техпроцесса, с групповой формой организации.

В качестве метода получения заготовки для данного типа деталей целесообразно применять штамповку. Выбор методов обработки поверхностей производится по таблицам с учетом коэффициентов удельных затрат. Для определения припусков используются либо табличный метод, либо расчетно-аналитический метод.

Технологический процесс разрабатывается на базе типового в маршрутном или маршрутно-операционном виде. При формировании техпроцесса следует учесть, что маршрут обработки формируется по принципу концентрации операций, точность обработки формируется методом работы на настроенном оборудовании, предусматривается периодическая смена деталей на станках. При базировании заготовок на операциях механической обработки следует соблюдать принцип постоянства баз и принцип единства баз.

Режимы резания определяются по общемашиностроительным нормативам, при необходимости по эмпирическим формулам. Нормирование осуществляется опытно-статистическим методом.

В качестве средств технологического оснащения используются: универсальные станки и станки с числовым программным управлением; универсальные, стандартные, универсально - сборные, при необходимости специальные приспособления; стандартные, при необходимости специальные режущие инструменты; универсальные средства контроля.

Расстановка оборудования на участке производится по типам и размерам станков.

2.2 Выбор метода получения заготовки

Как отмечалось ранее для рассматриваемой детали в качестве заготовки целесообразно применять штамповку. Поэтому произведем выбор одного из возможных вариантов получения заготовки - на кривошипном горячештамповочном прессе (КГШП) или на горизонтально-ковочной машине (ГКМ) [5]. Для этого необходимо сравнить общие затраты на получение детали для этих методов по формуле:

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

где C_T - технологическая себестоимость изготовления детали;

$C_{ЗАГ}$ - стоимость одного кг заготовки;

$C_{МЕХ}$ - стоимость механической обработки, отнесенная к одному кг срезаемой стружки;

$C_{ОТХ}$ - цена одного кг отходов.

Масса детали:

$$q = V \cdot \rho, \quad (2.2)$$

где V - объем детали;

ρ - плотность материала; $\rho = 7760 \text{ кг/м}^3$.

$$q = 7,99 \text{ кг.}$$

Масса заготовки согласно рекомендаций [6] с достаточной точностью ориентировочно может быть определена по формуле:

$$Q_i = q \cdot K_p, \quad (2.3)$$

где M_o - масса детали;

K_p – расчетный коэффициент, зависящий от способа получения заготовки и формы детали.

$Q_1 = 7,99 \cdot 1,6 = 12,78$ кг – масса заготовки полученной штамповкой на КГШП.

$Q_2 = 7,99 \cdot 1,4 = 11,19$ кг – масса заготовки полученной штамповкой на ГКМ.

Затраты на механическую обработку, отнесенные на один кг стружки, могут быть определены по формуле:

$$C_{MEX} = C_C + E_H \cdot C_K, \quad (2.4)$$

где C_C - текущие затраты на один кг стружки;

C_K - капитальные затраты на один кг стружки;

E_H - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

$$C_{MEX1,2} = 3,56 + 0,1 \cdot 10,35 = 4,6 \text{ руб.}$$

Стоимость заготовок, полученных штамповкой, с достаточной для стадии проектирования точностью можно определить по формуле [5]:

$$C_{ЗАГ} = C_{ОТ} \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{П}, \quad (2.5)$$

где $C_{ОТ}$ - базовая стоимость одного кг заготовок;

h_T - коэффициент точности отливок;

h_M – коэффициент марки материала;

h_C - коэффициент, зависящий от группы сложности отливок;

h_B - коэффициент массы отливок;

$h_{П}$ - коэффициент объема производства.

$$C_{ЗАГ1,2} = 75,12 \cdot 1,06 \cdot 0,7 \cdot 0,82 \cdot 2,2 \cdot 0,5 = 50,28 \text{ руб.}$$

Себестоимости изготовления детали по формуле (2.1):

$$C_{Т1} = 50,28 \cdot 7,99 + 4,6 \cdot \langle 2,78 - 7,99 \rangle \cdot 1,4 \cdot \langle 2,78 - 7,99 \rangle = 416,07 \text{ руб.}$$

$$C_{T_2} = 50,28 \cdot 7,99 + 4,6 \cdot (1,19 - 7,99) = 1,4 \cdot (1,19 - 7,99) = 411,98 \text{ руб.}$$

Так как минимальное значение C_T для заготовки получаемой штамповкой на ГКМ, то выбираем данный метод получения заготовки.

Экономический эффект при сопоставлении различных способов получения заготовок может быть рассчитан по формуле:

$$\mathcal{E} = (C_{T_1} - C_{T_2}) \cdot N, \quad (2.6)$$

В нашем случае имеем:

$$\mathcal{E} = (16,07 - 411,98) \cdot 1000 = 4090 \text{ руб.}$$

2.3 Выбор методов обработки поверхностей

Экономически обоснованные методы обработки поверхностей выбираем в зависимости от заданных квалитетов точности и шероховатости поверхностей, исходя из коэффициентов удельных затрат согласно методики [4].

Результаты заносим в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 - Методы обработки поверхностей

№ поверхности	Вид поверхности	Квалитет точности	Шероховатость Ra	Последовательность обработки
1	2	3	4	5
1	П	8	0,8	Т-Тч-ТО-Ш-Шч
2	К	12	12,5	Т-ТО
3	П	12	12,5	Т-ТО
4	Ц	12	12,5	Т-ТО
5	Э	8	1,6	ЗФ-ШВ-ТО-Ш

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5
6	Ц	12	12,5	3Ф-ТО
7	П	12	12,5	Тч-ТО
8	Ц	12	12,5	Т-ТО
9	П	9	1,6	Ф-Фч-ТО-Ш-Шч
10	П	9	1,6	Ф-Фч-ТО-Ш-Шч
11	ЦВ	8	0,8	Т-Пр-ТО-Ш-Шч
12	Ц	10	12,5	Т-ТО
13	П	9	1,6	Ф-Фч-ТО-Ш-Шч
14	П	8	0,8	Т-Тч-ТО-Ш-Шч
15	К	12	12,5	Тч-ТО
16	П	12	12,5	Т-ТО
17	П	9	1,6	Пр-ТО
18	П	12	12,5	Пр-ТО

Обозначения принятые в таблице: П – плоская поверхность, Ц – цилиндрическая поверхность, ЦВ – цилиндрическая внутренняя поверхность, К – коническая поверхность, Т – точение черновое, Тч – точение чистовое, Ш – шлифование, Шч – шлифование чистовое, ШВ – шевингование, Пр – протягивание, Ф – фрезерование, Фч – фрезерование чистовое, 3Ф – зубофрезерование.

2.4 Определение припусков и проектирование заготовки

Исходя из того, что тип производства среднесерийный применяются два

метода расчета припусков: табличный и расчетно-аналитический.

Исходя из того, что расчетно-аналитический метод является более точным, но при этом более трудоемким применим его для расчета припусков на самую точную поверхность $\varnothing 42H7 \left(\begin{smallmatrix} 0,025 \\ \end{smallmatrix} \right)$. Расчет произведем согласно методики и справочных данных [7, 8].

Составляющие припуска: наименьший удаляемый слой a , суммарное отклонение формы и расположения поверхностей после обработки Δ , погрешность установки заготовки в приспособлении на каждом переходе ε определяем из соответствующих справочных данных.

Определяем предельное значение припусков на обработку для каждого перехода.

$$Z_{i\min} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \quad (2.7)$$

Индекс i относится к данному переходу, $i-1$ к предыдущему переходу, $i+1$ к последующему переходу.

$$\begin{aligned} Z_{1\min} &= a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 400 + \sqrt{280^2 + 80^2} = 691 \\ Z_{2\min} &= a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 100 + \sqrt{60^2 + 20^2} = 163 \\ Z_{3\min} &= a_{TO} + \sqrt{\Delta_{TO}^2 + \varepsilon_3^2} = 250 + \sqrt{160^2 + 60^2} = 421 \\ Z_{4\min} &= a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 150 + \sqrt{90^2 + 20^2} = 242 \end{aligned}$$

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5 \cdot \left(D_{i-1} + TD_{i-1} \right) \quad (2.8)$$

$$\begin{aligned} Z_{1\max} &= Z_{1\min} + 0,5 \cdot \left(D_0 + TD_1 \right) = 691 + 0,5 \cdot \left(20 + 250 \right) = 1146 \\ Z_{2\max} &= Z_{2\min} + 0,5 \cdot \left(D_1 + TD_2 \right) = 163 + 0,5 \cdot \left(50 + 25 \right) = 226 \\ Z_{3\max} &= Z_{3\min} + 0,5 \cdot \left(D_{TO} + TD_3 \right) = 421 + 0,5 \cdot \left(9 + 39 \right) = 460 \\ Z_{4\max} &= Z_{4\min} + 0,5 \cdot \left(D_3 + TD_4 \right) = 242 + 0,5 \cdot \left(9 + 25 \right) = 274 \end{aligned}$$

Среднее значение припуска:

$$Z_{cpi} = \frac{Z_{i\max} + Z_{i\min}}{2} \quad (2.9)$$

$$\begin{aligned} Z_{cp1} &= \frac{Z_{1\max} + Z_{1\min}}{2} = \frac{691 + 1146}{2} = 919 \\ Z_{cp2} &= \frac{Z_{2\max} + Z_{2\min}}{2} = \frac{63 + 226}{2} = 195 \\ Z_{cp3} &= \frac{Z_{3\max} + Z_{3\min}}{2} = \frac{421 + 460}{2} = 441 \\ Z_{cp4} &= \frac{Z_{4\max} + Z_{4\min}}{2} = \frac{42 + 274}{2} = 258 \end{aligned}$$

Определим предельные размеры для каждого перехода:

$$D_{(i-1)\max} = D_{i\max} - 2 \cdot Z_{i\min} \quad (2.10)$$

$$D_{(i-1)\min} = D_{(i-1)\max} - TD_{i-1} \quad (2.11)$$

$$\begin{aligned} D_{4\min} &= 42,000 \\ D_{4\max} &= 42,025 \\ D_{3\max} &= D_{4\max} - 2 \cdot Z_{4\min} = 42,025 - 0,484 = 41,58 \\ D_{3\min} &= D_{3\max} - TD_3 = 41,58 - 0,039 = 41,541 \\ D_{TO\max} &= D_{3\max} - 2 \cdot Z_{3\min} = 40,738 - 0,842 = 40,738 \\ D_{TO\min} &= D_{3\max} - TD_3 = 40,738 - 0,039 = 40,699 \\ D_{2\max} &= D_{TO\max} \cdot 0,999 = 40,738 \times 0,999 = 40,699 \\ D_{2\max} &= D_{2\max} - TD_2 = 40,699 - 0,25 = 40,449 \\ D_{1\max} &= D_{2\max} - 2 \cdot Z_{2\min} = 40,449 - 0,326 = 40,123 \\ D_{1\min} &= D_{1\max} - TD_1 = 40,123 - 0,1 = 40,023 \\ D_{0\max} &= D_{1\max} - 2 \cdot Z_{1\min} = 40,023 - 1,382 = 38,641 \\ D_{0\min} &= D_{0\max} - TD_0 = 38,641 - 0,62 = 38,021 \end{aligned}$$

Определяем средние значения размера для каждого перехода по формуле:

$$D_{icp} = \frac{D_{i\max} + D_{i\min}}{2} \quad (2.12)$$

$$\begin{aligned} D_{cp0} &= \frac{D_{0\max} + D_{0\min}}{2} = \frac{38,641 + 38,021}{2} = 38,331 \\ D_{cp1} &= \frac{D_{1\max} + D_{1\min}}{2} = \frac{40,123 + 40,023}{2} = 40,073 \\ D_{cp2} &= \frac{D_{2\max} + D_{2\min}}{2} = \frac{40,699 + 40,449}{2} = 40,574 \end{aligned}$$

$$D_{cpTO} = \frac{D_{TOmax} + D_{TOmin}}{2} = \frac{40,699 + 40,738}{2} = 40,719$$

$$D_{cp3} = \frac{D_{3max} + D_{3min}}{2} = \frac{41,51 + 41,58}{2} = 41,561$$

$$D_{cp4} = \frac{D_{4max} + D_{4min}}{2} = \frac{42,025 + 42,000}{2} = 42,0125$$

Определим общий припуск на обработку по формулам:

$$2Z_{min} = D_{4max} - D_{0min} \quad (2.13)$$

$$2Z_{max} = 2Z_{min} + Td_0 + Td_4 \quad (2.14)$$

$$2Z_{cp} = \frac{2Z_{min} + 2Z_{max}}{2} \quad (2.15)$$

$$2Z_{min} = 40,065 - 36,021 = 4,044$$

$$2Z_{max} = 4,044 + 0,62 + 0,039 = 4,703$$

$$2Z_{cp} = 0,5 \cdot (4,044 + 4,703) = 4,374$$

Результаты расчетов заносим в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 - Припуски и операционные размеры

№ перехо да	Наименование перехода	Точность		Составляющие припуска, мм			Припуск, мм			Предельные размеры, мм		
		Квали тет	TD , мм	a	Δ	ε	Z_{min}	Z_{max}	$Z_{cp.}$	D_{min}	D_{max}	$D_{cp.}$
0	Штамповка	14	0,62	0,4	0,28	-	-	-	-	38,021	38,641	38,331
1	Точение черновое	12	0,25	0,2	0,12	0,08	0,069	1,126	0,909	40,023	40,123	40,073
2	Протягивание	10	0,10	0,01	0,03	0,02	0,163	0,226	0,195	40,490	40,699	40,574
3	ТО	11	0,16	0,25	0,016	-	-	-	-	40,699	40,738	40,719
4	Шлифование черновое	8	0,039	0,15	0,09	0,06	0,421	0,460	0,441	41,541	41,58	41,561
5	Шлифование чистовое	8	0,039	0,01	0,03	0,02	0,242	0,274	0,258	42,000	42,025	42,0125

Припуски на остальные поверхности определяем табличным методом [6].

