

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
Направление 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
Профиль «Технология машиностроения»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления шестерни привода
пластинчатого конвейера

| | | |
|--------------|--|------------------|
| Студент(ка) | <u>А.А. Сироткин</u> (И.О. Фамилия) | (личная подпись) |
| Руководитель | <u>Н.Ю. Логинов</u> (И.О. Фамилия) | (личная подпись) |
| Консультанты | <u>Л.Н. Горина</u> (И.О. Фамилия) | (личная подпись) |
| | <u>Н.В. Зубкова</u> (И.О. Фамилия) | (личная подпись) |
| | <u>С.В. Грачева</u> (И.О. Фамилия) | (личная подпись) |

Допустить к защите

И.о. заведующего кафедрой
к.т.н, доцент _____ А.В. Бобровский
(личная подпись)

«_____» _____ 2016 г.

Тольятти 2016

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

УТВЕРЖДАЮ

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

«___» _____ 2016 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы
(уровень бакалавра)

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

Студент Сироткин Алексей Артемович гр. ТМбз-1101

1. Тема Технологический процесс изготовления шестерни привода пластиначатого конвейера
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 40-60 с.)

Титульный лист.

Задание. Аннотация. Содержание.

Введение, цель работы

- 1) *Описание исходных данных*
- 2) *Технологическая часть работы*
- 3) *Проектирование приспособления и режущего инструмента*
- 4) *Безопасность и экологичность технического объекта*
- 5) *Экономическая эффективность работы*

Заключение. Список использованных источников.

Приложения: технологическая документация

АННОТАЦИЯ

Сироткин А.А. Технологический процесс изготовления шестерни привода пластинчатого конвейера. Кафедра: Оборудование и технологии машиностроительного производства. ТГУ Тольятти, 2016 г.

В данной выпускной квалификационной работе проектируется технологический процесс изготовления шестерни привода пластинчатого конвейера.

В ходе выполнения работы были проанализированы исходные данные, на их основе произведен выбор и проектирование заготовки, выбраны методы обработки, разработан технологический процесс и операционная технология. Кроме того, было проведено проектирование станочного приспособления и режущего инструмента. Разработка технологического процесса сопровождается разработкой мероприятий по безопасности и экологичности технического объекта, а так же экономическими расчетами, отражающими правильность выбора вариантов технологических решений.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| Введение, цель работы..... | 6 |
| 1 Описание исходных данных..... | 7 |
| 1.1 Описание служебного назначения и условий работы детали | 7 |
| 1.2 Описание технологичности детали..... | 7 |
| 1.3 Систематизация поверхностей детали..... | 9 |
| 1.4 Задачи работы..... | 10 |
| 2 Технологическая часть работы..... | 11 |
| 2.1 Выбор стратегии разработки техпроцесса..... | 11 |
| 2.2 Обоснование выбора метода получения заготовки..... | 12 |
| 2.3 Выбор методов обработки поверхностей..... | 15 |
| 2.4 Определение припусков на обработку..... | 16 |
| 2.5 Проектирование заготовки..... | 20 |
| 2.6 Разработка технологического маршрута..... | 21 |
| 2.7 Разработка плана изготовления..... | 22 |
| 2.8 Выбор средств технологического оснащения..... | 23 |
| 2.9 Проектирование технологических операций..... | 26 |
| 3 Проектирование приспособления и режущего инструмента..... | 32 |
| 3.1 Проектирование приспособления | 32 |
| 3.2 Проектирование режущего инструмента..... | 37 |
| 4 Безопасность и экологичность технического объекта..... | 39 |
| 4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта..... | 39 |
| 4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков..... | 40 |
| 4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков..... | 45 |
| 4.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта..... | 49 |
| 4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта..... | 53 |

| | |
|--|----|
| 4.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»..... | 56 |
| 5 Экономическая эффективность работы..... | 58 |
| Заключение..... | 62 |
| Список использованных источников..... | 63 |
| Приложения..... | 66 |

ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Конвейеры нашли самое широкое применение в самых различных отраслях хозяйства. Они применяются от сельского хозяйства до тяжелого машиностроения для транспортировки самых различных грузов. Большинство конвейеров на данный момент являются типовыми и строятся на базе типовых секций, что с одной стороны облегчает их проектирование, но с другой накладывает жесткие требования по качеству их изготовления, т.к. от области их применения во многом зависят условия эксплуатации. В связи с этим все детали входящие в конструкцию конвейера должны обладать хорошими характеристиками по качеству их изготовления.

Исходя из этого, целью данной выпускной квалификационной работы является проектирование такого технологического процесса изготовления шестерни привода пластинчатого конвейера, который обеспечивал бы выпуск деталей необходимого качества, в заданном количестве и с наименьшей себестоимостью изготовления.

1 Описание исходных данных

1.1 Описание служебного назначения и условий работы детали

Рассматриваемая шестерня является деталью привода пластиначатого конвейера и служит для соединения и передачи крутящего момента между различными валами привода.

В процессе работы шестерня воспринимает крутящий момент от ведущего вала привода боковыми поверхностями зубчатого венца и передает ведомым валам посредством боковых поверхностей наружных или внутренних шлицев.

Шестерня устанавливается в корпусе на шарикоподшипники, посаженные на шейку, что является типовой схемой установки деталей данного типа в приводах. Работа шестерни, как и всего привода, может происходить в разнообразных условиях от открытых пространств до закрытых помещений, следовательно, возможно попадание различных жидкостей, сыпучих материалов и посторонних предметов, поэтому условия работы можно охарактеризовать как умеренно агрессивные.

1.2 Описание технологичности детали

Технологичность оценивается согласно анализа заготовки, общей конструкции детали, базирования и закрепления, обрабатываемых поверхностей [1]. Технологичность заготовки оценивается по ее материалу, форме и возможным методам получения.

Материал детали сталь 18ХГТ ГОСТ 4543-71. Химический состав и основные физико-механические свойства представлены в таблицах 1.1, 1.2 [2].

Таблица 1.1 - Химический состав стали 18ХГТ

| Эле- мент | C | S | P | Cu | Cr | Mn | Ni | Si | Ti |
|-------------------|---------------|----------|-------|-----|-------------|-------------|-----|---------------|---------------|
| | | Не более | | | | | | | |
| Содерж- ание % | 0,17- 0,23 | 0,035 | 0,035 | 0,3 | 1,0- 1,3 | 0,8- 1,1 | 0,3 | 0,17- 0,37 | 0,03- 0,09 |

Таблица 1.2 - Механические свойства стали 18ХГТ

| σ_{02} , МПа | σ_b , МПа | δ_5 , % | ψ , % | НВ |
|---------------------|------------------|----------------|------------|---------|
| 880 | 980 | 9 | 50 | 240-250 |

Коэффициенты обрабатываемости при обработке твердосплавным инструментом 0,8, быстрорежущим инструментом 0,7.

Заготовку шестерни с достаточно сложным внутренним контуром из данной стали и имеющихся габаритов рекомендуется получать штамповкой на горизонтально-ковочной машине (ГКМ) или штамповкой на кривошипном горячештамповочном прессе (КГШП).

Конфигурация шестерни достаточно сложная, характерная для деталей данного типа. Наружный контур имеет ступенчатую конфигурацию в виде ступеней убывающих от одного конца. Внутренний контур также имеет ступенчатую конфигурацию. Упростить конструкцию не представляется возможным, т.к. это недопустимо с точки зрения конструкции всего узла. В конструкции детали имеются унифицированные фаски и канавки. Все размеры соответствуют нормальному ряду чисел. В связи с этим механическая обработка как наружных так и внутренних цилиндрических поверхностей может быть выполнена на основе типовых методов обработки. При этом применяются универсальные средства технологического оснащения.

При базировании шестерни на механической обработке черновыми базами могут быть основные конструкторские базы, чистовыми базами могут быть как наружные, так и внутренние цилиндрические поверхности и торцы. При этом достаточно легко соблюсти принципы единства и постоянства баз, что позволит сократить припуски на обработку и увеличить ее точность.

С точки зрения обработки деталь также достаточно технологична.

Не смотря на то, что необходимо обработать все поверхности детали и их число велико, вся обработка может быть произведена на основе типовых техпроцессов, что существенно упрощает процесс проектирования операций механической обработки.

Точность и шероховатость поверхностей шестерни являются оптимальными с точки зрения условий ее работы. Изменение данных параметров неизбежно приведет к ухудшению эксплуатационных характеристик, как самой шестерни, так и всего привода.

В конструкции детали имеются канавки для выхода резца и шлифовального круга, что облегчает механическую обработку поверхностей с различными характеристиками.

Представленный анализ показал, что шестерня достаточно технологична по всем группам критериев.

1.3 Систематизация поверхностей детали

Для выявления наиболее ответственных поверхностей, обработке которых необходимо уделить особое внимание, нужно провести их систематизацию по назначению [1, 3].

Для этого выполняем эскиз шестерни, с пронумерованными поверхностями, представленный на рисунке 1.1.

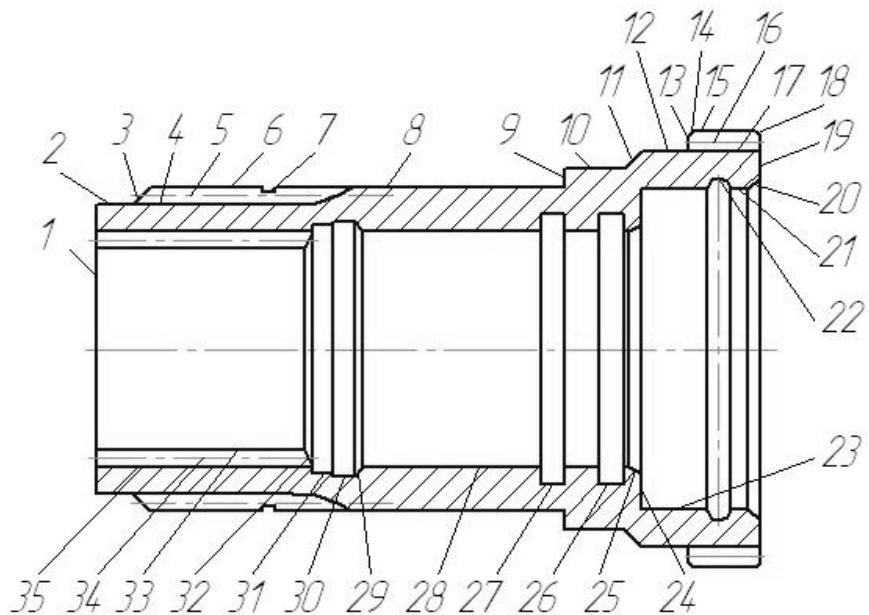


Рисунок 1.1 - Эскиз шестерни

Проводим классификацию поверхностей: основная конструкторская база - 8, 9; вспомогательная конструкторская база - 4, 12, 28, 33; исполнительные поверхности - 5, 16, 34; свободные поверхности - все остальные.

Из проведенной классификации видно, что наиболее ответственными

поверхностями являются поверхности 5, 8, 9, 16, 34. Обработке этих поверхностей нужно уделить особое внимание.