Для этого по таблицам [6, 9] определяем $Z_{i\min}$, затем рассчитываем $Z_{i\max}$ по формуле:

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5 \cdot (TD_{i-1} + TD_i) \quad (2.16)$$

Результаты заносим в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 - Припуски на обработку

№ пов.	Наименование перехода	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
1	2	3	4
1	Точение	1,8	3,02
	Точение чистовое	0,8	1,2
	Шлифование	0,4	0,5
	Шлифование чистовое	0,1	0,18
2	Точение	1,5	2,54
3	Точение	1,8	2,97
4	Точение	1,5	2,54
5	Зубофрезерование	0,5	1,29
	Шевингование	0,25	0,34
	Шлифование	0,15	0,21
6	Зубофрезерование	0,5	0,81
8	Точение	1,5	2,54
9	Фрезерование	-	-
	Фрезерование чистовое	1,5	1,67
	Шлифование	0,5	1,36
	Шлифование чистовое	0,05	0,11
13	Фрезерование	-	-

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4
	Фрезерование чистовое	1,5	1,67
	Шлифование	0,5	1,36
	Шлифование чистовое	0,05	0,11
14	Точение	1,8	1,2
	Точение чистовое	0,8	0,5
	Шлифование	0,4	0,5
	Шлифование чистовое	0,1	0,18

Порядок проектирования заготовки и необходимые справочные данные представлены в литературе [5, 6].

Для проектирования заготовки определим следующие ее параметры: класс точности Т4, группа стали М2, степень сложности С1, исходный индекс И-9, штамповочные уклоны 7° , радиус закругления 3 мм., допустимые значения остаточного облоя не более 1,2 мм., отклонение от concentричности отверстия не более 1 мм.

Чертеж заготовки представлен на листе графической части дипломного проекта.

2.5 Разработка технологического маршрута

Данный пункт выполняется на основе рекомендаций [10]. Следует заметить, что исходя из рекомендаций [11] необходимо применять как можно шире принцип концентрации операций при проектировании технологического маршрута.

Маршрут обработки для простоты восприятия оформим в виде таблицы 2.4.

Таблица 2.4 - Технологический маршрут

№	Метод обработки	Обрабатываемые поверхности	№ опер.	Наименование операции
1	Точение	1, 2, 3, 11	005	Токарная
2	Точение	4, 8, 14, 16	010	Токарная
3	Протягивание	11, 17, 18	015	Протяжная
4	Точение	1, 14	020	Токарная
5	Фрезерование	9, 13	025	Фрезерная
6	Фрезерование	9, 13	030	Фрезерная
7	Нарезание зубьев	5, 6	035	Зубофрезерная
8	Снятие фасок		040	Зубофасочная
9	Шевингование	5	045	Шевинговальная
10	Шлифование	11, 14	055	Шлифовальная
11	Шлифование	1	060	Шлифовальная
12	Шлифование	11, 14	065	Шлифовальная
13	Шлифование	1	070	Шлифовальная
14	Шлифование	5	075	Зубошлифовальная
15	Шлифование	9, 13	080	Шлифовальная
16	Шлифование	9, 13	085	Шлифовальная
17	Моечная	Все	090	Моечная
18	Контрольная	Все	095	Контрольная

По результатам выполнения данного этапа проектирования технологического процесса изготовления шестерни-полумуфты формируется план изготовления детали. Для этого воспользуемся рекомендациями [10]. План обработки представлен в графической части дипломного проекта.

2.6 Выбор средств технологического оснащения

При выборе технологического оборудования следует ориентироваться на рекомендации [12]. Также воспользуемся каталогами фирм-изготовителей

технологического оборудования [13].

Выбор конкретной модели металлорежущего станка производится исходя из формы обрабатываемой поверхности, метода обработки, положения обрабатываемой поверхности, габаритных размеров заготовки, размеров обработанных поверхностей и точности обработки.

В таблице 2.5 представлено выбранное технологическое оборудование.

Таблица 2.5 - Выбор технологического оборудования

№ операции	Название операции	Содержание операции	Обрабатываемые поверхности	Квалитет точности	Тип, модель оборудования
1	2	3	4	5	6
005	Токарная с ЧПУ	Точение шеек, торцев	1, 2, 3, 11	12	Токарно-винторезный SPI-1000
010	Токарная с ЧПУ	Точение шеек, торцев	4, 8, 14, 16	12	Токарно-винторезный SPI-1000
015	Протяжная	Протягивание шлицевого отверстия	11, 17, 18	10	Горизонтально-протяжной 7A523
020	Токарная с ЧПУ	Точение торцев	1, 14	10	Токарно-винторезный SPI-1000
025	Фрезерная	Фрезерование кулачков	9, 13	12	Горизонтально-

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5	6
					фрезерный FVV-200
030	Фрезерная	Фрезерование кулачков	9, 13	10	Горизонтально-фрезерный FVV-200
035	Зубофрезерная	Нарезание зубьев	5, 6	10	Зубофрезерный YB3120A
040	Зубофасочная	Снятие фасок		10	Зубофасочный BC-500
045	Шевинговальная	Шевингование зубьев	5	8	Шевинговальный BC-E02B
055	Шлифовальная	Шлифование отверстия, торца	11, 14	8	Внутришлифовальный RIG-150
060	Шлифовальная	Шлифование торца	1	8	Внутришлифовальный RIG-150
065	Шлифовальная	Шлифование отверстия, торца	11, 14	8	Внутришлифовальный RIG-150

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5	6
070	Шлифовальная	Шлифование торца	1	8	Внутришлифовальный RIG-150
075	Шлифовальная	Шлифование зубьев	5, 15	6	Зубошлифовальный УК7332А
080	Шлифовальная	Шлифование кулачков	11, 14	8	Плоскошлифовальный РВР-300А
085	Шлифовальная	Шлифование кулачков	11, 14	6	Плоскошлифовальный РВР-300А

Выбор станочных приспособлений производится на основании рекомендаций [1] и справочных данных [14, 15, 16].

При выборе необходимо учитывать, что приспособление должно обеспечивать выполнение теоретической схемы базирования, надежно закреплять заготовку, обладать быстродействием, зажим должен осуществляться автоматически.

Предпочтительными являются стандартные и нормализованные приспособления.

В таблице 2.6 представлены результаты выбора станочных приспособлений.

Таблица 2.6 - Выбор станочных приспособлений

№ операции	Тип, модель станка	Содержание операции	Установочные элементы	Зажимные элементы	Типоразмер приспособления
1	2	3	4	5	6
005	Токарная с ЧПУ	Точение шеек, торцев	Кулачки	Кулачки	Патрон трехкулачковый ГОСТ2675-80
010	Токарная с ЧПУ	Точение шеек, торцев	Упор	Лепестки цанги	Патрон цанговый ГОСТ2876-80
015	Протяжная	Протягивание шлицевого отверстия	Планшайба		
020	Токарная с ЧПУ	Точение торцев	Упор	Лепестки цанги	Патрон цанговый ГОСТ2876-80
025	Фрезерная	Фрезерование кулачков	Упор	Лепестки цанги	Приспособление специальное
030	Фрезерная	Фрезерование кулачков	Упор	Лепестки цанги	Приспособление специальное
035	Зубофрезерная	Нарезание зубьев	Упор	Лепестки цанги	Приспособление

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3	4	5	6
					специальное
040	Зубофасочная	Снятие фасок	Упор	Лепестки цанги	Приспособление специальное
045	Шевинговальная	Шевингование зубьев	Упор	Лепестки цанги	Приспособление специальное
055	Шлифовальная	Шлифование отверстия, торца	Упор	Кулачки	Патрон мембранный специальный
060	Шлифовальная	Шлифование торца	Упор	Кулачки	Патрон мембранный специальный
065	Шлифовальная	Шлифование отверстия, торца	Упор	Кулачки	Патрон мембранный специальный
070	Шлифовальная	Шлифование отверстия, торца	Упор	Кулачки	Патрон мембранный специальный

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3	4	5	6
075	Шлифовальная	Шлифование зубьев	Упор	Лепестки цанги	Приспособление специальное
080	Шлифовальная	Шлифование кулачков	Упор	Лепестки цанги	Приспособление специальное
085	Шлифовальная	Шлифование кулачков	Упор	Лепестки цанги	Приспособление специальное

Выбор металлорежущего инструмента производится согласно рекомендаций [1] и справочных данных [12, 17].

При выборе режущего инструмента следует учитывать, что инструментальный материал должен обладать максимальной стойкостью, минимальной стоимостью, обеспечивать заданные параметры обработки.

Предпочтительными являются стандартные и нормализованные инструменты.

В таблице 2.7 представлены результаты выбора режущего инструмента.

Таблица 2.7 - Выбор режущих инструментов

№ операции	Тип, модель станка	Содержание операции	Инструментальный материал	Вид и конструкция	Типоразмер
1	2	3	4	5	6
005	Токарная с ЧПУ	Точение шеек, торцев	T15K6	Резец контурный Резец расточной	Резец контурный ГОСТ 18879-73 Резец расточной специальный
010	Токарная с ЧПУ	Точение шеек, торцев	T15K6	Резец контурный	Резец контурный ГОСТ 18879-73
015	Протяжная	Протягивание отверстия	P6M5		
020	Токарная с ЧПУ	Точение торцев	T30K4	Резец контурный	Резец контурный ГОСТ 18879-73
025	Фрезерная	Фрезерование кулачков	P6M5	Фреза концевая	Фреза концевая ГОСТ 17026-71
030	Фрезерная	Фрезерование кулачков	P6M5	Фреза концевая	Фреза концевая ГОСТ 17026-71
035	Зубофрезерная	Нарезание зубьев	P9K10	Фреза червячная	Фреза червячная

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6
					ГОСТ 9324-80
040	Зубофасочная	Снятие фасок	Электро-корунд белый	Фреза червячная одновитковая	Фреза одновитковая Ø50 ГОСТ9324-80
045	Шевинговальная	Шевингование зубьев	P9Ф5	Шевер дисковый	Шевер дисковый А Ø180 ГОСТ8570-80
055	Шлифовальная	Шлифование отверстия, торца	23А46N7V 24А54М8V	Круг тип 1 Круг тип 6	Круг шлифовальный 1- 32x40x10 23А46N7V 30м/с1А ГОСТ52781-2007 Круг шлифовальный 6- 100x50x20 24А54М8V

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6
					30м/с1А ГОСТ52781-2007
060	Шлифовальная	Шлифование отверстия, торца	23A60K5V 24A90L7K	Круг тип 1 Круг тип 6	Круг шлифовальный 1- 32x40x10 23A60K5V 30м/с1А ГОСТ52781-2007 Круг шлифовальный 6- 100x50x20 24A90L7K 30м/с1А ГОСТ52781-2007 Круг шлифовальный 1- 32x40x10 23A60K5V

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6
065	Шлифовальная	Шлифование отверстия, торца	23A60K5V 24A90L7K	Круг тип 1 Круг тип 6	30м/с1А ГОСТ52781-2007 Круг шлифовальный 6- 100x50x20 24A90L7K 30м/с1А ГОСТ52781-2007
070	Шлифовальная	Шлифование отверстия, торца	23A60K5V 24A90L7K	Круг тип 1 Круг тип 6	Круг шлифовальный 1- 32x40x10 23A60K5V 30м/с1А ГОСТ52781-2007 Круг шлифовальный 6- 100x50x20 24A90L7K 30м/с1А

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6
					ГОСТ52781-2007
075	Шлифовальная	Шлифование зубьев	24A90L7K	Круг тип 3	Круг шлифовальный 3- 80x10x20 24A90L7K 30м/с1А ГОСТ52781-2007
080	Шлифовальная	Шлифование кулачков	23A60K5V	Круг тип 1	Круг шлифовальный 1- 8x16x2,5 23A60K5V 30м/с1А ГОСТ52781-2007
085	Шлифовальная	Шлифование кулачков	24A90L7K	Круг тип 1	Круг шлифовальный 1- 8x16x2,5 24A90L7K 30м/с1А ГОСТ52781-2007

Выбор средств контроля осуществляется на основе рекомендаций [1] и справочных данных [12].

Следует учитывать, что точность измерительных инструментов и приспособлений должна быть на порядок выше точности измеряемого размера.

Предпочтительными являются стандартные и нормализованные средствам контроля.

В таблице 2.8 представлены данные по выбору средств контроля.

Таблица 2.8 - Выбор средств контроля

№ операции	Контролируемый размер, мм	Квалитет точности	Мерительный инструмент
1	2	3	4
005	L=80, Ø40, Ø52, Ø60	12	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ160-80
010	L=80, L=32, Ø60, Ø75	12	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ160-80
015	Ø42	8	Калибр
020	L=80	10	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ160-80
025	L=10, 55	12	Калибр
030	L=10, 55	10	Калибр
035	Ø69	10	Калибр
040	1x45 ⁰	10	Калибр
045	Ø69	7	Калибр
055	L=80, Ø40	8	Микрометр МК-100 ГОСТ160-80, прибор для контроля отверстий типа

Продолжение таблицы 2.8

1	2	3	4
			«Солекс»
060	L=80	8	Микрометр МК-100 ГОСТ160-80
065	L=80, Ø40	6	Микрометр МК-100 ГОСТ160-80, прибор для контроля отверстий типа «Солекс»
070	L=80	8	Микрометр МК-100 ГОСТ160-80
075	Ø69	6	Калибр
080	L=10, 55 ⁰	8	Калибр
085	L=10, 55 ⁰	6	Калибр

2.9 Проектирование технологических операций

Произведем расчет режимов резания.

Исходя из того, что тип производства среднесерийный расчет режимов проводим на основе табличного метода. Более подробно данная методика рассмотрена в справочной литературе [18, 19]. Основываясь на эти данные производим расчет.

Для этого нам необходимо определить скорость резания по формуле:

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2.17)$$

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).

Затем определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (2.18)$$

где: D – обрабатываемый диаметр или диаметр фрезы для фрезерования.

После этого необходимо скорректировать полученное значение частоты вращения по паспорту технологического оборудования. Исходя из полученного значения определяем действительную скорость резания по формуле:

$$V_D = \frac{\pi \cdot D \cdot n_D}{1000}, \quad (2.19)$$

где n_D – действительная частота вращения

Далее необходимо определить длину резания и длину рабочего хода инструмента по формуле:

$$L_{P.X} = l_1 + l_{рез} + l_2, \quad (2.20)$$

где l_1 – длина врезания инструмента, мм;

$l_{рез}$ – длина резания, мм;

l_2 – длина перебега инструмента, мм.

На основе полученных значений определяем основное время:

$$T_0 = \frac{L_{PX}}{S_0 \cdot n_D}. \quad (2.21)$$

Результаты вычислений сведены в таблицу 2.9.

Таблица 2.9 - Режимы резания

Номер перехода	$S_0(S_z)$ мм/об (мм/зуб)	V м/мин	n об/мин	L_{px} мм	T_0 мин
1	2	3	4	5	6
Операция 005 – Токарная					
1	0,43	127	1000	52	0,12
2	0,43	127	1000	80	0,18
Операция 010 – Токарная					
1	0,43	127	1000	115	0,27
Операция 015 – Протяжная					
1	(0,05-0,1)	3,1	-	18	0,32
Операция 020 – Токарная Установ А					
1	0,5	201	1250	124	0,20
Операция 020 – Токарная Установ Б					
1	0,5	201	1250	124	0,20
Операция 025 - Фрезерная					
1	(0,12)	29,4	1600	276	0,36
Операция 030 - Фрезерная					
1	(0,05)	39	1600	276	0,87
Операция 035 - Зубофрезерная					
1	1,5	32	100	36	2,7
Операция 045 - Шевинговальная					
1	1,5	131	260	36	1,2
Операция 055 – Шлифовальная					
1	0,16	22	12000	62	0,2
2	0,16	22	12000	32	0,15
Операция 060 – Шлифовальная					
1	0,16	22	12000	54	0,18

Продолжение таблицы 2.9

1	2	3	4	5	6
Операция 065 - Шлифовальная					
1	0,086	30	18000	62	0,16
2	0,086	30	18000	32	0,1
Операция 070 – Шлифовальная					
1	0,086	30	18000	54	0,14
Операция 075 – Зубошлифовальная					
1	0,03	32	1000	36	0,48
Операция 080 – Шлифовальная					
1	0,16	35	1000	276	0,33
Операция 085 – Шлифовальная					
1	0,086	35	1000	276	0,11

3 Совершенствование операции с помощью научных исследований

3.1 Цель исследований

В проектируемом технологическом процессе используются операции шлифования отверстий, торцов и наружного диаметра.

При этом возникает проблема эффективности использования шлифовального круга. Для решения данной проблемы предлагается использовать методику оценки эффективности использования шлифовального круга по его режущей способности [20, 21].

3.2 Оценка эффективности использования шлифовального круга

Попробуем рассмотреть данный вопрос подробнее.

Работоспособность шлифовального круга характеризуется интенсивностью съема обрабатываемого материала, силами резания, стойкостью и износом инструмента, а также достижимыми точностью и качеством обработанной поверхности. Точность обработки и качество поверхности обработанной детали, в том числе шероховатость, определяются всеми составляющими силы резания. Но наиболее существенно на эти параметры влияет радиальная составляющая P_y , от которой зависят характер и величина упругих деформаций технологической системы.

Под режущей способностью ω шлифовального круга подразумевается отношение массы или объема металла, снятого с заготовки, к длительности обработки при определенных условиях. Режущая способность круга в течение периода его стойкости изменяется весьма заметно, что позволяет принять эту характеристику за критерий оценки качества круга и эффективности его использования.

Рассмотрим в качестве примера операцию внутреннего круглого шлифования заготовки из стали 20Х2НМА абразивным кругом Круг шлифовальный 1-32х40х10 23А60К5V 30м/с1А ГОСТ52781-2007.

Режим обработки: скорость резания (скорость круга) 30 м/с; скорость заготовки (круговая подача) $V_1 = 21$ м/мин; глубина шлифования $t = 0,005$ мм, продольная подача $S = 8$ мм/об. Правка круга предусматривалась через 24 мин его активной работы (без учета времени выхаживания). Назначенный режим гарантирует достижение заданной точности обработки и качества обработанной поверхности в течение всего периода стойкости круга.

Для анализа режущей способности круга в течение его периода стойкости измеряли силы P_y и P_z и определяли соответствующую производительность W обработки. Активное шлифование поверхности одной заготовки продолжалось 3 мин, после чего измеряли обе составляющие силы резания. Опыт повторяли 5 раз; всего было обработано 40 заготовок. Для анализа использовали средние арифметические значения сил и производительности.

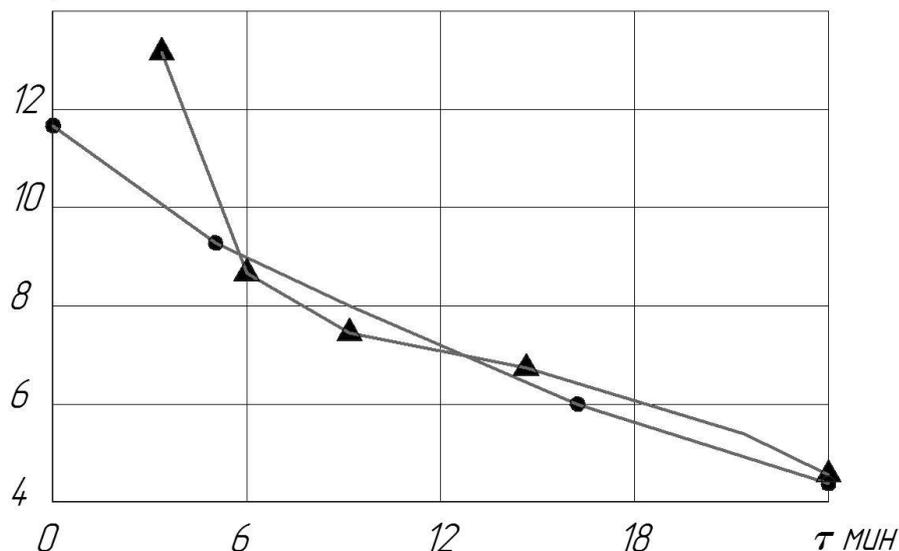
Установлено [21], что в конце третьей минуты непрерывного шлифования $P_y = 46,5$ Н, а в конце 24-й минуты $P_y = 128,6$ Н. Аналогично изменялась и главная составляющая P_z силы резания. Характер изменения составляющих силы резания показан на листе графической части дипломного проекта. Производительность $W = 1000 \cdot V_s \cdot t \cdot S = 600$ мм³/мин.

Режущая способность круга составляла: в конце третьей минуты $\omega_3 = \frac{W}{P_y} = \frac{600}{46,5} = 12,9 \omega_3$ мм³/(мин·Н); в конце 24-й минуты $\omega_{24} = \frac{600}{128,6} = 4,66$ мм³/(мин·Н). Изменение режущей способности круга в течение периода стойкости показано на рисунке 3.1. Помимо кривой, построенной по результатам непосредственных измерений, на данном графике приведена кривая аппроксимирующая совокупность опытных значений. Эта кривая более объективно характеризует изменение режущей способности круга в течение анализируемого периода времени. Уравнение для расчета параметров аппроксимирующей кривой имеет вид:

$$\omega = 11,53 \exp(-0,0396\tau), \quad (3.1)$$

где τ - текущее время, мин.

ω , мм³/(мин·Н)



▲ - экспериментальные значения; ● - аппроксимирующая совокупность опытных значений.

Рисунок 3.1 - Зависимость режущей способности ω от времени τ

Приведенные данные позволяют сделать следующий вывод: требуемые точность и качество обработки достигаются при шлифовании кругом, режущая способность которого не ниже 4,66 мм³/(мин·Н), т.е. при $P_y \leq 128,6$ Н. Это значение P_y зафиксировано только в конце периода стойкости круга. Все остальное время режущая способность круга используется не полностью (соотношение $\frac{\omega_3}{\omega_{24}} = 2,77$).

Производительность обработки партии заготовок может быть существенно увеличена, если режущую способность круга использовать полностью. Самый простой способ - корректировать режим резания для обработки каждой заготовки или группы заготовок. Так, в рассматриваемом примере две первые заготовки можно обрабатывать на режиме, соответствующем $\omega = 12,9$ мм³/(мин·Н); при этом $V_s = 40$ м/мин, $t = 0,005$ мм, продольная подача $S = 8$ мм/об, производительность $W = 1600$, т.е. в 2,7 раза

выше. Однако такой подход приводит к существенному увеличению вспомогательного времени.

Более эффективным способом может быть шлифование с непрерывной поперечной подачей при $P_y = const$. В этом случае следует измерять составляющую P_z силы резания, влияющую на тепловыделение в процессе обработки и, следовательно, на формирование свойств поверхностного слоя заготовки.

На рисунке 3.2 приведена также кривая изменения соотношения $\frac{P_z}{P_y}$. Важно отметить, что за первые 21 мин непрерывного шлифования данное соотношение изменилось незначительно - на 12%. Следовательно, в течение этого времени управлять процессом обработки в целях поддержания постоянного значения силы P_y можно путем измерения силы P_z или мощности привода и соответствующих пересчетов. Измерять же мощность проще, чем силу P_y .

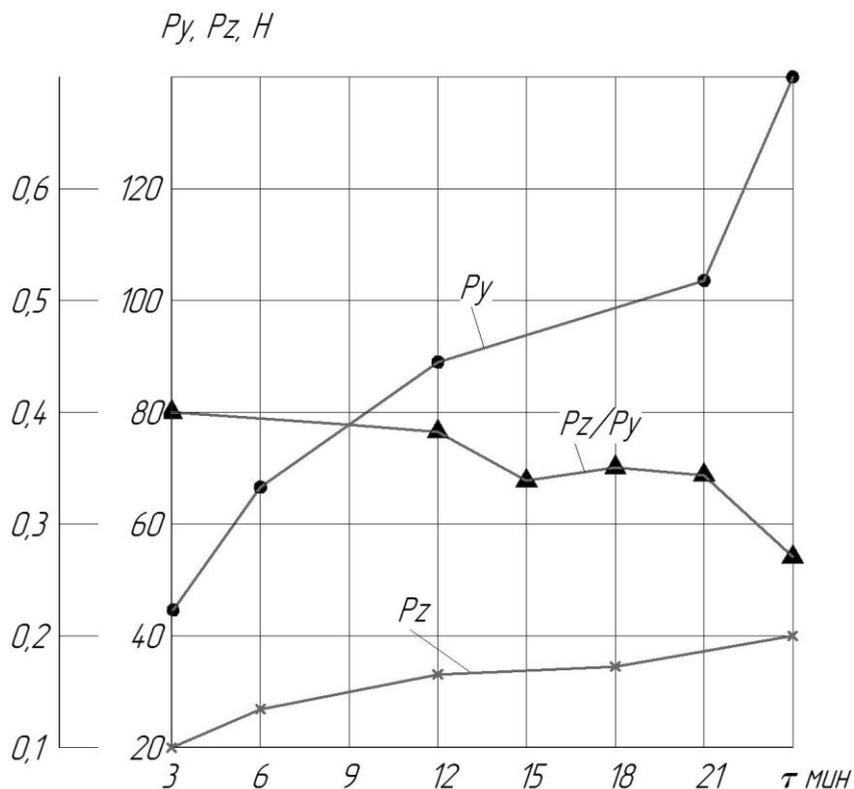
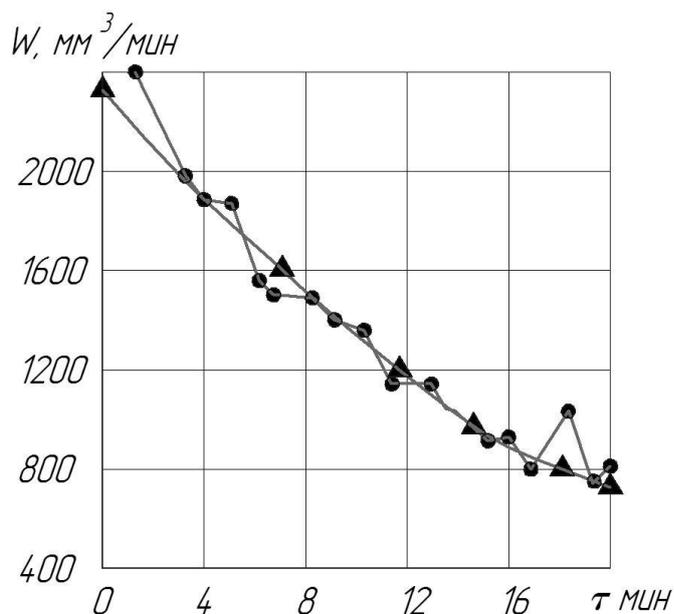


Рисунок 3.2 - Изменение составляющих P_y и P_z силы резания в течение периода стойкости τ шлифовального круга

Для оценки возможной производительности при таком методе обработки был поставлен специальный опыт. Образцы из стали 20ХНМА шлифовали кругом с той же характеристикой (см. выше). Специальное приспособление позволяло шлифовать образец с постоянной силой $P_y = 120$ Н. Съем металла с поверхности образца измеряли через каждую минуту. Результаты опыта продолжительностью 20 мин представлены на рис. 3.3.