1.4 Задачи работы

Анализ исходных данных позволяет сформулировать задачи, которые необходимо решить для достижения поставленной цели:

- 1) выбрать оптимальный метод получения заготовки;
- 2) рассчитать припуски на обработку и спроектировать заготовку;
- 3) разработать оптимальный маршрут обработки;
- 4) разработать план изготовления шестерни и спроектировать технологические операции;
- 5) для снижения себестоимости ряда операций необходимо спроектировать специальные приспособления и инструмент;
- 6) рассмотреть вопросы безопасности и экологичности технического объекта;
- 7) рассчитать экономическую эффективность работы.

Решению данных задач посвящены последующие разделы выпускной квалификационной работы.

2 Технологическая часть работы

2.1 Выбор стратегии разработки техпроцесса

Стратегия разработки техпроцесса зависит, прежде всего, от типа производства, который на стадии предварительного проектирования определяется по годовой программе выпуска и массе детали. В нашем случае согласно данных [1] при годовой программе выпуска 5000 штук в год и массе шестерни 1,21 кг тип производства среднесерийный.

Выбираем стратегию разработки техпроцесса согласно данных [1, 4].

последовательный вид стратегии и групповую форму организации техпроцесса. Выпуск изделий производить периодически повторяющимися партиями.

При проектировании заготовки следует отдать предпочтение методам штамповки.

Для окончательного выбора метода обработки необходимо проанализировать коэффициенты удельных затрат.

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

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

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

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

Следует использовать следующие средства технологического оснащения: универсальное и оснащенное ЧПУ оборудование; универсальные, стандартные, универсально-сборные, в отдельных случаях специальные станочные приспособления; стандартные, в отдельных случаях специальные режущие инструменты; универсальные, в отдельных случаях модернизированные средства контроля.

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

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

2.2 Обоснование выбора метода получения заготовки

В качестве заготовки для шестерни рекомендуется применять штамповку на ГКМ или штамповку на КГШП.

Выбора метода получения заготовки производится путем сравнения общих затрат на получение детали для каждого метода, согласно методики [5].

Расчет выполняем по формуле:

$$C_i = C_{3i} + C_{OBR,i}, \quad (2.1)$$

где C_i - общие затраты;

C_{3i} - затраты на получение заготовки;

$C_{OBR,i}$ - затраты на обработку;

i - номер варианта получения заготовки.

$i = 1$ для штамповки на ГКМ, $i = 2$ для штамповки на КГШП.

Стоимость заготовки определим по формулам:

$$C_{3i} = \frac{P_{M,i} \cdot M_{3i}}{1000} K_{CP} \cdot K_T \cdot K_{CL}, \quad (2.2)$$

$$C_{3i} = \frac{P_{M,i} \cdot M_{di}}{1000 \cdot K_{IM}} K_{CP} \cdot K_T \cdot K_{CL}, \quad (2.3)$$

где P_{Mi} – цена за тонну металла;

M_{3i} – масса заготовки;

M_{di} – масса детали, кг;

K_{IM} – коэффициент использования металла;

K_{CP} – коэффициент, учитывающий способ получения заготовки;

K_T , K_{CL} – коэффициенты, учитывающие точность и сложность заготовки.

Масса детали определяется по формуле:

$$M_d = V \cdot \rho \quad (2.4)$$

где V – объем детали;

ρ – плотность материала.

$$M_d = \frac{\pi}{4} (0,055^2 \cdot 0,079 + 0,061^2 \cdot 0,010 + 0,067^2 \cdot 0,011 + 0,075^2 \cdot 0,012 - 0,036^2 \cdot 0,03365 - 0,040^2 \cdot 0,0555 - 0,055^2 \cdot 0,02) \cdot 7850 = 1,21 \text{ кг.}$$

Масса заготовки определяется по формуле:

$$M_{3i} = M_d \cdot K_p, \quad (2.5)$$

где M_d – масса детали;

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

$M_{3i} = 1,21 \cdot 1,5 = 1,82$ кг – масса заготовки полученной на ГКМ.

$M_{32} = 1,21 \cdot 1,6 = 1,94$ кг – масса заготовки полученной на КГШП.

Коэффициент использования материала:

$$K_{HM,i} = \frac{M_o}{M_3} \quad (2.6)$$

$$K_{HM1} = \frac{1,21}{1,82} = 0,66.$$

$$K_{HM2} = \frac{1,21}{1,94} = 0,62.$$

Тогда по формуле 2.2 определяем стоимость заготовки.

$$C_{31} = \frac{38000 \cdot 1,82 \cdot 1,2 \cdot 0,9 \cdot 1}{1000} = 74,69 \text{ руб.}$$

$$C_{32} = \frac{38000 \cdot 1,94 \cdot 1,3 \cdot 0,9 \cdot 1}{1000} = 86,25 \text{ руб.}$$

Определяем затраты на механическую обработку по формуле:

$$C_{OBR,i} = \frac{C_{yд} \left(\frac{1}{K_{HM,i}} - 1 \right) M_{д}}{K_o} \quad (2.7)$$

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

K_o – коэффициент обрабатываемости материала.

$$C_{OBR1} = \frac{45 \cdot \left(\frac{1}{0,66} - 1 \right) \cdot 1,82}{0,8} = 52,74 \text{ руб.}$$

$$C_{OBR2} = \frac{45 \cdot \left(\frac{1}{0,62} - 1 \right) \cdot 1,82}{0,8} = 62,75 \text{ руб.}$$

Тогда по формуле 2.1 суммарные затраты для каждого метода равны:

$$C_1 = 74,69 + 62,75 = 137,44 \text{ руб.}$$

$$C_2 = 86,25 + 62,75 = 149 \text{ руб.}$$

Из проведенных расчетов видно, что в данном случае наиболее выгодным методом получения заготовки является штамповка на ГКМ.

2.3 Выбор методов обработки поверхностей

Как отмечалось ранее для обработки шестерни достаточно использовать типовые методы обработки поверхностей. Однако, для достижения заданных квалитетов точности и шероховатости поверхностей всегда есть несколько вариантов. Для выбора одного варианта воспользуемся методикой [6]. Полученные результаты представим в виде таблицы 2.1.

Таблица 2.1 - Методы обработки поверхностей

| № поверхнос- ти | Вид поверхности | Квалитет точности | Шерохова- тость | Последовательность обработки |
|-----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|---------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | П | 12 | 12,5 | Т-Тч-ТО |
| 2, 10 | Ц | 12 | 12,5 | Т-ТО |
| 3, 11 | К | 12 | 12,5 | Т-ТО |
| 4 | Ц | 7 | 3,2 | Ф-ТО-Ш |
| 5 | П | 9 | 3,2 | Ф-ТО-Ш |
| 6 | Ц | 11 | 12,5 | Т-Тч-ТО |
| 7 | Ц | 12 | 12,5 | Тч-ТО |
| 8 | Ц | 6 | 1,25 | Т-Тч-ТО-Ш-Шч |
| 9 | П | 12 | 2,5 | Т-Тч-ТО-Ш-Шч |
| 12 | Ц | 11 | 0,4 | Т-Тч-ТО-Ш-Шч-ПО |
| 13, 18 | П | 12 | 12,5 | Т-ТО |
| 14 | К | 12 | 12,5 | Тч-ТО |
| 15 | Ц | 10 | 6,3 | Т-Тч-ТО |
| 16 | Э | 9 ст.т. | 2,5 | Ф-ШВ-ТО |
| 17 | Ц | 17 | 1,25 | Т-ТО |

Продолжение таблицы 2.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------------|----|----|------|-----------|
| 19 | П | 12 | 12,5 | Т-Тч-ТО-Ш |
| 20, 25, 29, 32 | КВ | 12 | 12,5 | Р-ТО |
| 21, 23, 26, 27, 30, 31 | ЦВ | 12 | 12,5 | Р-ТО |
| 28 | ЦВ | 9 | 3,2 | Р-ТО-Ш |
| 33 | ЦВ | 7 | 6,3 | С-Р-ТО |
| 34 | ПВ | 9 | 3,2 | ПР-ТО |
| 35 | ЦВ | 12 | 12,5 | ПР-ТО |

Обозначения: П – плоская поверхность; Ц – цилиндрическая поверхность; ЦВ – цилиндрическая внутренняя поверхность; К – коническая поверхность; КВ – коническая внутренняя поверхность; Э – эвольвента; Т – точение черновое; Тч – точение чистовое; Ш – шлифование; Шч – шлифование чистовое; Ф – фрезерование черновое; Фч - фрезерование чистовое; С – сверление; Р – растачивание; ПР – протягивание; ПО – полирование.

2.4 Определение припусков на обработку

Припуски на обработку самой точной поверхности $\varnothing 55k6(^{+0,021}_{+0,002})$, как указывалось ранее, определяем расчетно-аналитическим методом [7].

Минимальное значение припуска равно:

$$Z_{i \min} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \quad (2.8)$$

где i - индекс данного перехода;

$i-1$ - индекс предыдущего перехода;

$i+1$ - индекс последующего перехода;

a - суммарная величина дефектного слоя;

Δ - суммарное отклонение формы и расположения поверхностей;

ε - погрешность установки заготовки в приспособлении.

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,3 + \sqrt{0,3^2 + 0,025^2} = 0,601$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,075^2 + 0,025^2} = 0,438$$

$$Z_{3\min} = a_{TO} + \sqrt{\Delta_{TO}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,25 + \sqrt{0,03^2 + 0,012^2} = 0,282$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,15 + \sqrt{0,012^2 + 0,012^2} = 0,167$$

Максимальное значение припуска равно:

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5 \cdot (Td_{i-1} + Td_i) \quad (2.9)$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5 \cdot (Td_0 + Td_1) = 0,601 + 0,5 \cdot (2 + 0,30) = 1,351$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5 \cdot (Td_1 + Td_2) = 0,438 + 0,5 \cdot (0,30 + 0,12) = 0,648$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5 \cdot (Td_{TO} + Td_3) = 0,282 + 0,5 \cdot (0,160 + 0,046) = 0,385$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5 \cdot (Td_3 + Td_4) = 0,167 + 0,5 \cdot (0,046 + 0,019) = 0,200$$

Среднее значение припуска равно:

$$Z_{cpi} = \frac{Z_{1\max} + Z_{1\min}}{2} \quad (2.10)$$

$$Z_{cp1} = \frac{Z_{1\max} + Z_{1\min}}{2} = \frac{1,351 + 0,601}{2} = 0,976$$

$$Z_{cp2} = \frac{Z_{2\max} + Z_{2\min}}{2} = \frac{0,648 + 0,438}{2} = 0,543$$

$$Z_{cp3} = \frac{Z_{3\max} + Z_{3\min}}{2} = \frac{0,385 + 0,282}{2} = 0,334$$

$$Z_{cp4} = \frac{Z_{4\max} + Z_{4\min}}{2} = \frac{0,200 + 0,167}{2} = 0,184$$

Минимальный и максимальный диаметры для каждого перехода рассчитываются:

$$d_{(i-1)\min} = d_{i\max} + 2 \cdot Z_{i\min} \quad (2.11)$$

$$d_{(i-1)\max} = d_{(i-1)\min} + Td_{i-1} \quad (2.12)$$

Расчет начинаем с последнего перехода, для которого на чертеже детали

задан размер.