▲ - экспериментальные значения; ● - аппроксимирующая совокупность опытных значений

Рисунок 3.3 - Зависимость производительности W шлифования с непрерывной подачей $P_y = const$ от времени τ обработки.

Для удобства анализа производительности использовано уравнение имитирующего процесса, т.е. процесса шлифования, при котором режущая способность круга изменяется монотонно при сохранении общей производительности обработки. Уравнение имитирующего процесса имеет вид:

$$W = 2311 \exp(-0,0584\tau). \quad (3.2)$$

Построенная с помощью уравнения 3.2 кривая показана на листе графической части дипломного проекта.

Если вести обработку в режиме имитирующего процесса, то за период стойкости инструмента 20 мин с поверхности заготовки будет сошлифован слой металла, объем которого:

$$Q = W_0 \int_0^T \exp(-\lambda T) d\tau, \quad (3.3)$$

где W_0 - начальная производительность обработки, т.е. производительность после очередной правки круга, мм³/мин;
 λ - показатель интенсивности потери кругом режущей способности в процессе шлифования, мин⁻¹.

$$Q = 2311 \int_0^{20} \exp(-0,0584\tau) d\tau = 27277 \text{ мм}^3.$$

Если вести обработку с постоянной производительностью, то режим шлифования должен быть таким, чтобы режущая способность круга была не ниже режущей способности, определенной по формуле 3.2, после 20 мин непрерывной работы. Производительность в этом случае $W_{20} = 2311 \exp(-0,0584 \cdot 20) = 718,69 \text{ мм}^3/\text{мин}$. При режиме обработки, обеспечивающем эту производительность, за 20 мин непрерывной работы будет сошлифован объем $Q = 718,69 \cdot 20 = 14373,8 \text{ мм}^3$, т.е. примерно в 1,9 раза меньше, чем при шлифовании с постоянной силой P_y .

3.3 Выводы по результатам научных исследований

Обработка с постоянной силой прижима инструмента к поверхности заготовки может быть осуществлена на станке с адаптивной системой управления, при использовании которого появляется возможность дополнительно контролировать шероховатость получаемой поверхности.

Метод внутреннего круглого шлифования с непрерывной поперечной подачей при постоянной силе P_y можно рекомендовать для внедрения в производство особенно серийное.

4 Проектирование приспособления

4.1 Исходные данные

Спроектируем станочное приспособление для выполнения внутришлифовальной операции. Для этого будем использовать методику [22] и справочные данные [14, 15, 23].

На данной операции выполняется шлифование внутреннего диаметра отверстия $\varnothing 42^{+0,025}$. Для обеспечения принятой схемы базирования и надежного закрепления детали на операции необходимо разработать соответствующее приспособление.

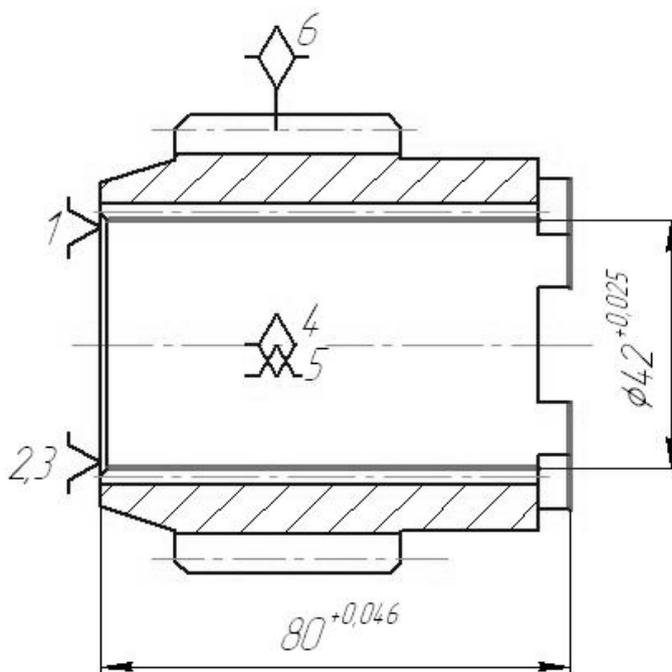


Рисунок 4.1 - Операционный эскиз

Вид и материал заготовки – штамповка из стали 20X2H4A после механической обработки, цементации $h=0,8...1,2$ и закалки HRC 55...60, $\sigma_B=900$ МПа.

Режущий инструмент – шлифовальный круг 1-32x40x10 23A46N7V 30м/с1А ГОСТ52781-2007.

Режимы резания: $t = 0,01$ мм, $S = 1,8$ мм/об.

Металлорежущий станок модели RIG-150.

4.2 Расчет сил резания

Эффективная мощность резания определяется по формуле:

$$N = C_N \cdot v_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q \quad (4.1)$$

где d – диаметр шлифования;

v_3 – скорость заготовки;

t – глубина шлифования;

s – продольная подача;

C_N, r, x, y, q – поправочные коэффициенты и показатели степени.

$$N = 0,36 \cdot 21^{0,35} \cdot 0,01^{0,4} \cdot 1,8^{0,4} \cdot 40^{0,3} = 0,6 \text{ кВт.}$$

Определяем составляющие силы резания:

$$P_z = \frac{N \cdot 102 \cdot 60}{21} K_{PZ} \quad (4.2)$$

$$P_y = \langle 3 \dots 1,8 \rangle P_z \cdot K_{PY} \quad (4.3)$$

где K_{PZ}, K_{PY} – коэффициенты, учитывающие фактические условия обработки.

$$P_z = \frac{0,6 \cdot 102 \cdot 60}{21} 1,25 = 219 \text{ Н.}$$

$$P_y = \langle 3 \dots 1,8 \rangle 219 \cdot 1,25 = 329 \text{ Н.}$$

4.3 Расчет схемы установки

С учетом вида технологической базы принимаем в качестве установочного элемента ролик. Исполнительный размер установочного ролика определяется в следующей последовательности.

Диаметр ролика найдем по формуле:

$$d = 2 \left[r_0 \cdot \tan \left(\frac{\alpha_1}{2} + \alpha_2 \right) - r_2 \cdot \sin \alpha_2 \right] \quad (4.4)$$

где r_0 – радиус основной окружности;

r_2 – расстояние точки контакта ролика от оси патрона.

Радиус основной окружности:

$$r_0 = r_\delta \cdot \cos \alpha_1 \quad (4.5)$$

где r_δ – радиус делительной окружности.

Тогда:

$$r_0 = 69 \cdot \cos 20 = 64,839 \text{ мм.}$$

Расстояние точки контакта ролика от оси патрона:

$$r_2 = r_\delta - 0,3 \cdot m \quad (4.6)$$

$$r_2 = 73,8 - 0,3 \cdot 3 = 72,9 \text{ мм.}$$

Определим значение угла α_2 по формуле:

$$\cos \alpha_2 = \frac{r_0}{r_2} \quad (4.7)$$

$$\text{Тогда } \cos \alpha_2 = \frac{64,839}{72,9} = 0,88942 ; \alpha_2 = 27^\circ 11' 56'' .$$

$$\gamma = \frac{\pi}{z} - \left(\frac{s}{2r_\delta} + \theta_1 \right) + \theta_2 \quad (4.8)$$

$$\theta_1 = \text{tg} \alpha_1 - \alpha_1 \quad (4.9)$$

$$\theta_2 = tg\alpha_2 - \alpha_2 \quad (4.10)$$

Тогда:

$$\theta_1 = tg0,349 - 0,349 = 0,0149$$

$$\theta_2 = tg0,475 - 0,475 = 0,039196$$

$$\gamma = \frac{\pi}{23} - \left(\frac{\pi \cdot 69}{2 \cdot 23 \cdot 69} + 0,0149 \right) + 0,039196 = 0,09259$$

$$\gamma = 5^\circ 11' 56'' = 15,98 \text{ мм.}$$

Полученное значение диаметра ролика округляем до 16 мм.

Для округленного диаметра найдем расстояние между осями роликов и патрона, а также радиус расположения точки контакта ролика с зубом.

Определим расстояние между осями ролика и патрона:

$$L^I = \frac{r_0}{\cos \alpha_3} \quad (4.11)$$

Проверим радиус расположения точки контакта с зубом:

$$r_2^I = \sqrt{\left(L^I \cdot \sin \alpha_3 - \frac{d^I}{2} \right)^2 + r_0^2} \quad (4.12)$$

Определим угол α_3 по формуле:

$$\alpha_3 = \frac{s}{2 \cdot r_0} + \theta_1 + \frac{d^I}{2 \cdot r_0} - \frac{\pi}{z} \quad (4.13)$$

$$\alpha_3 = \frac{\pi \cdot 69}{2 \cdot 23 \cdot 69} + 0,0149 + \frac{16}{2 \cdot 64,839} - \frac{\pi}{23} = 0,069987 \cdot$$

Тогда:

$$L^{\perp} = \frac{69}{\cos 32^{\circ} 31'} = 76,17$$

$$r_2^{\perp} = \sqrt{\left(152,34 \cdot \sin 32^{\circ} 31' - \frac{16}{2}\right)^2 + 69^2} = 72,625 \text{ мм.}$$

Полученная величина r_2^{\perp} меньше радиуса окружности выступов, следовательно, кромочного контакта нет.

Максимальный ход ролика при котором мембрана деформируется упруго равен $\Delta l = 0,35$ мм.

Максимальный зазор при $d_2^{\perp} = 72,625$ мм и $d_{\text{РОЛ}} = 16_{+0,011}$ мм, составляет $S_{\text{max}} = 0,025 + 0,011 = 0,036$ мм.

При $\Delta l > S_{\text{max}}$ механизм центрирует и зажимает деталь.

Следовательно, для данной детали можно использовать мембранный патрон.

4.4 Расчет усилия зажима

Радиальную силу на одном кулачке найдем по формуле:

$$Q = \frac{k \cdot M_p}{n \cdot f \cdot b} \quad (4.14)$$

где k - коэффициент запаса;

M_p – крутящий момент от усилия резания;

n – число роликов;

f – коэффициент трения базовой поверхности детали и ролика.

Тогда:

$$Q = \frac{1,5 \cdot 6355}{3 \cdot 0,15 \cdot 3,6} = 5884 \text{ Н.}$$

Момент изгибающий определим по формуле:

$$M_{\text{изг}} = \frac{Q \cdot n \cdot l}{2 \cdot \pi \cdot b} \quad (4.15)$$

где l – расстояние от середины роликов до средней плоскости мембраны.

$$M_{\text{изг}} = \frac{5884 \cdot 3 \cdot 50}{2 \cdot \pi \cdot 3,6} = 156 \text{ Н.}$$

Тогда $M_3 = 0,58 \cdot M = 90,5 \text{ Н.}$

Определим цилиндрическую жесткость мембраны:

$$D = \frac{E \cdot h}{12 \cdot (-\mu^2)} \quad (4.16)$$

где E – модуль упругости;

h – толщина мембраны.

$$D = \frac{2,1 \cdot 10^5 \cdot 0,7}{12 \cdot (-0,3^2)} = 13462 \text{ Н·см.}$$

Угол разжима роликов:

$$\varphi = \frac{M_3 \cdot b}{D \cdot (+\mu)} \quad (4.17)$$

где b – половина диаметра базовой поверхности детали.

$$\varphi = \frac{90,5 \cdot 3,6}{13462 \cdot (+0,3)} = 0,0186 \cdot$$

Наибольший угол разжима роликов:

$$\varphi' = \varphi + \frac{\delta}{2 \cdot l} + \frac{\Delta}{2 \cdot l} \quad (4.18)$$

где δ – допуск на диаметр;

φ – угол разжима роликов;

Δ – зазор для свободного закладывания заготовки в ролики патрона.

$$\varphi' = 0,0186 + \frac{0,025}{2 \cdot 5} + \frac{0,35}{2 \cdot 5} = 0,0561 \cdot$$

Силу на штоке определим по формуле:

$$P = \frac{4 \cdot \pi \cdot D \cdot \varphi'}{2,3 \cdot \lg \frac{a}{b}} \quad (4.19)$$

где a – половина диаметра мембраны.

$$P = \frac{4 \cdot \pi \cdot 13462 \cdot 0,0561}{2,3 \cdot \lg \frac{1,1}{3,6}} = 8506 \text{ Н.}$$

Напряжение в мембране определим по формуле:

$$\sigma_2 = \frac{3 \cdot P \cdot (\mu)}{2 \cdot \pi \cdot h^2} \cdot \left(\ln \frac{a}{r_0} + \frac{r_0^2}{4 \cdot a^2} \right) \quad (4.20)$$

Тогда:

$$\sigma_2 = \frac{3 \cdot 8506 \cdot (\mu)}{2 \cdot \pi \cdot 0,7^2} \cdot \left(\ln \frac{11}{0,3} + \frac{0,3^2}{4 \cdot 11^2} \right) = 10778 \text{ МПа.}$$

4.5 Расчет зажимного механизма

Примем пневматический силовой привод.

Диаметр поршня рассчитывается по формуле:

$$D_{пор} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}} \quad (4.21)$$

где P – давление рабочей среды.

Тогда:

$$D_{nop} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{5884}{0,4}} = 117 \text{ мм.}$$

Принимаем $D_{nop} = 120 \text{ мм.}$

4.6 Расчет точности приспособления

Точность приспособления рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon_{ПП} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} + \varepsilon_{нз}. \quad (4.22)$$

где ε_6 - погрешность базирования в направлении операционного размера;

ε_3 – погрешность закрепления в направлении операционного размера.

$$\varepsilon_{нз} = \sqrt{\varepsilon_{уем}^2 + \varepsilon_{pn}^2} \quad (4.23)$$

где $\varepsilon_{уем}$ – погрешность установки корпуса мембранного патрона на шпиндель станка;

ε_{pn} – погрешность биения рабочей поверхности ролика относительно отверстия.

$$\varepsilon_{pn} = 0,3 \cdot TD = 0,003 \text{ мм.}$$

Тогда:

$$\varepsilon_{нз} = \sqrt{0^2 + 0,003^2} = 0,003 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_{ПП} = \sqrt{0^2 + 0^2} + 0,003 = 0,003 \text{ мм.}$$

4.7 Описание конструкции приспособления

Мембранный патрон предназначен для базирования и закрепления заготовки типа зубчатое колесо при шлифовании внутреннего отверстия.

Приспособление содержит мембранный патрон 35 и силовой привод 36, состоящий из гильзы 8, поршня 16, штока 12, и кольцевых уплотнений 17.

Мембрана 27, содержащая кулачки 28 и прикрепленные к ним ролики 29, жестко крепится к корпусу мембранного патрона 26. Тот в свою очередь базируется на шпинделе станка и жестко крепится.

Мембранный патрон работает следующим образом. При подаче воздуха в правую полость пневмоцилиндра, поршень 16 совместно со штоком 12 и рамкой 11 перемещается влево и зажимает заготовку через мембрану и ролики. При подаче воздуха в левую полость система возвращается в исходное положение и происходит раскрепление заготовки.

5 Проектирование режущего инструмента

К чистовым токарным операциям предъявляются достаточно жесткие требования по точности обработки и шероховатости. Данные параметры во многом зависят от системы крепления резца, которая должна их обеспечить. Кроме того, при обработке рассматриваемого материала возможно возникновение сливной стружки, что неблагоприятно сказывается на качестве обработанной поверхности, производительности операции и ее безопасности.

Рассчитаем и спроектируем токарный расточной резец.

Обрабатываемая деталь зубчатое колесо, сталь 20Х2Н4А. Производится растачивание внутренних поверхностей по контуру.

Наибольший обрабатываемый диаметр $\varnothing 42$, $Ra=6,3$ мкм.

Материал режущей части резца – твердый сплав Т30К4.

Расчет режущего инструмента будем производить на операцию токарную чистовую по методике изложенной в [25].

Конструируем токарный расточной резец с механическим креплением трехгранной пластины из твердого сплава Т30К4. Главный угол в плане $\varphi = 91^\circ$.

Выбираем конструкцию резца с механическим креплением многогранной пластины. Для обеспечения главного угла в плане и заданных режимов резания выбираем резец расточной с трехгранной пластиной и подкладкой.

Для заданных режимов резания сечение срезаемого слоя $F = t \cdot S = 0,805 \cdot 0,1 = 0,08 \text{ мм}^2$.

Для используемого оборудования при сечении срезаемого слоя до $F=0,6 \text{ мм}^2$ резец должен иметь рабочую высоту $H=25$ мм и диаметр описанной окружности пластины $D=12,7$ мм.

Принимаем следующие размеры резца: рабочая высота резца $H=25$ мм; диаметр державки резца $D=32$ мм; длина резца $L=170$ мм.

Конструктивные размеры резца указываем на рабочем чертеже резца в графической части дипломного проекта.

Выбираем материал резца для державки – сталь 40Х, для трехгранной пластины твердый сплав Т30К4 форма 1, для клина штифта – сталь 45, для винта – сталь 45.

Определим минимальный диаметр винта:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \sigma_0}} \quad (5.1)$$

$$\text{где } P_{z \max} = 0,7 \cdot Q_1; \quad Q_1 = \frac{P_{z \max}}{0,7} = \frac{720}{0,7} = 1030 \text{ Н.}$$

Тогда получим:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \sigma_0}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1030}{3,14 \cdot 650}} = 1,6 \text{ см.}$$

Кроме того, данный резец имеет усовершенствованную конструкцию режущей пластины с целью повышения эффективности завивания и дробления стружки. Суть усовершенствования заключается в выполнении на режущей пластине уступа, который по данным работы [19] позволяет получить дополнительную деформацию срезаемого слоя металла, в результате чего достигается цель данного усовершенствования. Конструкция данного уступа принята по рекомендациям [19] и представлена на листе графической части данного дипломного проекта.

6 Проектирование производственного участка

6.1 Исходные данные

Тип производства – среднесерийное.

Годовая программа выпуска – 5000 деталей в год.

Режим работы участка двухсменный.

Техпроцесс изготовления детали представлен в таблице 6.1.

Таблица 6.1 - Техпроцесс изготовления шестерни-полумуфты

Операция	Оборудование	Основное время	Штучное время
1	2	3	4
005 Токарная	Токарно-винторезный SPI-1000	0,3	0,48
010 Токарная	Токарно-винторезный SPI-1000	0,27	0,43
015 Токарная	Горизонтально-протяжной 7A523	0,32	0,52
020 Токарная	Токарно-винторезный SPI-1000	0,4	0,64
025 Фрезерная	Горизонтально-фрезерный FVV-200	0,36	0,58
030 Фрезерная	Горизонтально-фрезерный FVV-200	0,86	1,1
035 Зубофрезерная	Зубофрезерный YB3120A	2,7	3,1
040 Зубофасочная	Зубофасочный BC-500	0,3	0,48
045 Шевинговаль- ная	Шевинговальный BC-E02B	1,2	1,5
055 Шлифовальная	Внутришлифовальный RIG-150	0,35	0,56

Продолжение таблицы 6.1

1	2	3	4
060 Шлифовальная	Внутришлифовальный RIG-150	0,18	0,29
065 Шлифовальная	Внутришлифовальный RIG-150	0,26	0,42
070 Шлифовальная	Внутришлифовальный RIG-150	0,14	0,26
075 Шлифовальная	Зубошлифовальный УК7332А	0,48	0,77
080 Шлифовальная	Плоскошлифовальный РВР-300А	0,33	0,53
085 Шлифовальная	Плоскошлифовальный РВР-300А	0,11	0,25
090 Моечная	Камерная моечная машина	0,6	0,96
095 Контрольная		0,5	0,8

Расчет производим согласно методики и справочных данных [25].

6.2 Расчет необходимого оборудования

Количество основного оборудования $C_{расч}$ определяется исходя из такта выпуска:

$$\tau = \frac{60 \cdot Fд.о.}{N}, \quad (6.1)$$

где $Fд.о.$ - действительный фонд времени работы оборудования;

N – годовая программа выпуска.

Тогда:

$$C_{расч} = \frac{t_{ум}}{\tau} \quad (6.2)$$

Результаты оформляем в виде таблицы 6.2.

Таблица 6.2 - Число единиц основного оборудования

Номер операции	$T_{шт}$	$C_{расч}$	$C_{пр}$
005	0,48	0,01	1
010	0,43	0,01	1
015	0,52	0,011	1
020	0,64	0,013	1
025	0,58	0,012	1
030	1,1	0,023	1
035	3,1	0,064	1
040	0,48	0,01	1
045	1,5	0,031	1
055	0,56	0,012	1
060	0,29	0,009	1
065	0,42	0,01	1
070	0,26	0,009	1
075	0,77	0,016	1
080	0,53	0,011	1
085	0,25	0,009	1
090	0,96	0,02	1
095	0,8	0,017	1

Число единиц вспомогательного оборудования на участке определяется в зависимости от числа станков основного оборудования.

Число единиц вспомогательного оборудования в заточном отделении – 1 шт.

Число единиц вспомогательного оборудования в отделении ремонта технологической оснастки – 1 шт.

Рассчитываем коэффициент загрузки каждого станка:

$$K_3 = \frac{C_{расч}}{C_{пр}} \quad (6.3)$$

Таблица 6.3 - Расчет коэффициента загрузки

Номер операции	$C_{расч}$	K_3
005	0,01	0,01
010	0,01	0,01
015	0,011	0,011
020	0,013	0,013
025	0,012	0,012
030	0,023	0,023
035	0,064	0,064
040	0,01	0,01
045	0,031	0,031
055	0,012	0,012
060	0,009	0,009
065	0,01	0,01
070	0,009	0,009
075	0,016	0,016
080	0,011	0,011
085	0,009	0,009
090	0,02	0,02
095	0,017	0,017

Загрузка оборудования до нормальной величины $K_3 \approx 0,85$, достигается за счет использования данного оборудования для обработки других деталей.

6.3 Расчет количества производственных и вспомогательных рабочих, служебного персонала и младшего обслуживающего персонала

Количество производственных рабочих определяется по формуле:

$$P_{ст} = \frac{F_{до} \cdot K_{з.действ}}{\Phi_0 \cdot K_{мн.об.}}, \quad (6.4)$$

где $K_{з.действ}$ – действительный коэффициент загрузки оборудования с учетом его дозагрузки;

Φ_0 – действительный годовой фонд времени работы рабочего;

$K_{мн.об.}$ – коэффициент многостаночного обслуживания.

С учетом того, что на участке предполагается поместить по одному станку каждого наименования, принимаем и для станков с ЧПУ $K_{мн.об.} = 1$.

Таким образом, количество производственных рабочих по операциям

$$P_{ст.} = \frac{4015 \cdot 0,85}{1731 \cdot 1} = 1,97, \text{ принимаем } 2 \text{ чел.}$$

$$P_{ст.}^{\Sigma} = 2 \cdot 18 = 36 \text{ чел.}$$

Количество вспомогательных рабочих определяем:

$$P_в = 0,25 P_{ст.}^{\Sigma}, \quad (6.5)$$

$$P_в = 0,25 \cdot 36 = 9, \text{ принимаем } 9 \text{ чел.}$$

Количество младшего обслуживающего персонала:

$$P_{МОП} = 0,03 (P_{ст.}^{\Sigma} + P_в), \quad (6.6)$$

$$P_{МОП} = 0,03(36 + 9) = 1,35, \text{ принимаем } 2 \text{ чел.}$$

6.4 Определение площади участка

Производственная площадь цеха определяется:

$$S_{\text{пр}} = S_{\text{уд}} \cdot S_{\text{общ}} \quad (6.8)$$

$$S_{\text{пр}} = 25 \cdot 18 = 450 \text{ м}^2.$$

Размеры вспомогательной площади участка определим, исходя из норм для расчета площадей вспомогательных служб.

- помещение ОТК (5% от станочной площади) - 23 м²
- склад вспомогательных материалов (0,2 м² на один станок) – 4 м²
- склад материалов и заготовок (10% от станочной площади) – 45 м²
- площадь для хранения стружки - 2 м²
- заточное отделение (10 м² на один заточный станок) – 10 м²
- мастерская по ремонту инструмента и оснастки – 10 м²
- инструментальная кладовая (0,5 м² на один станок) – 9 м²
- кладовая приспособлений (0,2 м² на один станок) – 4 м²

6.5 Компоновка участка

При размещении оборудования в условиях серийного производства необходимо стремиться к соблюдению принципа группового расположения оборудования. Необходимо обеспечить безопасность и удобство работы, и в то же время экономно использовать производственную площадь.