Для перехода термообработки, следует учесть изменение минимального диаметра:

$$d_{(TO-1)\min} = d_{(i-1)\min} \cdot 0,999 \quad (2.13)$$

Тогда в результате расчетов по формулам 2.11, 2.12, 2.13 получим:

$$d_{4\min} = 55,002$$

$$d_{4\max} = 55,021$$

$$d_{3\min} = d_{4\min} + 2 \cdot Z_{4\min} = 55,002 + 2 \cdot 0,167 = 55,336$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_3 = 55,336 + 0,046 = 55,382$$

$$d_{TO\min} = d_{3\min} + 2 \cdot Z_{3\min} = 55,336 + 2 \cdot 0,282 = 55,9$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 55,9 + 0,160 = 56,06$$

$$d_{2\min} = d_{TO\min} \cdot 0,999 = 56,06 \cdot 0,999 = 56,004$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 56,004 + 0,12 = 56,124$$

$$d_{1\min} = d_{2\min} + 2 \cdot Z_{2\min} = 56,004 + 2 \cdot 0,438 = 56,88$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 56,88 + 0,30 = 57,18$$

$$d_{0\min} = d_{1\min} + 2 \cdot Z_{1\min} = 56,88 + 2 \cdot 0,601 = 58,082$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 58,082 + 1,2 = 59,282$$

Средние диаметры определяем по формуле:

$$d_{icp} = \frac{d_{i\max} + d_{i\min}}{2} \quad (2.14)$$

$$d_{cp0} = \frac{d_{0\max} + d_{0\min}}{2} = \frac{59,282 + 58,082}{2} = 58,682$$

$$d_{cp1} = \frac{d_{1\max} + d_{1\min}}{2} = \frac{57,18 + 56,88}{2} = 57,03$$

$$d_{cp2} = \frac{d_{2\max} + d_{2\min}}{2} = \frac{56,016 + 56,004}{2} = 56,01$$

$$d_{cpTO} = \frac{d_{TO\max} + d_{TO\min}}{2} = \frac{56,06 + 55,9}{2} = 55,98$$

$$d_{cp3} = \frac{d_{3\max} + d_{3\min}}{2} = \frac{55,382 + 55,336}{2} = 55,359$$

$$d_{cp4} = \frac{d_{4\max} + d_{4\min}}{2} = \frac{55,021 + 55,002}{2} = 55,012$$

По результатам расчетов для наглядности составляем схему расположения припусков и допусков.

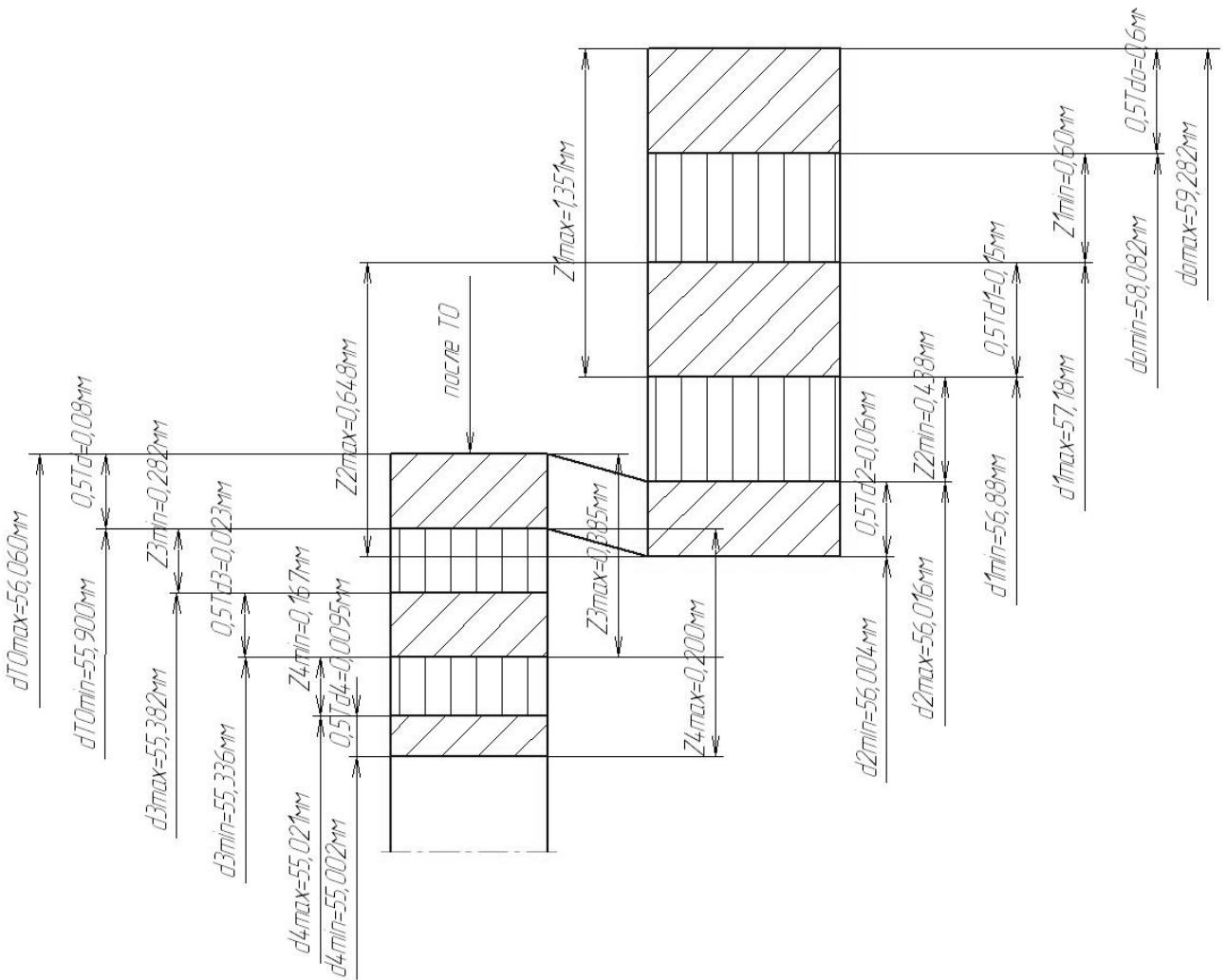


Рисунок 2.1 - Схема расположения припусков и допусков

Припуски на обработку остальных поверхностей определяем таблично-аналитическим методом [8, 9]. Для этого по справочным данным определяем минимальный припуск $Z_{i\min}$, затем рассчитываем максимальный припуск $Z_{i\max}$ по формуле:

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5 \cdot Td_{i-1} + Td_i \quad (2.18)$$

Для удобства дальнейшего использования полученных результатов представляем их в виде таблицы 2.2.

Таблица 2.2 - Припуски на обработку поверхностей шестерни

| № пов. | Наименование перехода | Z_{min} | Z_{max} | Z_{cp} |
|--------|-----------------------|-----------|-----------|----------|
| 1 | Точение черновое | 1,9 | 3,175 | 2,538 |
| | Точение чистовое | 1,1 | 1,345 | 1,223 |
| 4 | Шлифование | 0,2 | 0,375 | 0,288 |
| 5 | Шлифование | 0,2 | 0,239 | 0,22 |
| 6 | Точение черновое | 2,0 | 3,15 | 2,57 |
| | Точение чистовое | 0,3 | 0,51 | 0,405 |
| 9 | Точение черновое | 1,6 | 2,525 | 2,063 |
| | Точение чистовое | 0,9 | 1,075 | 0,988 |
| | Шлифование | 0,4 | 0,47 | 0,435 |
| | Шлифование чистовое | 0,3 | 0,339 | 0,320 |
| 12 | Точение черновое | 2,0 | 3,15 | 2,57 |
| | Точение чистовое | 0,3 | 0,51 | 0,405 |
| | Шлифование | 0,25 | 0,37 | 0,31 |
| | Шлифование чистовое | 0,06 | 0,18 | 0,12 |
| | Полирование | 0,005 | 0,128 | 0,067 |
| 15 | Точение черновое | 2,0 | 3,15 | 2,575 |
| | Точение чистовое | 0,3 | 0,51 | 0,405 |
| 16 | Шевингование | 0,1 | 0,3 | 0,2 |
| 19 | Точение черновое | 1,9 | 3,175 | 2,538 |
| | Точение чистовое | 1,1 | 1,345 | 1,223 |
| | Шлифование | 0,4 | 0,597 | 0,499 |
| 28 | Растачивание | 1,0 | 1,175 | 1,088 |
| | Шлифование | 0,4 | 0,47 | 0,435 |
| 33 | Растачивание | 1,0 | 1,175 | 1,088 |

2.5 Проектирование заготовки

По результатам расчета припусков можно спроектировать заготовку

шестерни. Для этого необходимы справочные данные [8].

Заготовка получается путем прибавления к контуру детали ранее рассчитанных припусков и напусков.

Исходные параметры для проектирования заготовки: класс точности - Т4; группа стали - М2; степень сложности - С2; исходный индекс - И11; штамповочные уклоны внешние - 5°, внутренние - 7°; радиусы закруглений 2,5 мм; допустимые значения остаточного облоя не более 0,8 мм; смещение по поверхности разъема штампа 0,6 мм; концентричность отверстий не более 1,0 мм; плоскостность не более 1,2 мм.

Чертеж заготовки представлен в графической части работы.

2.6 Разработка технологического маршрута

Технологический маршрут формируем с учетом рекомендаций [6], на базе типовых технологических маршрутов обработки для деталей типа шестерня [10, 11]. При этом следует четко выдерживать все методы обработки поверхностей согласно таблицы 2.1. Для простоты восприятия технологический маршрут обработки, оформим в виде таблицы 2.3.

Таблица 2.3 - Технологический маршрут изготовления шестерни

| № | Метод обработки | Обрабатываемые поверхности | № опер. | Наименование операции |
|---|-----------------|---|---------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Точение | 1, 2, 3, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 19 | 005 | Токарная |
| 2 | Сверление | 33 | 010 | Сверлильная |
| 3 | Точение | 1, 6, 7, 8, 9, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33 | 015 | Токарная |
| 4 | Протягивание | 34, 35 | 020 | Протяжная |

Продолжение таблицы 2.3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|--------------|--------|-----|--------------------|
| 5 | Фрезерование | 4, 5 | 025 | Зубофрезерная |
| 6 | Фрезерование | 16, 17 | 030 | Зубофрезерная |
| 7 | Шевингование | 16 | 035 | Шевинговальная |
| 8 | Фрезерование | | 040 | Зубофасочная |
| 9 | ТО | все | 045 | Термическая |
| 10 | Шлифование | 19, 28 | 050 | Внутришлифовальная |
| 11 | Шлифование | 8, 9 | 055 | Шлифовальная |
| 12 | Шлифование | 12 | 060 | Шлифовальная |
| 13 | Шлифование | 8, 9 | 065 | Шлифовальная |
| 14 | Шлифование | 12 | 070 | Шлифовальная |
| 15 | Шлифование | 5, 4 | 075 | Шлицешлифовальная |
| 16 | Полирование | 12 | 080 | Полировальная |
| 17 | Мойка | все | 085 | Моечная |
| 18 | Контроль | все | 090 | Контрольная |

2.7 Разработка плана изготовления

План изготовления формируется на основе разработанного маршрута обработки согласно рекомендаций [6]. При этом для каждой операции указывается оборудование, операционные размеры, схемы базирования и технологических требований.