Компоновка механического участка по обработке шестерни-полумуфты представлена в графической части дипломного проекта.

7 Безопасность и экологичность технического объекта

7.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 7.1 - 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	Токарно-винторезный SPI-1000	Сталь 20Х2Н4А, СОЖ
2	Фрезерование	Фрезерная операция	Фрезеровщик	Горизонтально-фрезерный FVV-200	Сталь 20Х2Н4А, СОЖ
3	Нарезание шлиц	Протяжная	Протяжчик	Горизонтально-протяжной 7А523	Сталь 20Х2Н4А, СОЖ
4	Зубонарезание	Зубофрезерная	Зуборезчик	Зубофрезерный YB3120A	Сталь 20Х2Н4А, СОЖ
5	Шевингование	Шевинговальная	Зуборезчик	Шевинговальный ВС-Е02В	Сталь 20Х2Н4А, СОЖ

Продолжение таблицы 7.1

1	2	3	4	5	6
6	Шлифование	Шлифовальная операция	Шлифовщик	Внутришлифовальный RIG-150	Сталь 20X2H4A, СОЖ, ветошь

7.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Таблица 7.2 – 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,	Токарно-винторезный SPI-1000

Продолжение таблицы 7.2

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>	
2	Фрезерная операция	<p>Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; повышенная температура поверхностей оборудования,</p>	Горизонтально-фрезерный FVV-200

Продолжение таблицы 7.2

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>	
3	Протяжная	<p>Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; повышенная температура поверхностей оборудования,</p>	Горизонтально-протяжной 7А523

Продолжение таблицы 7.2

1	2	3	4
		<p>материалов; повышенный уровень 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	Зубофрезерная операция	<p>Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; повышенная температура</p>	Зубофрезерный УВ3120А

Продолжение таблицы 7.2

1	2	3	4
		<p>поверхностей оборудования, 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	Шевинговальная операция	<p>Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; повышенная температура</p>	Шевинговальный ВС-Е02В

Продолжение таблицы 7.2

1	2	3	4
		<p>поверхностей оборудования, 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>	
6	Шлифовальная операция	<p>Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; повышенная температура</p>	Внутришлифовальный RIG-150

Продолжение таблицы 7.2

1	2	3	4
		<p>поверхностей оборудования, 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>	

7.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Таблица 7.3 – 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	Проведение обучения безопасным приемам труда; проведение инструктажей по охране труда; применение защитных ограждений; применение предупреждающих знаков	Каска
2	Подвижные части производственного оборудования, передвигающиеся изделия, заготовки	Проведение обучения безопасным приемам труда; проведение инструктажей по охране труда; применение защитных ограждений; применение автоматической	Каска, защитные очки

Продолжение таблицы 7.3

1	2	3	4
		<p>блокировки; применение дистанционного управления оборудованием; применение предупреждающих знаков</p>	
3	<p>Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов</p>	<p>Проведение обучения безопасным приемам труда; проведение инструктажей по охране труда; ограждение оборудования</p>	<p>Перчатки с полимерным покрытием, комбинированные рукавицы, спецодежда</p>
4	<p>Повышенный уровень шума на рабочем месте</p>	<p>Проведение обучения безопасным приемам труда; проведение инструктажей по охране труда; подбор режимов резания; применение отделки соответствующих узлов оборудования звукоизолирующими и звукопоглощающими материалами, применение</p>	<p>Наушники и вкладыши противозумные</p>

Продолжение таблицы 7.3

1	2	3	4
		звукопоглощающих экранов	
5	Повышенный уровень вибрации	Проведение обучения безопасным приемам труда; проведение инструктажей по охране труда; применение виброгасящих опор и массивных фундаментов	Спецобувь, виброгасящий коврик
6	Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	Проведение обучения безопасным приемам труда; проведение инструктажей по электробезопасности; применение защитного заземления; применение защитного отключения; применение предупреждающих знаков	Деревянный трап, резиновый коврик; спецодежда, спецобувь
7	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и	Проведение обучения безопасным приемам труда; проведение инструктажей по	Перчатки с полимерным покрытием, комбинированные

Продолжение таблицы 7.3

1	2	3	4
	оборудования	охране труда	рукавицы, спецодежда
8	Монотонность труда	Соблюдение режима работы и отдыха	

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

7.4.1 Идентификация опасных факторов пожара

Таблица 7.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок, подразделе ние	Оборудован ие	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующи е проявления факторов пожара
1	2	3	4	5	6
1	Участок механичес- кой обработки	Токарно- винторезный SPI-1000 Горизонталь но- фрезерный FVV-200 Горизонталь но-протяж- ной 7A523 Зубофрезер-	Пожары, связанные с воспламенени ем и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентра- ция	Образующие ся в процессе пожара осколки, части разрушив- шихся технологи- ческих установок,

Продолжение таблицы 7.4

1	2	3	4	5	6
		<p>ный УВ3120А Шевинго- вальный ВС- Е02В Внутри- шлифоваль- ный RIG-150</p>		<p>токсичных продуктов горения и термическо- го разложения; пониженная концентра- ция кислорода; снижение видимости в дыму.</p>	<p>производст- венного и инженерно- техничес- кого оборудова- ния; вынос (замыкание) высокого электричес- кого напряжения на токопроводя- щие части технологи- ческих установок, оборудова- ния.</p>

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

Таблица 7.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожаротушения автоматизированные	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
Пожарные щиты пожарные кра-ны, ящики с песком, огнетушители	Пожарные автомобили, цистерны, пожарные лестницы	Оборудование для пенного пожаротушения	Извещатели, технические средства оповещения и управления эвакуацией	Пожарные гидранты, пожарные рукава пожарные стволы пожарные пеносмесители	Противогазы, респираторы, изолирующие дыхательные аппараты, огнестойкие накидки	Пожарный топор, пожарный багор, пожарный лом, пожарный крюк, ручной механизированный пожарный инструмент для резки и перекусывания конструкций	Автоматическая пожарная сигнализация, ивещатели

7.4.3 Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара

Таблица 7.6 – 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
<p>Технологический процесс изготовления шестерни-полумуфты, Токарно-винторезный SPI-1000</p> <p>Горизонтально-фрезерный FVV-200</p> <p>Горизонтально-протяжной 7A523</p> <p>Зубофрезерный YB3120A</p> <p>Шевинговальный BC-E02B</p> <p>Внутришлифовальный RIG-150</p>	<p>Инструктажи по пожарной безопасности, контроль за правильной эксплуатацией оборудования, применение автоматических устройств обнаружения, оповещения и тушения пожаров</p>	<p>Соблюдение требований инструкций по пожарной безопасности, запрет на применение открытого огня в недозволённых местах, запрет курения в недозволённых местах, наличие первичных средств пожаротушения, наличие пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре</p>

7.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 7.7 – 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	Токарно-винторезный SPI-1000	Пары СОЖ	Механические примеси, нефтепродукты, СОЖ	Стружка, металлический лом, ветошь
Фрезерная операция	Горизонтально-фрезерный FVV-200	Пары СОЖ	Механические примеси, нефтепродук-	Стружка, металлический лом, ветошь

Продолжение таблицы 7.7

1	2	3	4	5
			ты, СОЖ	
Протяжная операция	Горизонтально-протяжной 7A523	Пары СОЖ	Механические примеси, нефтепродукты, СОЖ	Стружка, металлический лом, ветошь
Зубо-фрезерная	Зубофрезерный YB3120A	Пары СОЖ	Механические примеси, нефтепродукты, СОЖ	Стружка, металлический лом, ветошь
Шевинговальная	Шевинговальный BC-E02B	Пары СОЖ	Механические примеси, нефтепродукты, СОЖ	Стружка, металлический лом, ветошь
Шлифовальная операция	Внутришлифовальный RIG-150	Пары СОЖ	Механические примеси, нефтепродукты, СОЖ	Стружка, металлический лом, ветошь

Таблица 7.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Технологический процесс изготовления шестерни-полумуфты
1	2
Мероприятия по снижению	Применение электростатического фильтра

Продолжение таблицы 7.8

1	2
негативного антропогенного воздействия на атмосферу	
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Применение механической фильтрации, песколовок, отстойников; применение физико-химической очистки; контроль состава сточных вод.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Переплавка стружки и лома, утилизация ветоши на перерабатывающих заводах

7.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса изготовления шестерни-полумуфты, перечислены технологические операции, должности работников, оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы.

Проведена идентификация профессиональных рисков по технологическому процессу изготовления шестерни-полумуфты по всем 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.

8 Экономическая эффективность проекта

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

8.1 Краткая характеристика сравниваемых вариантов

Программа выпуска – 5000 шт. Материал детали – сталь 20Х2Н4А. Метод получения заготовки –штамповка. Масса детали – 1,4 кг, масса заготовки – 1,7 кг.

Остальная краткая характеристика с необходимыми данными по писанию изменений в вариантах технологического процесса, представлена в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Описание изменений по сравниваемым вариантам

Базовый вариант	Проектируемый вариант
1	2
Операция 005 – Токарная	
<u>Оборудование</u> – токарно-винторезный станок с ЧПУ, модель SPI-1000. <u>Оснастка</u> – патрон 3-хкулачковый. <u>Инструмент</u> – резец расточной, T15K6.	<u>Оборудование</u> – токарно-винторезный станок с ЧПУ, модель SPI-1000. <u>Оснастка</u> – патрон 3-хкулачковый. <u>Инструмент</u> – резец расточной со специальной заточкой для улучшения дробления стружки, T15K6.
Операция 065 – Шлифовальная	
<u>Оборудование</u> – внутришлифовальный станок, модель RIG-150. <u>Оснастка</u> – оправка специальная. <u>Инструмент</u> – круг шлифовальный 1-	<u>Оборудование</u> – внутришлифовальный станок, модель RIG-150. <u>Оснастка</u> – патрон мембранный специальный.

Продолжение таблицы 8.1

1	2
32x40x10 23A60K5V 30м/с1А ГОСТ52781-2007, 6-100x50x20 24A90L7K 30м/с1А ГОСТ52781-2007	<u>Инструмент</u> – круг шлифовальный 1- 32x40x10 23A60K5V 30м/с1А ГОСТ52781-2007, 6-100x50x20 24A90L7K 30м/с1А ГОСТ52781-2007
Тип производства – среднесерийный Условия труда – нормальные. Форма оплата труда – повременно-премиальная	

Необходимые исходные данные по оборудованию, приспособлению, инструменту и т.д. заносим в таблицу.8.2. Представленные значения не будут учитывать затраты, связанные материалами, т.к. согласно описанию (табл. 8.1), ни материал, ни метод получения заготовки не были изменены, поэтому не могут оказывать влияния по конечный результат.

Таблица 8.2 – Исходные данные для расчета экономической эффективности

№	Исходные данные	Обозначение	Единица измерения	Числовое значение	
				Базовый	Проектный
1	2	3	4	5	6
1	Годовая программа выпуска	$N_{год}$	<i>шт.</i>	5000	5000
2	Норма штучного времени на операцию	$T_{шт}$	<i>мин</i>	0,61	0,48
				0,78	0,42
	В т.ч. машинное время	$T_{маш}$	<i>мин</i>	0,43	0,3
				0,26	0,26
3	Трудоемкость проектирования технологии или техники	$T_{тр.пр}$	<i>час</i>	–	557,6
4	Цена единицы оборудования	$C_{об}$	<i>руб.</i>	3000000	3000000

Продолжение таблицы 8.2

1	2	3	4	5	6
				2500000	2500000
5	Выручка от реализации изношенного оборудования (5% от цены)	$V_{P.OB}$	руб.	150000	150000
				125000	125000
6	Цена одной единицы приспособления	$C_{ПР}$	руб.	33220,5	33220,5
				28474,7	42712,1
7	Выручка от реализации изношенного приспособления	$V_{P.ПР}$	руб.	6644,1	6644,1
				5694,9	8542,4
8	Цена единицы рабочего инструмента	$C_{И}$	руб.	142,4	159,5
				25,2	113,9
9	Выручка от реализации изношенного инструмента	$V_{P.И}$	руб.	28,5	31,9
				5,1	22,8
10	Количество переточек	$N_{ПЕР}$		11	11
				16	16
11	Цена одной переточки	$C_{ПЕР}$	руб.	53,3	53,3
				286,9	286,9
12	Стойкость одной переточки	$T_{И}$	час	1	1,5
				2	2
13	Коэффициент случайной убыли инструмента	$K_{УБ}$		1,1	1,05
				1,1	1,05
13	Количество инструментов	$N_{И}$		1	1
				1	1
	Часовая тарифная ставка рабочего	$C_{ч}$	руб./ча с	66,71	66,71
				72,24	72,24
	Часовая тарифная ставка наладчика	$C_{чн}$	руб./ча с	97,67	97,67
	Часовая заработная плата	$C_{ч.ТЕХ}$		–	77,8

Продолжение таблицы 8.2

1	2	3	4	5	6
	конструктора, технолога		руб./ча с		
	Габариты станка	$P_{уд}$	$м^2$	5,8	5,8
				9,3	9,3
	Коэффициент, учитывающий дополнительную площадь станка	$\kappa_{доп.пл}$		4	4
				3,5	3,5
	Стоимость эксплуатации $1м^2$ площади здания в год	$C_{пл}$	руб/ $м^2$	4500	4500
	Установленная мощность единицы оборудования	$M_{уст}$	кВт	10	10
				5,5	5,5
	Цена за 1 кВт электроэнергии	$C_{э.э}$	руб./кВ т	2,582	2,582
	Цена за 1 $м^3$ воды	$C_{в}$	руб./ $м^3$	4,479	4,479
	Цена за 1 $м^3$ сжатого воздуха	$C_{сж}$	руб./ $м^3$	0,279	0,279
	Затраты на разработку одной программы	$З_{у.п}$	руб.	15819,3	15819,3
				–	–
	Величина запуска деталей (размер партии запуска)	$N_{зап}$	шт.	160	160
				–	–

8.2 Расчет необходимого количества оборудования и коэффициентов его загрузки

Используя исходные данные, представленные в таблице 8.2 и методику расчета необходимого количества оборудования, представленную в методических указаниях «Экономическое обоснование дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки детали» [27], определим данную величину.

$$H_{\text{ОБ.РАСЧ}} = \frac{N_{\text{ГОД}} \cdot T_{\text{ШТ}}}{\Phi_{\text{ЭФ.ОБ}} \cdot K_{\text{В.Н}} \cdot 60}, \text{ шт.} \quad (8.1)$$

Расчетное количество оборудования округляется до ближайшего, большего числа и получаем их принятое или фактическое количество $H_{\text{ОБ.ПРИН}}$ или $H_{\text{ОБ}}$.