Выбору оборудования, определению технологических требований и расчету операционных размеров посвящены следующие пункты данной работы.

При разработке схем базирования следует придерживаться рекомендаций [1, 10, 11], а также неукоснительно соблюдать правила единства и постоянства баз. Это позволит минимизировать припуски обработки и получить необходимую точность, что крайне важно для детали, обладающей таким набором точных поверхностей.

План изготовления представлен на листах графической части работы.

2.8 Выбор средств технологического оснащения

С целью обеспечения выпуска деталей заданного качества с минимальными затратами необходимо выбрать для каждой операции технологического процесса соответствующие оборудование, режущий инструмент и средства контроля.

Для этого необходимо воспользоваться рекомендациями и справочными данными [12, 13, 14, 15, 16].

Результаты выбора оформим в виде таблицы 2.4.

Таблица 2.4 - Выбор средств технологического оснащения

| № оп. | Наименова- ние | СТО | | | |
|----------|-------------------|--|--|--|---|
| | | Оборудова- ние | Оснастка | | |
| | | | Режущий инструмент | Меритель- ный инструмент | Приспо- собления |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 005 | Токарная | Токарный с ЧПУ СКЕ 6136 | Резец контурный ГОСТ18879- 73 | Штангенцир- куль ШЦ-1 ГОСТ166-89 | Патрон трехкулач- ковый ГОСТ 24351-80 |
| 010 | Сверлильная | Вертикально- сверлильный ZY5050A | Сверло спиральное Ø35 ГОСТ 10903-77 | Нутромер HM-50 ГОСТ10-88 | Оправка цанговая специаль- ная |
| 015 | Токарная | Токарный с ЧПУ СКЕ 6136 | Резец контурный ГОСТ 18879- | Микрометр МК-80 ГОСТ6507- | Патрон трехкулач- ковый |

Продолжение таблицы 2.4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----|---------------------|----------------------------------|--|------------------------------------|---|
| | | | 73, резец канавочный ГОСТ 18879- 73, резец расточной ГОСТ 18879- 73, резец расточной канавочный ГОСТ 18879- 73 | 90, нутромер НМ-50 ГОСТ10-88 | ГОСТ2435 1-80 |
| 020 | Протяжная | Протяжной 7A523 | Протяжка шлицевая ГОСТ25969- 83 | Шаблон | Опора шаровая специальн- ая |
| 025 | Зубофрезер- ная | Зубофрезер- ный Y3120J | Фреза червячная $\varnothing 100$ ГОСТ9324-80 | Шаблон | Оправка цанговая специальн- ая |
| 030 | Зубофрезер- ная | Зубофрезер- ный Y3120J | Фреза червячная $\varnothing 100$ ГОСТ9324-80 | Шаблон | Патрон цанговый ГОСТ2877- 80 |
| 035 | Шевинго- вальная | Шевинго- вальный SSP250CNC | Шевер дисковый $\varnothing 180$ ГОСТ8570-75 | Шаблон | Патрон цанговый ГОСТ2877- 80 |

Продолжение таблицы 2.4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----|------------------------------|--|--|---|---------------------------------------|
| 040 | Зубофасоч- ная | Зубофасоч- ный ВС-500 | Фреза специальная | Шаблон | Патрон цанговый ГОСТ2877- 80 |
| 045 | Термическая | | | | |
| 050 | Внутри- шлифоваль- ная | Внутри- шлифоваль- ный JAG- 3JAW-AAL1 | Круг шлифоваль- ный 6- 50x13x32 24A80K7V30 м/с1А | Скоба рычажная СР ГОСТ11098- 75 | Патрон цанговый ГОСТ2877- 80 |
| 055 | Шлифоваль- ная | Торцекругло- шлифоваль- ный JAG- CG2535 | Круг шлифоваль- ный 3- 400x50x150 24A46M7V5 35м/с1А | Скоба рычажная СР ГОСТ11098- 75 | Оправка клино- плунжер- ная |
| 060 | Шлифоваль- ная | Кругло- шлифоваль- ный JAG- CG2550 | Круг шлифоваль- ный 1- 400x50x150 24A46M7V5 35м/с1А | Скоба рычажная СР ГОСТ11098- 75 | Оправка клино- плунжер- ная |
| 065 | Шлифоваль- ная | Торцекругло- шлифоваль- ный JAG- CG2535 | Круг шлифоваль- ный 3- 400x50x150 23A46M6V5 | Скоба рычажная СР ГОСТ11098- 75 | Оправка клино- плунжер- ная |

Продолжение таблицы 2.4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----|-----------------------------|---|---|---|--|
| | | | 35м/с1А | | |
| 070 | Шлифоваль- ная | Кругло- шлифоваль- ный JAG- CG2550 | Круг шлифоваль- ный 1- 400x50x150 25A90M7V 35м/с1А | Скоба рычажная СР ГОСТ11098- 75 | Оправка клино- плунжер- ная |
| 075 | Шлице- шлифоваль- ная | Шлице- шлифоваль- ный YK7332A | Круг шлифоваль- ный 12 80x13x10 23A46MV8 35м/с1А | Шаблон | Оправка клино- плунжер- ная |
| 080 | Полироваль- ная | Полироваль- ный JAG-JIE- AAL | Диск фибровый ГОСТ8692-82 | Скоба рычажная СР ГОСТ11098- 75 | Патрон цанговый специальн- ый |
| 085 | Контрольная | | | | |
| 090 | Моечная | | | | |

2.9 Проектирование технологических операций

Для проектирования маршрутно-операционной технологии необходимо произвести расчет режимов резания. Как указывалось ранее расчет производится таблично-аналитическим методом [12]. Также для проведения расчетов понадобятся справочные данные [17, 18].

Расчет начинаем с определения глубины резания t , и подачи S .

Затем определяем скорость резания по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}, \quad (2.19)$$

где C_v – постоянный коэффициент;
 K_v – коэффициент, учитывающий материал заготовки, состояние поверхности и материал инструмента;
 T – период стойкости инструмента;
 m, x, y – показатели степени.

Определяем частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot d}. \quad (2.20)$$

Частоту вращения уточняем по паспорту станка и принимаем ближайшее значение.

После этого необходимо определить фактическую скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (2.21)$$

Затем определяем силы резания:

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.22)$$

где C_p – поправочный коэффициент;
 x, y, n – показатели степени;
 K_p – коэффициент учитывающий фактические условия резания;
 $P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,575^1 \cdot 0,5^{0.75} \cdot 123^{-0.15} \cdot 1,36 = 1189 \text{ Н.}$

Определяем мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}. \quad (2.23)$$

Для нормирования операции необходимо определить штучное время:

$$T_{um} = t_o + t_e + t_{obc} + t_n, \quad (2.24)$$

где t_o – основное время на операцию;

t_e – вспомогательное время на операцию;

t_{obc} – время обслуживания рабочего места;

t_n – время на личные потребности;

Основное время определяем по формуле:

$$t_o = \sum t_{oi}, \quad (2.25)$$

где t_{oi} – основное время на выполнение i -ого перехода обработки элементарной поверхности.

Определяется по формуле:

$$t_{oi} = \frac{(L + l) \cdot i}{S_m} = \frac{(L + l) \cdot i}{n \cdot S_m}, \quad (2.26)$$

где L – длина обрабатываемой поверхности;

l – длина недовода, перебега и врезания;

S_m – минутная подача;

i – число рабочих ходов.

Вспомогательное время определяем по формуле:

$$t_e = t_{e,y} + t_{m.e.}, \quad (2.27)$$

где $t_{\text{в.у.}}$ – время на установку и снятие заготовки;
 $t_{\text{м.в.}}$ – машинно-вспомогательное время.

Время на обслуживание рабочего места и личные потребности определяем по формуле

$$t_{\text{обс}} + t_{\text{н}} = 0,1 \cdot t_{\text{оп}}, \quad (2.28)$$

где $t_{\text{оп}}$ – оперативное время.

Определяем подготовительно-заключительное время по формуле:

$$T_{\text{н-з}} = T_{\text{н-з1}} + T_{\text{н-з2}} + T_{\text{н-з3}} \quad (2.29)$$

где $T_{\text{н-з1}}$ – затраты учитывающие время на получение наряда, чертежа, технологической документации на рабочем месте, в начале работы и на сдачу в конце смены;

$T_{\text{н-з2}}$ – затраты учитывающие дополнительные работы;

$T_{\text{н-з3}}$ – затраты на пробную обработку детали.

Определяем штучно-калькуляционное время по формуле:

$$T_{\text{шт.к.}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{н-з}}}{n_3}, \quad (2.30)$$

где n_3 – размер партии деталей.

Результаты расчета режимов резания и норм времени на операции сводим в таблицу 2.5.

Таблица 2.5 - Режимы резания и нормы времени

| Номер операции | Переход | Подача S_0 мм/об | Скорость резания V м/мин | Частота вращения шпинделья n об/мин | Основное время T_0 , мин | Штучное время $T_{ШТ}$ мин |
|----------------|----------------|--------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 005 | Установ А | 0,5 | 118 | 500 | 0,68 | 1,5 |
| | Установ Б | 0,5 | 118 | 500 | | |
| 010 | 1 | 0,2 | 25 | 250 | 1,96 | 2,7 |
| 015 | Установ А 1 | 0,32 | 109 | 630 | 2,46 | 3,38 |
| | 2 | 0,08 | 107 | 630 | | |
| | 3 | 0,19 | 83 | 630 | | |
| | Установ Б 1 | 0,32 | 148 | 630 | | |
| | 2 | 0,19 | 83 | 630 | | |
| | 3 | 0,08 | 85 | 630 | | |
| | 4 | 0,08 | 85 | 630 | | |
| | | | | | | |
| 020 | 1 | | 3,5 | | 0,45 | 1,37 |
| 025 | 1 | 2,5 | 40 | 250 | 0,47 | 1,39 |
| 030 | 1 | 2,5 | 45 | 250 | 0,39 | 1,31 |
| 035 | 1 | | | 600 | 0,43 | 1,35 |
| 040 | 1 | 1,2 мм/мин | 60 | 160 | 0,48 | 1,4 |
| 050 | 1 | 0,0017 | 25 | 200 | 1,32 | 2,24 |
| | 2 | 0,0028 | 25 | 200 | | |
| 055 | 1 | 0,005 | 26 | 200 | 1,46 | 2,38 |
| 060 | 1 | 3,7 | 25 | 200 | 2,3 | 3,14 |
| 065 | 1 | 0,003 | 26 | 200 | 1,37 | 2,29 |

Продолжение таблицы 2.5

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----|---|------------------|----|-----|------|------|
| 070 | 1 | 2,4 | 26 | 200 | 1,98 | 2,8 |
| 075 | 1 | 0,018 | 30 | 200 | 2,12 | 3,01 |
| 080 | 1 | 50 дв.х./мин. | 20 | 150 | 1,5 | 2,42 |
| 085 | | | | | 0,87 | 1,69 |

3 Проектирование приспособления и режущего инструмента

3.1 Проектирование приспособления

На операции 065 выполняется шлифование шейки и торца. Для реализации теоретической схемы базирования и обеспечения заданной точности обработки необходимо спроектировать специализированное приспособление ввиду отсутствия стандартного приспособления отвечающего всем предъявляемым требованиям. Проектирование проводим согласно методики и справочных данных [19, 20, 21].

Выполняем операционный эскиз (рисунок 3.1).

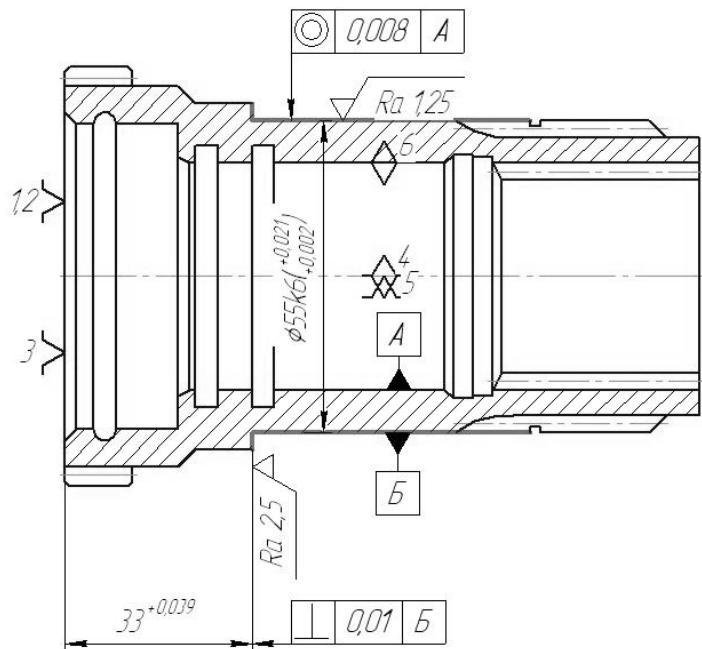


Рисунок 3.1 - Операционный эскиз

Определяем эффективную мощность резания:

$$N = C_N \cdot v_3^r \cdot s^y \cdot d^q \cdot b^z, \quad (3.1)$$

где d – диаметр шлифования;

v_3 – скорость заготовки;

b – ширина шлифования;

s – продольная подача;

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

В данном случае получаем:

$$N = 0,14 \cdot 35^{0,8} \cdot 0,003^{0,8} \cdot 55^{0,2} \cdot 36^{1,0} = 1,9 \text{ кВт.}$$

Определяем составляющие силы:

$$P_z = \frac{N \cdot 102 \cdot 60}{21} K_{pz} \quad (3.2)$$

$$P_y = \left[3 \dots 1,8 \right] P_z \cdot K_{py}, \quad (3.3)$$

где K_{pz} , K_{py} - коэффициенты, учитывающие фактические условия обработки.

В данном случае получаем:

$$P_z = \frac{1,9 \cdot 102 \cdot 60}{21} \cdot 1,25 = 693 \text{ Н.}$$

$$P_y = \left[3 \dots 1,8 \right] 693 \cdot 1,25 = 1600 \text{ Н.}$$

Для расчета усилия закрепления составим схему закрепления заготовки (рисунок 3.2).

Момент от составляющей силы резания P_z :

$$M_{pz} = P_z \cdot \frac{d_o}{2}, \quad (3.4)$$

где d_o – диаметр обрабатываемой шейки.

Для удержания заготовки необходимо создать уравновешивающий момент:

$$M_{3_{pz}} = \frac{3Wf \cdot d_3}{2} \quad (3.5)$$

где W - сила зажима;

f – коэффициент трения;

d_3 – зажимаемый диаметр заготовки.

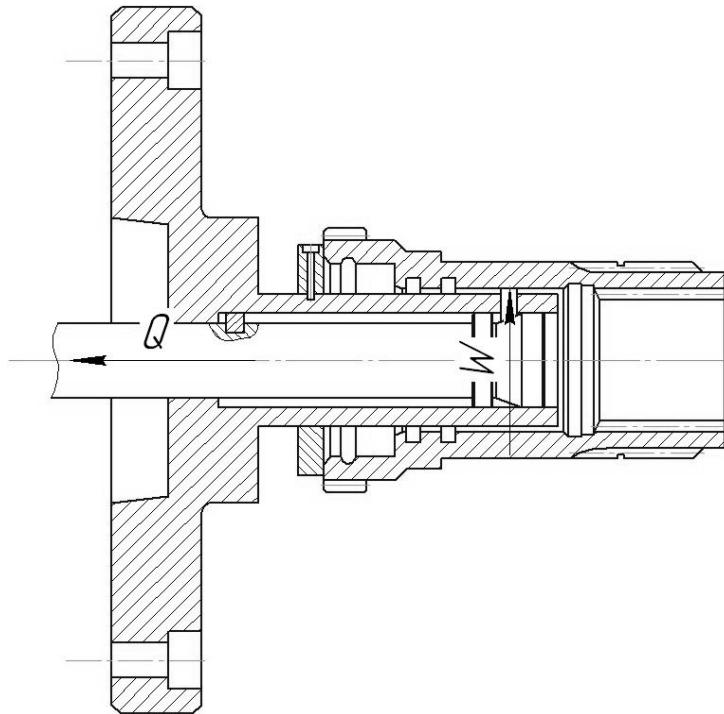


Рисунок 3.2 - Схема закрепления заготовки

Из условия равенства этих моментов определяем необходимое усилие зажима в клино-плунжерной оправке:

$$W = \frac{KP_z \cdot d_o}{3fd_3} \quad (3.6)$$

Коэффициента запаса равен:

$$K = K_o \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (3.7)$$

где K_o – гарантированный коэффициент запаса;

K_1 – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемой поверхности;

K_2 – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания в результате затупления режущего инструмента;

K_3 – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания;

K_4 – коэффициент, который характеризует постоянную силы, развивающейся зажимным механизмом;

K_5 – коэффициент, который характеризует эргономику немеханизированного зажимного механизма.

Получаем:

$$K_{PZ} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,07$$

Так как полученное значение меньше 2,5, то принимаем $K_{PZ}=2,5$.

Подставим в формулу 3.6 исходные данные, получим:

$$W = \frac{2,5 \cdot 693 \cdot 55}{3 \cdot 0,2 \cdot 40} = 3970 \text{ Н.}$$

Усилие, создаваемое силовым приводом, определяется:

$$Q = W \cdot \operatorname{tg} \alpha + \varphi, \quad (3.8)$$

где α – угол наклона рабочей поверхности плунжера;

φ – угол трения на наклонной поверхности плунжера.

Получаем:

$$Q = 3970 \cdot \operatorname{tg} 20 + 6,5 = 1980 \text{ Н.}$$

В качестве силового привода для создания исходного усилия будем использовать пневмоцилиндр. Давление воздуха в пневмоцилиндре принимается 0,4 МПа. Развиваемое усилие зависит от диаметра поршня, который рассчитывается по формуле:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}}, \quad (3.9)$$

где P – избыточное давление воздуха.

Получаем:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{1980}{0,4}} = 83,54 \text{ мм.}$$

Принимаем наибольшее стандартное значение диаметра поршня $D=90$ мм.

Точность установки в приспособлении определяется по формуле:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_B^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{PP}^2} \quad (3.10)$$

где ε_B – погрешность базирования;
 ε_3 - погрешность закрепления;
 ε_{PP} – погрешность элементов приспособления.

Разработаем схему погрешностей элементов приспособления (рисунок 3.3).

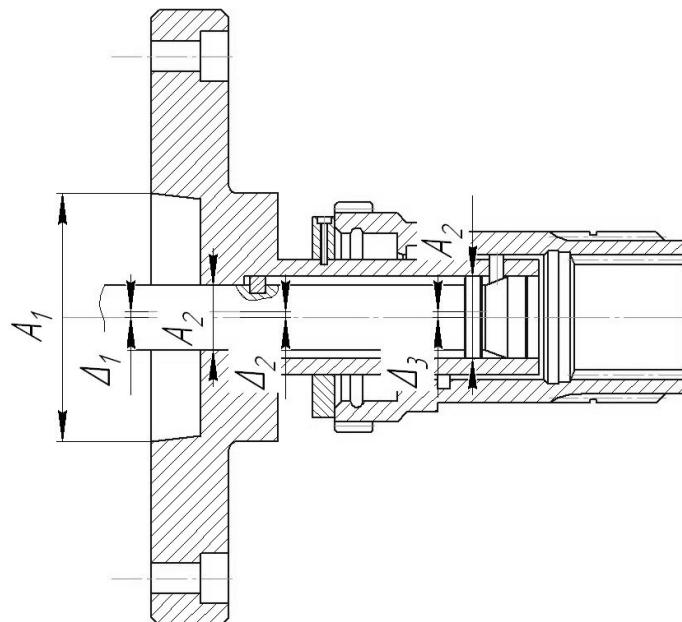


Рисунок 3.3 - Схема погрешностей элементов приспособления

$$\varepsilon_y = \frac{\omega \cdot A_\Delta}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\varepsilon_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2} \quad (3.11)$$

где Δ_1 – погрешность, возникающая вследствие неперпендикулярности выходному концу шпинделя;

Δ_2, Δ_3 - погрешности из-за колебания зазоров в сопряжениях;

Погрешность установки не должна превышать допуска на несоосность

обрабатываемой поверхности относительно установочной поверхности, в нашем случае $\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,008$ мм.

Подставив значения в формулу 3.11 получим:

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,010^2 + 0,010^2 + 0,006^2} = 0,007 \text{ мм.}$$

Спроектированная оправка удовлетворяет заданной точности.

Оправка содержит корпус 1, в котором находится плунжер 4, связанная с силовым приводом штоком 9, а также упор 10. К выходному концу шпинделя патрон крепится винтами 12.

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

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

Чертеж спроектированной клино-плунжерной оправки представлен на листе графической части работы.

3.2 Проектирование режущего инструмента

Спроектируем шлифовальный круг для 065 шлифовальной операции. При проектировании будем использовать методику и справочные данные [22, 23].

В качестве материала инструмента, согласно рекомендаций, примем белый электрокорунд 23А ГОСТ3647-80. Зернистость круга - 40мкм. Твердость круга – средняя С1. Номер структуры – 6, содержание режущих зерен 50%. связка круга – керамическая К. Состав связки: шпат полевой – 25%, латненская глина – 15%, каолин – 15%, тальк – 10%, борное стекло – 35%.

Проверочный расчет проведем на определение временного сопротивления при разрыве круга от воздействия центробежных сил:

$$\sigma_B = \gamma \cdot V_p^2 \cdot \frac{3+\mu}{4} \cdot \left(1 + \frac{1-\mu}{3+\mu} \cdot \frac{d^2}{D^2} \right) \quad (3.12)$$

где γ - плотность материала;

V_p – разрывная скорость круга;

μ – коэффициент поперечного сжатия;

d – диаметр посадочного отверстия круга;

D – наружный диаметр круга.