Базовый вариант:

$$H_{\text{ОБ.РАСЧ} \langle 005 \rangle} = \frac{5000 \cdot 0,61}{4015 \cdot 1,2 \cdot 60} = 0,011 \Rightarrow H_{\text{ОБ} \langle 005 \rangle} = 1$$

$$H_{\text{ОБ.РАСЧ} \langle 065 \rangle} = \frac{5000 \cdot 0,78}{4015 \cdot 1,2 \cdot 60} = 0,013 \Rightarrow H_{\text{ОБ} \langle 065 \rangle} = 1$$

Проектный вариант:

$$H_{\text{ОБ.РАСЧ} \langle 005 \rangle} = \frac{5000 \cdot 0,48}{4015 \cdot 1,2 \cdot 60} = 0,008 \Rightarrow H_{\text{ОБ} \langle 005 \rangle} = 1$$

$$H_{\text{ОБ.РАСЧ} \langle 065 \rangle} = \frac{5000 \cdot 0,42}{4015 \cdot 1,2 \cdot 60} = 0,007 \Rightarrow H_{\text{ОБ} \langle 065 \rangle} = 1$$

$$K_3 = \frac{H_{\text{ОБ.РАСЧ}}}{H_{\text{ОБ.ПР}}} \quad (8.2)$$

Учитывая то, что на каждой операции необходимо по одному станку, то в этом случае коэффициент загрузки оборудования на этих операциях будет равен расчет величине оборудования, определенной по формуле (8.1)

8.3 Расчет дополнительных исходных данных для станков с ЧПУ

Используя казанное выше методическое указание [27], определить необходимые параметры для операции 005, т.к. именно там применяются станок с ЧПУ, по следующим формулам:

$$H_{\text{ДЕТ}} = \frac{\Phi_{\text{ЭФ.ОБ}} \cdot 60}{T_{\text{ШТ}} \cdot N_{\Gamma}}, \text{ шт} \quad (8.3)$$

Базовый вариант:

$$H_{ДЕТ(05)} = \frac{4015 \cdot 60}{0,61 \cdot 5000} = 78,984 \approx 79$$

Проектный вариант:

$$H_{ДЕТ(05)} = \frac{4015 \cdot 60}{0,48 \cdot 5000} = 100,375 \approx 100$$

$$P_{СУТ} = \frac{P_{Г}}{360}, \text{ шт.} \quad (8.4)$$

$$P_{СУТ} = \frac{5000}{360} = 13,89 \approx 14$$

$$T_{Ц} = \sum_{i=1}^m \frac{H_{ЗАП} \cdot T_{ШТ} / 60 + 2 \cdot T_{МО}}{16}, \text{ дней} \quad (8.5)$$

$$T_{Ц(АЗ)} = \frac{160 \cdot 0,61 / 60 + 2 \cdot 0,5}{16} = 0,16$$

$$T_{Ц(П)} = \frac{160 \cdot 0,48 / 60 + 2 \cdot 0,5}{16} = 0,14$$

8.4 Расчет капитальных вложений в совершенствование техпроцесса

Для определения капитальных вложений, так же будем использовать уже представленные методические указания [27], которые, учитывая описанные изменения, позволят определить необходимые средства для вложений. Принимая во внимание тот факт, что изменениям подверглись лишь приспособления на операции 065, а также инструмент на операции 005, определим величину капитальных вложений с учетом этих особенностей по формулам (8.6) – (8.10). Так как интерес для нас представляет проектируемый вариант, то и расчеты будем вести только данному варианту, без учета базового. Учитывая то, что оснастка и инструмент имеют ограниченный срок службы и использования, поэтому затраты связанные с этими пунктами мы

решили осуществить по всем рассматриваемым в данном разделе операциям, т.е. по 005 и 065.

$$Z_{\text{ПР}} = T_{\text{ТР.ПР}} \cdot C_{\text{Ч.ТЕХ}}, \text{ руб.} \quad (8.6)$$

$$K_{\text{ПР}} = \sum H_{\text{ПР}} \cdot C_{\text{ПР}} \cdot \kappa_3, \text{ руб.} \quad (8.7)$$

$$K_{\text{И}} = \sum \frac{C_{\text{И}} \cdot T_{\text{МАШ}} \cdot N_{\text{Г}} \cdot \kappa_{\text{УБ}} \cdot H_{\text{И}}}{T_{\text{И}} \cdot (N_{\text{ПЕР}} + 1) \cdot 60}, \text{ руб.} \quad (8.8)$$

$$HЗП = П_{\text{СВТ}} \cdot T_{\text{Ц}} \cdot C_{\text{ТЕХ}}, \text{ руб.} \quad (8.9)$$

$$K_{\text{ВВ.ПР}} = Z_{\text{ПР}} + K_{\text{ПР}} + K_{\text{И}} + HЗП, \text{ руб.} \quad (8.10)$$

Для расчетов значений по формулам (8.6) – (8.10) использовалось программное обеспечение Microsoft Excel, а полученные значения представлены в таблице 8.3

Таблица 8.3 – Расчетные значения, входящие в капитальные вложения по проектируемому варианту

№ п/п	Наименование параметра, условное обозначение и единица измерения	Значение параметра по проектному варианту
1	Затраты на проектирование, $Z_{\text{ПР}}$, руб.	43381,28
2	Затраты на приспособление, $K_{\text{ПР}}$, руб.	586,08
3	Затраты на инструмент, $K_{\text{И}}$, руб.	659,51
4	Оборотные средства в незавершенном производстве, $HЗП$, руб.	8,82
5	Итого капитальные вложения в проектируемый вариант	44635,69

8.5 Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов

Основными элементами, входящими в технологическую себестоимость являются: основные материалы, заработная плата основных рабочих (операторов и наладчиков), начисления на заработную плату и расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, состоящие из определенного количества параметров. Все перечисленные элементы определяются по формулам, которые имеют подробное описание в методических рекомендациях [27].

Учитывая то, что материал и метод получения заготовки не изменился по вариантам, поэтому расчеты по определению величины основных материалов проводить не целесообразно, это связано с тем, что данная величина не повлияет на конечных результат расчетов. Остальные значения рассчитаем по следующему алгоритму.

$$Z_{\text{ПЛ.ОП}} = \frac{\sum T_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}}}{60} \cdot K_{\text{У}} \cdot K_{\text{ПФ}} \cdot K_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{Д}} \cdot K_{\text{Н}} \cdot K_{\text{В.Н}}, \text{ руб.} \quad (8.11)$$

$$Z_{\text{ПЛ.ОП}}^{\text{АЗ}} = \frac{0,61 \cdot 66,71 + 0,78 \cdot 72,24}{60} \cdot 1,087 \cdot 1,14 \cdot 1,12 \cdot 1,08 \cdot 1,076 \cdot 1,2 = 3,13$$

$$Z_{\text{ПЛ.ОП}}^{\text{ПР}} = \frac{0,48 \cdot 66,71 + 0,42 \cdot 72,24}{60} \cdot 1,087 \cdot 1,14 \cdot 1,12 \cdot 1,08 \cdot 1,076 \cdot 1,2 = 2,01$$

$$Z_{\text{ПЛ.Н}} = \frac{\Phi_{\text{ЭФ.РАБ}} \cdot C_{\text{ЧН}} \cdot H_{\text{ОБ.ОБЩ}} \cdot K_{\text{З.СР}}}{H_{\text{ОБСЛ}} \cdot N_{\text{Г}}} \cdot K_{\text{У}} \cdot K_{\text{ПФ}} \cdot K_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{Д}} \cdot K_{\text{Н}}, \text{ руб.} \quad (8.12)$$

$$Z_{\text{ПЛ.НАЛ}}^{\text{АЗ}} = \frac{1731 \cdot 97,67 \cdot 1 \cdot 0,011}{17 \cdot 5000} \cdot 1,116 \cdot 1,14 \cdot 1,12 \cdot 1,08 \cdot 1,076 = 0,08$$

$$Z_{\text{ПЛ.НАЛ}}^{\text{ПР}} = \frac{1731 \cdot 97,67 \cdot 1 \cdot 0,008}{17 \cdot 5000} \cdot 1,116 \cdot 1,14 \cdot 1,12 \cdot 1,08 \cdot 1,076 = 0,05$$

$$H_{\text{З.ПЛ}} = \text{ЗП} \cdot K_{\text{С}} = Z_{\text{ПЛ.ОП}} + Z_{\text{ПЛ.НАЛ}} \cdot K_{\text{С}}, \text{ руб.} \quad (8.13)$$

$$H_{3,пл} \approx 3,13 + 0,08 \approx 3,21 \cdot 0,3 = 0,96$$

$$H_{3,пл} \approx 2,01 + 0,05 \approx 2,06 \cdot 0,3 = 0,62$$

$$P_A = \frac{U_{об} \cdot (C_{монт} + 1) \cdot B_{р.об} \cdot H_A \cdot H_{об} \cdot \kappa_3}{\Phi_{эф.об} \cdot 100 \cdot 60 \cdot \kappa_{вн}}, \text{ руб.} \quad (8.14)$$

$$P_A = \frac{U_{об} \cdot (C_{монт} + 1) \cdot B_{р.об} \cdot \kappa_P \cdot H_{об} \cdot \kappa_3}{\Phi_{эф.об} \cdot 60 \cdot \kappa_{вн}}, \text{ руб.} \quad (8.15)$$

$$P_{э.э} = \frac{M_{уст} \cdot T_{маш} \cdot C_{ээ} \cdot \kappa_M \cdot \kappa_{п} \cdot \kappa_{од} \cdot \kappa_B}{КПД \cdot 60}, \text{ руб.} \quad (8.16)$$

$$P_{и} = \frac{(C_{и} \cdot \kappa_{тр.и} - B_{р.и}) \cdot \kappa_{уб} + H_{пер} \cdot C_{пер} \cdot T_{маш} \cdot H_{и}}{T_{и} \cdot (C_{пер} + 1) \cdot 60}, \text{ руб.} \quad (8.17)$$

$$P_{пр} = \frac{(U_{пр} \cdot \kappa_{р.пр} - B_{р.пр}) \cdot H_{пр} \cdot \kappa_3}{N_{год} \cdot T_{пр}}, \text{ руб.} \quad (8.18)$$

$$P_{см} = \frac{H_{об} \cdot \kappa_3 \cdot P_{сож}}{N_{год}}, \text{ руб.} \quad (8.19)$$

$$P_B = \frac{\Phi_{эф.об} \cdot H_{об} \cdot \kappa_3 \cdot C_B \cdot Y_B}{N_{год}}, \text{ руб.} \quad (8.20)$$

$$P_{пл} = \frac{H_{об} \cdot \kappa_3 \cdot P_{уд} \cdot \kappa_{доп.пл} \cdot C_{пл}}{N_{год}}, \text{ руб.} \quad (8.21)$$

$$P_{сж} = \frac{H_{об} \cdot \kappa_3 \cdot \Phi_{эф.об} \cdot Y_{сж} \cdot C_{сж}}{N_{год}}, \text{ руб.} \quad (8.22)$$

$$P_{У.ПР} = \frac{\sum_{i=1}^m Z_{УП} \cdot K_3 \cdot H_{ДЕТ} \cdot K_{В.ПР}}{T_{ПЕР} \cdot П_{Г}} \quad (8.23)$$

$$P_{Э.ОБ} = P_A + P_{Р.ОБ} + P_{Э.Э} + P_{И} + P_{ПР} + P_{СМ} + P_{В} + P_{ПЛ} + P_{СЖ} + P_{У.ПР}, \text{ руб.} \quad (8.24)$$