Подставляя значения в формулу 3.12 получим:

$$\sigma_B = 3950 \cdot 30 \cdot \frac{3+0,3}{4} \cdot \left(1 + \frac{1-0,3}{3+0,3} \cdot \frac{150^2}{400^2} \right) = 3,0 \text{ МПа.}$$

Полученное значение не превышает максимально допустимого значения $\sigma_B = 15$ МПа для выбранной характеристики круга.

Для снижения температуры резания при шлифовании сделаем рабочую поверхность прерывистой.

Температура при прерывистом шлифовании зависит от времени контакта τ_K круга с изделием и времени перерыва контакта τ_n . Чем больше τ_K , тем сильнее нагревается контактная поверхность, чем больше τ_n , тем сильнее она охлаждается.

Следовательно, с точки зрения максимального снижения температуры шлифования, мы должны были стремиться максимально уменьшить длину режущих выступов прерывистого круга и максимально увеличить ширину пазов. Однако увеличение ширины и количества пазов на рабочей поверхности снижает ее фактическую площадь, что может отрицательно сказаться на производительности, а также содействовать интенсификации износа круга. Поэтому, по рекомендациям, высказанным в [23], принимаем 24 паза шириной 10 мм под углом 45° относительно плоскости шлифования.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

| № п/п | Технологиче- ский процесс | Технолог- ическая операция, вид выполняе- мых работ | Наименова- ние должности работника, выполняю- щего техноло- гич- еский процесс, операцию | Оборудование, устройство, приспособле- ние | Материалы, вещества |
|----------|------------------------------|---|--|---|------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Точение | Токарная операция | Оператор станков с ЧПУ | Токарный с ЧПУ СКЕ 6136 | Сталь 18ХГТ, СОЖ |
| 2 | Сверление | Сверлиль- ная операция | Сверлов- щик | Вертикально- сверлильный ZY5050A | Сталь 18ХГТ, СОЖ |
| 3 | Протягива- ние | Протяж- ная операция | Протяжник | Протяжной 7А523 | Сталь 18ХГТ, СОЖ |
| 4 | Зубонареза- ние | Зубофрез- ерная операция | Зуборезчик | Зубофрезер- ный Y3120J | Сталь 18ХГТ, СОЖ |
| 5 | Шлифование | Шлифо- вальная | Шлифов- щик | Внутри- шлифовальный JAG-3JAW- | Сталь 18ХГТ, СОЖ |

Продолжение таблицы 4.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|----------|---|--|---|
| | | операция | | AAL1 Торцевкругло- шлифовальный JAG-CG2535 Кругло- шлифовальный JAG-CG2550 | |

4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

| № п/п | Производственно- технологическая и/или эксплуатационно- технологическая операция, вид выполняемых работ | Опасный и /или вредный производственный фактор | Источник опасного и / или вредного производственного фактора |
|----------|---|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Токарная операция | Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; повышенная | Токарный с ЧПУ СКЕ 6136 |

Продолжение таблицы 4.2

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|-------------------------|--|-------------------------------------|
| | | <p>температура 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> | |
| 2 | Сверлильная операция | <p>Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; повышенная</p> | Вертикально- сверлильный ZY5050A |

Продолжение таблицы 4.2

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|--------------------|--|-----------------|
| | | <p>температура 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> | |
| 3 | Протяжная операция | <p>Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; повышенная</p> | Протяжной 7А523 |

Продолжение таблицы 4.2

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---------------------------|---|----------------------|
| | | <p>температура поверхностей оборудования, 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</p> | Зубофрезерный Y3120J |

Продолжение таблицы 4.2

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|-----------------------|---|---|
| | | <p>изделия, заготовки;</p> <p>повышенная температура поверхностей оборудования,</p> <p>материалов;</p> <p>повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;</p> <p>острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок,</p> <p>инструментов и оборудования;</p> <p>монотонность труда</p> | |
| 5 | Шлифовальная операция | <p>Движущиеся машины и механизмы;</p> <p>подвижные части производственного оборудования;</p> <p>передвигающиеся</p> | <p>Внутришлифовальный JAG-3JAW-AAL1</p> <p>Торцекругло-шлифовальный JAG-CG2535 Кругло-шлифовальный JAG-</p> |

Продолжение таблицы 4.2

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|--------|
| | | <p>изделия, заготовки; повышенная температура 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> | CG2550 |

4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

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

| № п/п | Опасный и / или вредный производственный фактор | Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора | Средства индивидуальной защиты работника |
|----------|--|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Движущиеся машины и механизмы | Проведение инструктажей и обучения по охране труда; контроль соблюдения техники безопасности; применение ограждений; применение знаков безопасности | Каска защитная |
| 2 | Подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки | Проведение инструктажей и обучения по охране труда; контроль соблюдения техники безопасности; применение ограждительных, предохранительных и | Спецодежда, спецобувь, очки защитные, каска защитная |

Продолжение таблицы 4.3

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|--|---|---|
| | | сигнализирующих устройств; применение дистанционного управления; применение знаков безопасности | |
| 3 | Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов | Проведение инструктажей и обучения по охране труда; контроль соблюдения техники безопасности; применение ограждительных устройств; применение знаков безопасности | Спецодежда, рукавицы комбинированные, перчатки с полимерным покрытием |
| 4 | Повышенный уровень шума на рабочем месте | Проведение инструктажей и обучения по охране труда; контроль соблюдения техники безопасности; контроль уровня шума; применение методов звукоизоляции и | Наушники, заглушки противошумные (беруши) |

Продолжение таблицы 4.3

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| | | звукопоглощения; применение дистанционного управление оборудованием | |
| 5 | Повышенный уровень вибрации | Проведение инструктажей и обучения по охране труда; контроль соблюдения техники безопасности; применение массивных фундаментов под оборудование; применение вибропоглащающих опор на оборудование | Спецобувь, виброгасящий коврик |
| 6 | Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека | Проведение инструктажей и обучения по охране труда; контроль соблюдения техники безопасности; применение систем защитного заземления и защитного отключения; | Резиновый диэлектрический коврик, деревянный трап, спецодежда, спецобувь |

Продолжение таблицы 4.3

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|--|---|--|
| | | применение знаков безопасности | |
| 7 | Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования | Проведение инструктажей и обучения по охране труда; контроль соблюдения техники безопасности; | Спецодежда, спецобувь, рукавицы комбинированные, перчатки с полимерным покрытием |
| 8 | Монотонность труда | Проведение инструктажей и обучения по охране труда; контроль соблюдения техники безопасности; соблюдение регламентированных перерывов | |

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

4.4.1 Идентификация опасных факторов пожара

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

| № п/п | Участок, подразделе- ние | Оборудован- ие | Класс пожара | Опасные факторы пожара | Сопутству- ющие проявления факторов пожара |
|----------|---|--|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Участок механичес- кой обработки | Токарный с ЧПУ СКЕ 6136 Вертикаль- но-сверлиль- ный ZY5050A Протяжной 7A523 Зубофрезер- ный Y3120J Внутришли- фовальный JAG-3JAW- AAL1 Торцевкругло- шлифоваль- ный JAG- CG2535 Круглошли- фовальный JAG-CG2550 | Пожары, связанные с воспламенени- ем и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (B) | Тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентра- ция токсичных продуктов горения и термическо- го разложения; пониженная концентра- ция кислорода; снижение видимости в дыму (задымлен- на | Образующие ся в процессе пожара осколки, части разрушив- шихся технологи- ческих установок,пр оизводст- венного и инженерно- техничес- кого оборудова- ния; вынос высокого электричес- кого напряжения |

Продолжение таблицы 4.4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ных пространст- венных зонах). | токопроводя- щие части технологи- ческих установок, оборудова- ния. |

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

Таблица 4.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

| | | | | | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------|--|---|---|
| Первичные средства пожаротушения | Мобильные средства пожаротушения | Стационарные установки | Средства пожарной автоматики | Пожарное оборудование | Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре | Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный) | Пожарные сигнализации, связь и оповещение |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Огнетушители, пожарные | Пожарные автомобили, пожарные | Системы автомата, пожаротушения | Автоматические пожарные шкафы | Пожарные пожарные | Самоспасатели, респираторы, пожарные | Ломы, багры, топоры, лопаты, пневматиче | Автоматическая пожарная сигнализация |

Продолжение таблицы 4.5

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------------------------------|---|--------------|---|--|--|--|--|
| щиты ящики с пес- ком | ные лестни- цы, пожар- ные автоци- стерны | тушен- ия | извеща- тели, техни- ческие средст- ва опове- щения и управ- ления эвакуа- цией | гидран- ты, пожар- ные краны; пожар- ные рукава | противога- зы, огнестой- кие накидки | ский и гидравличе- ский механизи- рованный инструмент для резки и перекусыва- ния | зация на базе извещат- елей и приемно- конт- роль- ного пожар- ного прибо- ра |

4.4.3 Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара

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

| Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта | Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий | Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты |
|---|---|--|
| 1 | 2 | 3 |
| Токарная операция, Токарный с ЧПУ СКЕ | Обучение персонала действиям в случае | Проведение противопожарных |

Продолжение таблицы 4.6

| 1 | 2 | 3 |
|--|---|--|
| 6136, Сверлильная операция, Вертикально-сверлильный ZY5050A, Протяжная операция Протяжной 7A523, Зубофрезерная операция, Зубофрезерный Y3120J, Шлифовальная операция, Внутришлифовальный JAG-3JAW-AAL1 Торцевкруглошлифовальный JAG-CG2535 Круглошлифовальный JAG-CG2550 | пожара, проведение инструктажей по пожарной безопасности, контроль за эксплуатацией и содержанием оборудования, применение автоматических устройств обнаружения, оповещения и тушения пожаров | инструктажей, запрет на курение и применение открытого огня в недозволенных местах, соблюдение мер противопожарной безопасности, применение средств пожаротушения, применение средств пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре |

4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

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

Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

| Наименование технического объекта, технологического процесса | Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортное средство и т.п. | Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду) | Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения) | Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.) |
|--|---|--|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Токарная операция | Токарный с ЧПУ СКЕ 6136 | Пары СОЖ | Механические примеси нефтепродукты, СОЖ | Стружка, ветошь |
| Сверлиль-ная операция | Вертикально-сверлильный ZY5050A | Пары СОЖ | Механические примеси, нефтепродукты, СОЖ | Стружка, ветошь |
| Протяж-ная | Протяжной 7A523 | Пары СОЖ | Механические примеси, | Стружка, ветошь |

Продолжение таблицы 4.7

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------|--|----------|--|-----------------|
| операция | | | нефтепродукты, СОЖ | |
| Зубофрезерная операция | Зубофрезерный Y3120J | Пары СОЖ | Механические примеси, нефтепродукты, СОЖ | Стружка, ветошь |
| Шлифовальная операция | Внутришлифовальный JAG-3JAW-AAL1 Торцевкруглошлифовальный JAG-CG2535 Круглошлифовальный JAG-CG2550 | Пары СОЖ | Механические примеси, нефтепродукты, СОЖ | Стружка, ветошь |

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

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

| | |
|--|--|
| Наименование технического объекта | Токарная операция, Сверлильная операция, Протяжная, Зубофрезерная операция, Шлифовальная операция |
| Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу | Применение электростатических фильтров |
| Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу | Применение песколовок, отстойников, механических фильтров, нефтеловушек, флотационных и сорбционных установок, контроль химического состава сточных вод, применение замкнутого водоснабжения предприятия |
| Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу | Переработка стружки, соблюдение правил хранения, периодичности вывоза отходов на утилизацию на перерабатывающие заводы и захоронение на полигоны. |

4.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса изготовления шестерни привода пластинчатого конвейера, перечислены технологические операции,

должности работников, оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы.

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

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

Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности. Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте.

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

5 Экономическая эффективность работы

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

В данном разделе осуществим расчеты, которые позволят экономически обоснованность внесенные изменения в ТП изготовления детали «Шестерня привода». Детальная информация, касающаяся этого технологического процесса, рассмотрена в предыдущих разделах, поэтому для выполнения поставленной цели представим краткую характеристику сравниваемых вариантов.

Базовый вариант.

Операция 065 – Шлифовальная. Для выполнения операции используется круглошлифовальный станок, модель 3М153. Закрепление детали обеспечивает оправка. Получение заданных размеров и требований обеспечивает шлифовальный круг 1-400x50x150 23A46M6V5.

Проектный вариант.

Операция 065 – Шлифовальная. Для выполнения операции используется торцевокруглошлифовальный станок, модель JAG-CG2535. Закрепление детали обеспечивает оправка с гидравлическим зажимом. Получение заданных размеров и требований обеспечивает шлифовальный круг с усовершенствованной конструкцией 3-400x50x150 23A46M6V5. Указанные изменения позволяют существенно сократить трудоемкость выполнения шлифовальной операции, а именно:

- штучное время с 4,15 мин. до 2,29 мин.;
- основное время с 2,98 мин. до 1,37 мин.

Учитывая описанные изменения необходимо экономически обосновать целесообразность предложенных изменений, которое проводят в несколько этапов:

Этап I. Расчет капитальных вложений в проектируемый вариант.

Этап II. Определение технологической себестоимости выполнения операции по сравниваемым вариантам.

Этап III. Определение полной себестоимости операции, также по сравниваемым вариантам.

Этап IV. Расчет экономической эффективности предложенных совершенствований.

Для выполнения первого этапа необходимо применить методику расчета капитальных вложений, подробное описание которой представлено в методических указаниях экономическому обоснованию инженерных решений [25]. Согласно этой методике величина капитальных вложений составит $K_{\text{вв.пр}} = 280636,27$ руб. Она учитывает стоимость нового оборудования, замену приспособления и инструмента, затраты на проектирования, эксплуатацию производственной площади и другие элементы, включенные в величину капитальных вложений.

Выполнение второго этапа обусловлено определением величины технологической себестоимости, которая учитывает расходы, связанные с выполнением самого технологического процесса и зависит от таких величин как: материал и метод получения заготовки, заработной платы основных рабочих, начисления на заработную плату и расходов на содержание и эксплуатацию оборудования. В связи с тем, что метод получения заготовки и ее материал по сравниваемым вариантам не изменились, поэтому расчет технологической себестоимости будем выполнять без этих затрат, т.к. они влияния на конечный результат расчетов не окажут. Сравнительная структура технологической себестоимости изготовления детали «Шестерня привода» по сравниваемым вариантам представлена на рисунке 5.1.

Используя указанные значения на рисунке 5.1, можно рассчитать значения полной себестоимости выполнения шлифовальной операции 065, которое предусмотрено выполнением третьего этапа. Согласно расчетам по представленной методике составления калькуляции себестоимости [25] по

базовому варианту полная себестоимость имеет величину 54,46 руб.; а по проектному варианту – 30,99 руб.

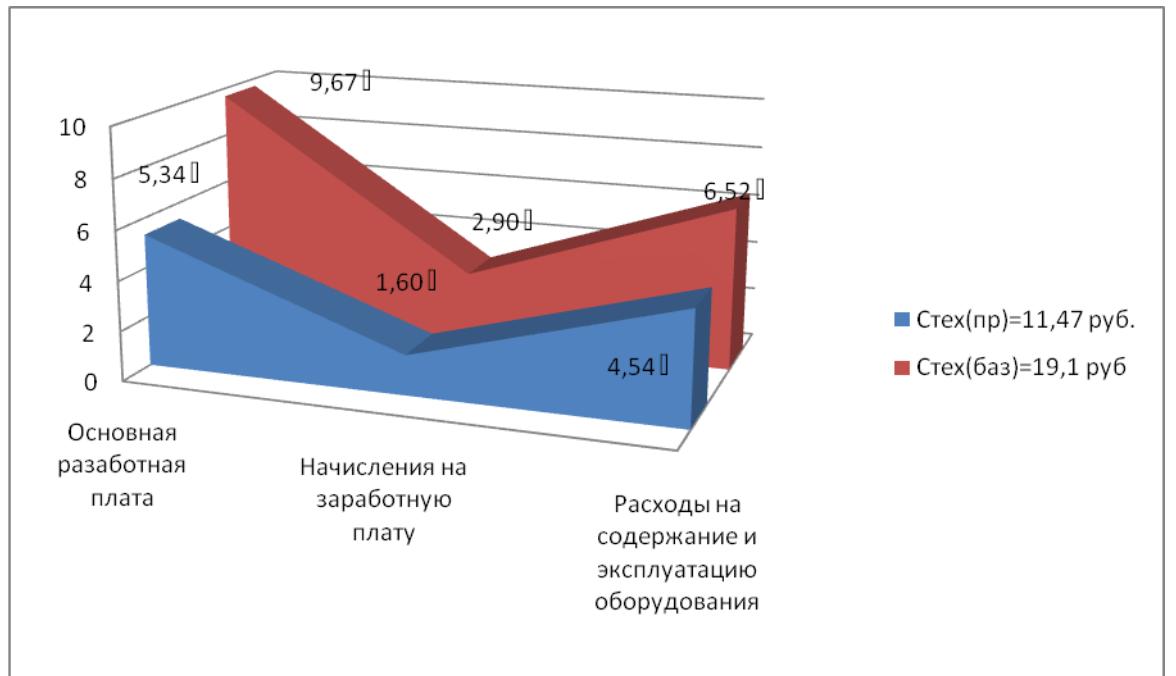


Рисунок 5.1 – Структура технологической себестоимости выполнения шлифовальной операции по двум вариантам

Последним этапом является проведение экономическое обоснование предложенных изменений. Для этого будем использовать методику расчета показателей экономической эффективности [25], согласно которой мы получаем следующие данные.

$$\Pi_{P.OЖ} = \mathcal{E}_{yT} = C_{пополз} - C_{поприп} \cdot \Pi_T \text{ руб.} \quad (5.1)$$

$$\Pi_{P.OЖ} = \mathcal{E}_{yT} = 54,46 - 30,99 \cdot 5000 = 117350 \text{ руб.}$$

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

$$H_{ПРИБ} = 117350 \cdot 0,2 = 23470 \text{ руб.}$$

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

$$\Pi_{P.ЧИСТ} = 117350 - 23470 = 93880 \text{ руб.}$$

$$T_{OK.PACq} = \frac{K_{BB,PP}}{\Pi_{P.ЧИСТ}} + 1, \text{ года} \quad (5.4)$$

$$T_{OK.PACq} = \frac{280636,27}{93880} + 1 = 3,99 = 4 \text{ года}$$

$$Д_{диск.общ} = \Pi_{P.ЧИСТ.диск}(T) = \sum_1^T \Pi_{P.ЧИСТ} \cdot \frac{1}{(1+E)^t}, \text{ руб.} \quad (5.5)$$

$$Д_{общ.диск} = \Pi_{P.ЧИСТ.диск} \cdot 93880 \cdot \left(\frac{1}{1+0,1} + \frac{1}{1+0,1} + \frac{1}{1+0,1} + \frac{1}{1+0,1} \right) = \\ = 332898,48 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_{ИИТ} = ЧДД = Д_{общ.диск} - K_{BB,PP} \text{ руб.} \quad (5.6)$$

$$\mathcal{E}_{ИИТ} = 332898,48 - 280636,27 = 52262,21 \text{ руб.}$$

$$ИД = \frac{Д_{общ.диск}}{K_{BB,PP}} \text{ руб.} \quad (5.7)$$

$$ИД = \frac{332898,48}{280636,27} = 1,19 \text{ руб.} \quad (5.7)$$

Предложенные изменения по операции 065 технологического процесса изготовления детали «Шестерня привода», можно считать экономически обоснованными, что доказано величиной интегрального экономического эффекта, который составил 52262,21 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Спроектированный технологический процесс изготовления шестерни привода пластинчатого конвейера позволил выполнить цель работы, а именно, обеспечение выпуска деталей необходимого качества, в заданном количестве и с наименьшей себестоимостью изготовления.

Данного результата удалось добиться благодаря тому, что проектирование было произведено на основе типовых технологических процессов, но при этом было спроектировано специальное станочное приспособление, позволяющее реализовать принятую на шлифовальных операциях схему базирования, а также шлифовальный круг, позволяющий одновременно обрабатывать шейку и торец шестерни при одновременном снижении температуры в зоне резания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. М: – ООО ИД «Альянс.», 2007 – 256 с.
- 2 Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с.
- 3 Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Н. Ковшов. - Изд. 2-е, испр. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2008. - 319 с.
- 4 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.
- 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 Растворгусев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие / Д. А. Растворгусев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с.
- 7 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.
- 8 Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А. Тимиря-зев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2-е изд. Высш. шк. 2007 г.

9 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 910 с.

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

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

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

15 Булавин, В.В. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие. - Электрон. дан. - Пенза : ПензГТУ (Пензенский государственный технологический университет), 2009. — 100 с.

16 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.

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

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

19 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.

20 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.

21 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.

22 Романенко, А. М. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебное пособие. - Электрон. дан. - Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2012. - 103 с.

23 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.