Для расчетов значений по формулам (8.14) – (8.24) использовалось программное обеспечение MicrosoftExcel, а полученные значения представлены в таблице 8.4

Таблица 8.4 – Расчетные значения параметров, входящих в расходы на содержание и эксплуатацию оборудования

№ п/п	Наименование параметра, условное обозначение и единица измерения	Значение параметра по вариантам	
		Базовый	Проектный
1	2	3	4
1	Расходы на амортизацию оборудования, P_A , руб.	0,079	0,052
2	Расходы на текущий ремонт, $P_{Р.ОБ}$, руб.	0,017	0,011
3	Расходы на электроэнергию $P_{Э}$, руб.	0,167	0,129
4	Расходы на содержание и эксплуатацию рабочего инструмента, $P_{И}$, руб.	0,045	0,036
5	Расходы на содержание и эксплуатацию приспособления, $P_{ПР}$, руб.	0,223	0,124
6	Расходы на смазочно-охлаждающую жидкость, $P_{СМ}$, руб.	0,006	0,004
7	Расходы на технологическую воду, $P_{В}$, руб.	0,052	0,034
8	Расходы на содержание и эксплуатацию производственной площади, $P_{Э.ПЛ}$, руб.	0,0007	0,0005
9	Расходы на сжатый воздух, $P_{СЖ}$, руб.	0,616	0,386

Продолжение таблицы 8.4

1	2	3	4
10	Расходы на подготовку и эксплуатацию управляющей программы для станков с ЧПУ, $P_{У.ПР}$, руб.	0,967	0,963
11	Итого расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, $P_{Э.ОБ}$, руб.	2,172	1,739

$$C_{ТЕХ} = 3П + H_{3.ПЛ} + P_{Э.ОБ}, \text{ руб.} \quad (8.25)$$

$$C_{ТЕХ(БАЗ)} = 3,21 + 0,96 + 2,17 = 6,34$$

$$C_{ТЕХ(ПР)} = 2,06 + 0,62 + 1,74 = 4,42$$

Далее определяем полную себестоимость выполнения рассматриваемых операций, для этого используем калькуляцию себестоимости обработки детали по вариантам технологического процесса [27]. Согласно ей мы получаем: полную себестоимость по базовому варианту – $C_{ПОЛН(БАЗ)} = 18,07$ руб., а по проектному варианту – $C_{ПОЛН(ПР)} = 11,97$ руб.

8.6 Расчет показателей экономической эффективности

$$П_{ОЖ} = (C_{ПОЛН(БАЗ)} - C_{ПОЛН(ПР)}) \cdot N_{ГОД}, \text{ руб.} \quad (8.26)$$

$$П_{ОЖ} = (18,07 - 11,97) \cdot 5000 = 30500$$

$$H_{ПРИБ} = П_{ОЖ} \cdot K_{НАЛ}, \text{ руб.} \quad (8.27)$$

$$H_{ПРИБ} = 30500 \cdot 0,2 = 6100$$

$$П_{ЧИСТ} = П_{ОЖ} - H_{ПРИБ}, \text{ руб.} \quad (8.28)$$

$$П_{ЧИСТ} = 30500 - 6100 = 24400$$

$$T_{ОК.РАСЧ} = \frac{K_{ВВ.ПР}}{П_{ЧИСТ}} + 1, \text{ года} \quad (8.29)$$

$$T_{ОК.РАСЧ} = \frac{44635,69}{24400} + 1 = 2,83 \approx 3 \text{ года}$$

$$D_{\text{ОБЩ.ДИСК}} = P_{\text{ЧИСТ.ДИСК}} \cdot \sum_1^T \frac{1}{(1+E)^t}, \text{ руб.} \quad (8.30)$$

$$D_{\text{ОБЩ.ДИСК}} = P_{\text{ЧИСТ.ДИСК}}(T) = 24400 \cdot \left(\frac{1}{(1+0,2)^1} + \frac{1}{(1+0,2)^2} + \frac{1}{(1+0,2)^3} \right) = 51386,4$$

$$\mathcal{E}_{\text{ИНТ}} = \mathcal{ЧДД} = D_{\text{ОБЩ.ДИСК}} - K_{\text{ОБЩ}}, \text{ руб.} \quad (8.31)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ИНТ}} = \mathcal{ЧДД} = 51386,4 - 44635,69 = 6765,71$$

$$ИД = \frac{D_{\text{ОБЩ.ДИСК}}}{K_{\text{ОБЩ}}}, \text{ руб./ руб.} \quad (8.32)$$

$$ИД = \frac{51386,4}{44635,69} = 1,15$$

Благодаря замене станочного приспособления на операции 065 (шлифовальная), а также замене инструмента на операции 005 (токарная) удалось уменьшить трудоемкость выполнения операций. Это привело к снижению себестоимости на 33,76% и позволит получить дополнительную чистую прибыль в размере 24400руб. Необходимые капитальные вложения в объеме 44635,69 руб. окупятся в течение 3-х лет и позволят достичь интегрального экономического эффекта в размере 6750,71 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения дипломного проекта были решены следующие задачи:

- спроектирован технологический процесс изготовления шестерни-полумуфты на основе типового технологического процесса;
- выбран оптимальный метод получения заготовки и проведено ее проектирование;
- спроектированы технологические операции;
- проведены научные исследования, результаты которых предложено применить на шлифовальных операциях;
- спроектировано станочное приспособление на шлифовальную операцию;
- спроектирован режущий инструмент для растачивания отверстия;
- спроектирован участок изготовления детали;
- проведен анализ безопасности и экологичности технического объекта;
- рассчитана экономическая эффективность проекта.

Достижение данных целей позволило выполнить поставленную цель дипломного проекта, т.е. обеспечить выпуск деталей заданного качества в установленном количестве с наименьшими затратами.

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 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 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.
- 4 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.
- 5 Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2-е изд., доп. и пер.ера. СПб: Политехника, 2007 – 380с.
- 6 Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2-е изд. Высш. шк. 2007 г.
- 7 Суслов, А. Г. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Г. Суслов. - 2-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Машиностроение, 2007. - 429 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 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.

10 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.

11 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.

12 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

13 www.stanki-proma.ru

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

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

16 Григорьев, С. Н. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ : [справочник] / С. Н. Григорьев, М. В. Кохомский, А. Р. Маслов ; под общ.ред. А. Р. Маслова. - Москва : Машиностроение, 2006. - 544 с.

17 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.

18 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.

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

20<http://www.library.vstu.ru>

21<http://www.metallischekiy-portal.ru>

22 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.

23 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.

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

25 Вороненко, В.П. Проектирование машиностроительного производства : учеб. для вузов / В. П. Вороненко, Ю. М. Соломенцев, А. Г. Схиртладзе. - 3-е изд., стер. ; Гриф МО. - Москва : Дрофа, 2007. - 380 с. : ил. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 378-380.

26 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.

27 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	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A1			16.07.ТМ.520.070.000.СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Детали</u>		
A4	1		16.07.ТМ.520.070.001	Крышка торцовая	1	
A4	2		16.07.ТМ.520.070.002	Корпус	1	
A4	3		16.07.ТМ.520.070.003	Корпус цилиндра	1	
A4	4		16.07.ТМ.520.070.004	Муфта	1	
A4	5		16.07.ТМ.520.070.005	Поршень	1	
A4	6		16.07.ТМ.520.070.006	Крышка цилиндра	1	
A4	7		16.07.ТМ.520.070.007	Кольцо	1	
A4	8		16.07.ТМ.520.070.008	Мембрана	1	
A4	9		16.07.ТМ.520.070.009	Кулачок	3	
A4	10		16.07.ТМ.520.070.010	Ролик	3	
A4	11		16.07.ТМ.520.070.011	Толкатель	1	
A4	12		16.07.ТМ.520.070.012	Корпус	1	
A4	13		16.07.ТМ.520.070.013	Упор	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
	14			Болт М 8х35 ГОСТ 11871-73	3	
	15			Ввертыш ГОСТ 11058-72	1	
	16			Ввертыш ГОСТ 11059-72	1	
			16.07.ТМ.520.070.000			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Хазов				Лит.	Лист
Проб.	Логинов				Д	1
Н.контр.	Виткалов				Листов	
Утв.	Бабровский				2	
Станочное приспособление					ТГУ, ТМз-1001	

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		17		Винт М6х25 ГОСТ 11871-78	3	
		18		Винт М8х25 ГОСТ 11871-69	9	
		19		Винт М8х20 ГОСТ 11863-69	3	
		20		Гайка М30 ГОСТ 11878-87	1	
		21		Гайка М25 ГОСТ 11856-64	3	
		22		Демпфер ГОСТ 17679-72	2	
		23		Кольцо распорное ГОСТ 6321-80	1	
		24		Манжета ГОСТ 6967-60	4	
		25		Подшипник шариковый ГОСТ 6302-80	1	
		26		Упор ГОСТ 1223-89	1	
		27		Шайба ГОСТ 14451-63	1	
		28		Шайба стопорная ГОСТ 144812-62	1	
		29		Шток ГОСТ 2324-67	1	

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

16.07.ТМ.520.070.000

Лист
2

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Маршрутные карты

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	СМ	перф.	Р	УТ	КР	КОИД	Обозначение документа		
												ЕН	ОП	Кшт
Б	Код, наименование оборудования													
Т 19	393311 Штангенциркуль ШЦ-2 ГОСТ 160-80.													
20														
А 21	XX XX XX 015 4180 Протяжная													
Б 22	381751 Горизонтально-протяжной 7А510 3 16458 422 1Р 1 1 1 1200 1 0,52													
0 23	Протянуть поверхность 11, 17, 18 в размер $\phi 40,699_{-0,10}^{+0,10}$, $\phi 48_{-0,10}^{+0,10}$, $8_{-0,025}^{+0,025}$.													
Т 24	396171 Приспособление специальное; 392302 протяжка Р6М5 ГОСТ 20365-74, 393120 Калибр гладкий.													
25														
А 26	XX XX XX 020 4110 Токарная													
Б 27	381101 Токарный 16К20Ф3 3 18217 422 1Р 1 1 1 1200 1 0,64													
0 28	Точить последовательно Установ А: пов.1 в размер $80,5_{-0,046}^{+0,046}$, Установ Б: пов. 14 $80,25_{-0,046}^{+0,046}$													
Т 29	396171 Патрон цанговый ГОСТ 2675-80, 392101 Резец контурный ГОСТ 188791-73 Т15К6;													
30	393410 микрометра ГОСТ 2166-74.													
31														
А 32	XX XX XX 025 4262 Фрезерная													
Б 33	381631 Фрезерный 6Н81Г 3 18632 422 1Р 1 1 1 1200 1 0,58													
0 34	Фрезеровать поверхности 9 и 13 в размер $81_{-0,12}^{+0,12}$, $55^{\circ} \pm 45''$.													
Т 35	396171 Оправка разжимная ГОСТ 2675-80, 391801 Фреза твердосплавная Т15К6 ГОСТ 18868-73;													
36	393311 Штангенциркуль ШЦ-3 ГОСТ 160-80, 393400 Калибр.													
37														
А 38	XX XX XX 030 4262 Фрезерная													
Б 39	381631 Фрезерный 6Н81Г 3 18632 422 1Р 1 1 1 1200 1 11													
0 40	Фрезеровать поверхности 9 и 13 в размер $70,61_{-0,046}^{+0,046}$, $55^{\circ} \pm 30''$.													
Т 41	396171 Оправка разжимная ГОСТ 2675-80, 391801 Фреза твердосплавная Т15К6 ГОСТ 18868-73;													
МК														

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз
Б	Код, наименование оборудования														
69	393311 Штангенциркуль ШЦ-3 ГОСТ 160-80; 393400 Калибр.														
70															
А 71	XX XX XX 035 4153 Зубофрезерная														
Б 72	381572 Зубофрезерный 5Д32 3 12287 422 1Р 1 1 1200 1					3,1									
О 73	Фрезеровать пов. 5, 6 в размер 10-й степени точности														
Т 74	396171 Оправка разжимная ГОСТ 2675-80; 391810 Фреза червячная Р9К10 ГОСТ 9324-80.														
75	394300 прибор измерительный универсальный.														
76															
А 77	XX XX XX 040 4162 Зубофасочная														
Б 78	381574 Зубофасочный ВС-320А 3 12287 422 1Р 1 1 1200 1					0,48									
О 79	Обработать пов. 4 в размер 15°+30'														
Т 80	396171 Оправка разжимная ГОСТ 2675-80; 391810 Фреза Р6М5 специальная.														
81	393400 Калибр.														
82															
А 83	XX XX XX 045 4157 Зубошвинговальная														
Б 84	381574 Зубошвинговальный 5715 3 12287 422 1Р 1 1 1200 1					15									
О 85	Швинговать пов. 5 в размер 7-й степени точности														
Т 86	396171 Оправка разжимная ГОСТ 2675-80; 391810 Швер дискový Р6М5 ГОСТ 19267-73.														
87	394300 прибор измерительный универсальный.														
88															
А 89	XX XX XX 050 Термическая														
90															
91															
МК															

ПРИЛОЖЕНИЕ В
Операционные карты