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

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

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Спецификации к сборочным чертежам

| Нер. признак | Группа № | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|----------------------------|-------------|-------------------------|--------------------|------|------------|
| | | | | | |
| <u>Документация</u> | | | | | |
| A1 | | 16.07.TM.548.008.000.СБ | Сборочный чертеж | | |
| <u>Детали</u> | | | | | |
| A3 | 1 | 16.07.TM.548.008.001 | Корпус | 1 | |
| A4 | 2 | 16.07.TM.548.008.002 | Корпус муфты | 1 | |
| A4 | 3 | 16.07.TM.548.008.003 | Корпус привода | 1 | |
| A4 | 4 | 16.07.TM.548.008.004 | Плунжер | 1 | |
| A2 | 5 | 16.07.TM.548.008.005 | Крышка привода | 1 | |
| A3 | 6 | 16.07.TM.548.008.006 | Неподвижный корпус | 1 | |
| A3 | 7 | 16.07.TM.548.008.007 | Поршень | 1 | |
| A4 | 8 | 16.07.TM.548.008.008 | Стопор | 1 | |
| A3 | 9 | 16.07.TM.548.008.009 | Шток | 1 | |
| A2 | 10 | 16.07.TM.548.008.010 | Чупор | 1 | |
| A3 | 11 | 16.07.TM.548.008.011 | Шток | 1 | |
| <u>Стандартные изделия</u> | | | | | |
| | 12 | | Винт M8x30 | 6 | |
| | | | ГОСТ 17475-80 | | |
| | 13 | | Винт M8x20 | 6 | |
| | | | ГОСТ 17475-80 | | |
| | 14 | | Гайка M14x1,5 | 2 | |
| | | | ГОСТ 5927-70 | | |
| 16.07.TM.548.008.000 | | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | |
| Разраб. | Сироткин | | | | |
| Проб. | Логинов | | | | |
| Иконопр. | Виткалов | | | | |
| Утв. | Барабовский | | | | |
| Оправка | | | | | |
| Клиноплунжерная | | | | | |
| ТГЧ, ТМбз-1101 | | | | | |
| Лит. | Лист | Листов | | | |
| Д | 1 | 2 | | | |

| Формат | Знач | Поз | Обозначение | Наименование | Кол | Примечание |
|--------|------|-----|-------------|-----------------------|-----|------------|
| | | 15 | | Кольцо | 2 | |
| | | | | ГОСТ 17477-84 | | |
| | | 16 | | Уплотнение | 2 | |
| | | | | ГОСТ 13465-77 | | |
| | | 17 | | Винт М5x25 | 4 | |
| | | | | ГОСТ 17475-80 | | |
| | | 18 | | Прокладка | 1 | |
| | | | | ГОСТ 1567-68 | | |
| | | 19 | | Кольцо ГОСТ 174477-84 | 1 | |

| № нум. | Название | Бюджет и факта | Мат. № документа | Нач. и дата |
|-----------|----------|-------------------|---------------------|-------------|
| | | | | |

16.07.TM.548.008.000

Лист

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

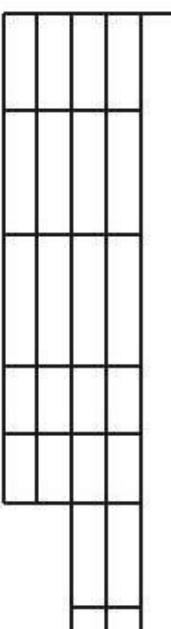
Маршрутные карты

| | | | |
|------|--|--|--|
| Անդ | | | |
| Բար | | | |
| Խոժն | | | |
| Խոչն | | | |
| Խոչն | | | |

| А. | Ценк | Чч | РМ | Детр. | Код наименование операции | | | | | | | | Обозначение документа | | | |
|------|---------------|-----------------------|--------------|-----------------|-----------------------------------|----------|-----------|-----------|------------|------------|-------------|---------|-----------------------|------|--------|------|
| | | | | | СМ | проф. | Р | Уг | КР | КОМП | ЕН | Дн | Кит | Трэз | Цит | |
| Б | | | | | код наименование детали/подсборки | | | | | | | | | | | |
| Б 23 | 381101 | Токарный СКЕ | 6136 | | 3 | 18217 | 312 | 1Р | 1 | 1 | 1200 | 1 | | | | 3.38 |
| Б 24 | Точить | последовательно | подверхности | Чистанов А поб. | 1 | 6 | 7.8 | 9 | 28 | 30 | 31 | 32 | 33 | 0 | размер | |
| Б 25 | φ36 | φ40 | φ45 | 004 | φ42.5 | φ43 | 35.5 | φ42 | 73.5 | φ42 | 77 | φ42 | 83.5 | φ42 | 135 | |
| Б 26 | Чистанов Б | φ74.8 | φ55 | 012 | φ46.0 | φ58 | 75 | φ42 | 85 | φ42 | 92 | φ42 | 112.5 | φ42 | | |
| Б 27 | 396110 | Патрон 3-х купачковый | ГОСТ | 2675-80 | 392101 | Резец | контурный | ГОСТ | 18879-73 | Т5К10. | | | | | | |
| Б 28 | 392135 | Резец | расточечный | ГОСТ | 18879-73 | Т30К4. | 392104 | Резец | канавочный | ГОСТ | 18879-73 | Т30К4. | | | | |
| Б 29 | 392104 | Резец | канавочный | ГОСТ | 18879-73 | Т30К4. | 392104 | Резец | канавочный | ГОСТ | 18879-73 | Т30К4. | | | | |
| Б 30 | 392104 | Резец | канавочный | ГОСТ | 18879-73 | Т30К4. | 394233 | Микрометр | МК-80 | ГОСТ | 6507-90. | 394233 | | | | |
| Б 31 | Нутромер | НМ-50 | ГОСТ | 10-88. | | | | | | | | | | | | |
| Б 32 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Б 33 | ХХ ХХ ХХ | 020 | 4180 | Протяжная | | | | | | | | | | | | |
| Б 34 | 381751 | Протяжной | 7А523 | | 3 | 16458 | 312 | 1Р | 1 | 1 | 1200 | 1 | | | | 137 |
| Б 35 | Протяжать | подверхности | 34. | 35 | 0 | размер | φ36 | φ42 | φ42 | φ42 | φ42 | φ42 | φ42 | φ42 | φ42 | |
| Б 36 | 396111 | Приспособление | специальное | . | 392330 | Протяжка | шищевая | ГОСТ | 25969-83 | Р18.393400 | Калибр. | | | | | |
| Б 37 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Б 38 | ХХ ХХ ХХ | 025 | 4153 | Эффорсодержащая | | | | | | | | | | | | |
| Б 39 | 381572 | Эффорсодержащая | У3120J | 3 | 12287 | 312 | 1Р | 1 | 1 | 1200 | 1 | | | | | 139 |
| Б 40 | Форсезерватор | подверхности | 4. | 5 | 0 | размер | 46 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | |
| Б 41 | 396111 | Приспособление | специальное | . | 391810 | Фреза | чертячая | φ100 | ГОСТ | 93324-80 | Р9К5.393180 | Калибр. | | | | |

ПРИЛОЖЕНИЕ В

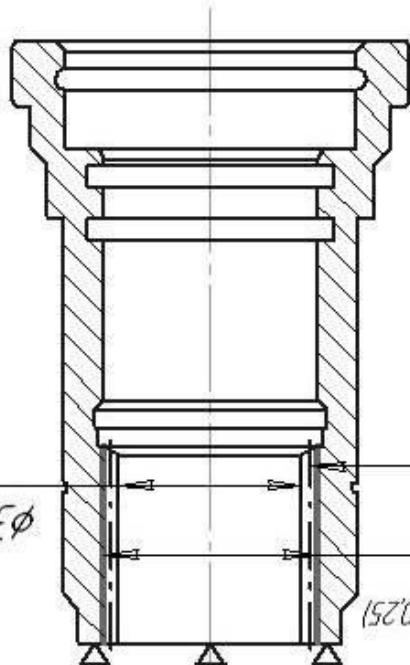
Операционные карты



| | | | | | |
|---------|-----------|------|--------------|----------|-----|
| Размер | Сортамент | ГОСТ | Кафедра ОТМЛ | Шестерня | 020 |
| Барабан | Сортамент | ГОСТ | Кафедра ОТМЛ | Шестерня | 020 |
| Продукт | Лазанка | | | | |
| Листы | | | | | |

$\sqrt{Ra} 3,2$

$\phi 36H7 (+0,025)$



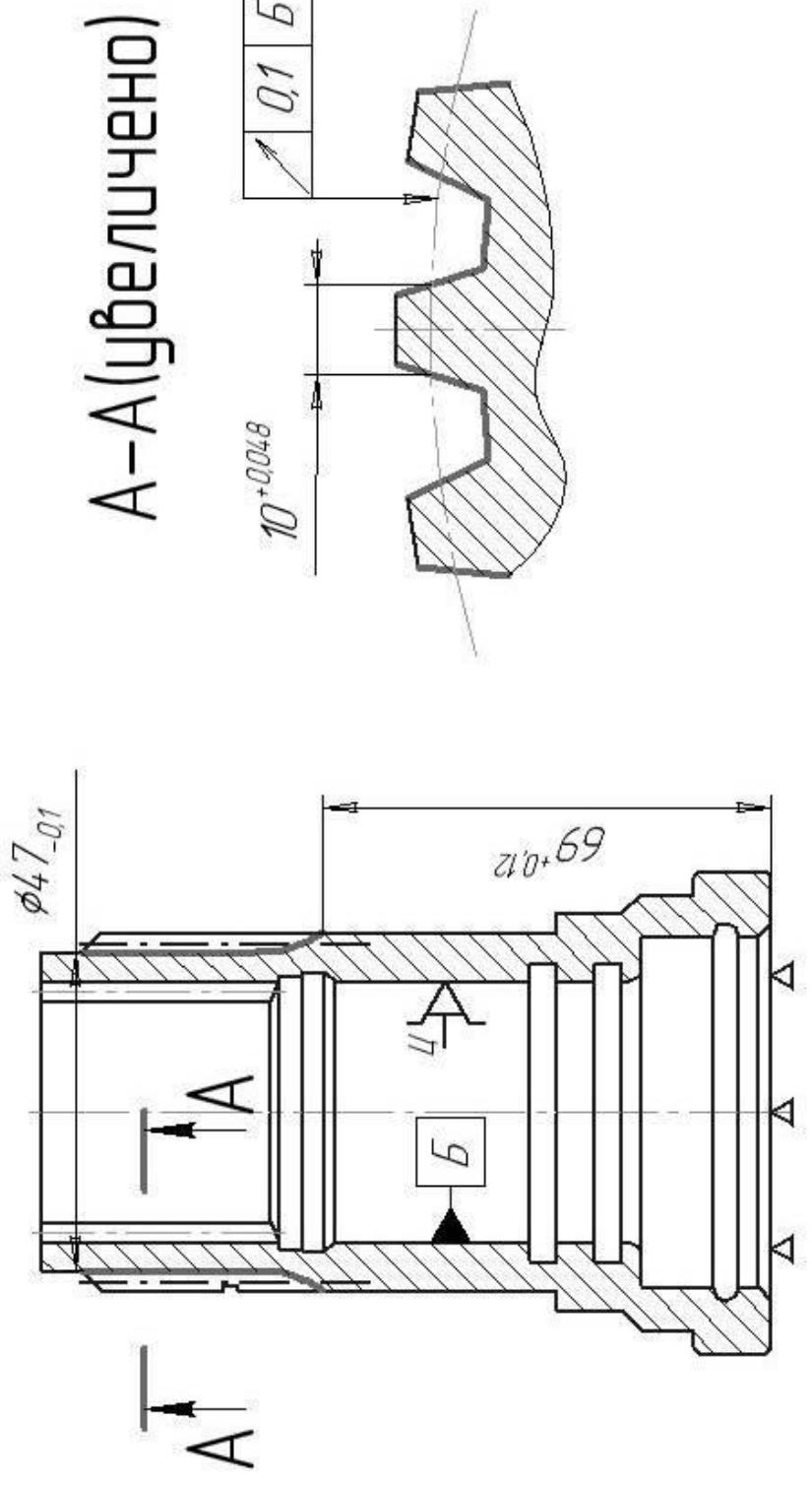
0,04
A

$\phi 42H12 (+0,025)$

| | | | |
|-------------|----------|--------------|----------|
| Розарій | Святочні | ПЦУ | 025 |
| Протестанти | Ласкаво | Кафедра ОПУП | |
| | | | Шестерня |

Ru 6,3

А-А(уべличен)



| | | |
|---|-----|---|
| ✓ | 0.1 | 5 |
|---|-----|---|

