

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств»
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Технология машиностроения
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления детали «Муфта»

Обучающийся

С.В. Алехин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Д.Ю. Воронов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

канд. экон. наук, доцент, Е.Г. Смышляева

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

канд. физ. - мат. наук, доцент, Д.А. Романов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

Аннотация

В выпускной бакалаврской работе рассмотрен технологический процесс изготовления муфты: выбрана заготовка, разработан маршрут обработки, рассчитаны параметры технологических операций.

Цель выпускной квалификационной работы: разработка технологии изготовления детали «Муфта».

Для достижения поставленной цели в работе решается целый ряд задач:

- описание детали, анализируется технологичность ее конструкции;
- выбор и обоснование метода получения заготовки;
- обоснование маршрута обработки отдельных поверхностей;
- разработка технологического процесса изготовления детали, в том числе приведены расчеты операционных припусков, режимов резания и норм времени;
- проект станочного приспособления на одну технологическую операцию;
- расчет режущего инструмента на один технологический переход;
- анализ безопасности и экологичности;
- экономические расчеты

Во втором разделе спроектировано станочное приспособление.

В третьем разделе рассчитан и спроектирован режущий инструмент.

В четвертом разделе проведен анализ безопасности и экологичности технологического объекта.

В пятом разделе представлены расчеты по экономической эффективности.

Выпускная квалификационная работа содержит 66 листов, 11 рис., 10 табл., 20 наименований в списке используемых источников.

Содержание

Введение.....5

1

Ф

И

А

К

И

Н

С

2

4

В

Д

И

С

О

С

О

Д

О

Д

И

И

С

О

Д

А

И

С

О

Д

И

С

О

Д

И

С

О

Д

1.5 Выбор и обоснование технологических баз, оборудования и технологической оснастки.....17

Экономический раздел.....49

5

5

5

6

6

6

6

6

6

6

6

6

6

6

6

6

6

6

6

6

6

6

6

6

6

6

6

6

6

6

6

6

6

6

6

6

Список используемых источников.....63

Введение

Человеческое общество постоянно испытывает потребности в новых видах продукции, либо в сокращении затрат труда при производстве основной продукции. В общих случаях эти потребности могут быть удовлетворены только с помощью новых технологических процессов и новых машин, необходимых для их выполнения. Следовательно, стимулом к созданию новой машины всегда является новый технологический процесс, возможность которого зависит от уровня научного и технического развития человеческого общества.

Для изготовления спроектированной машины разрабатывают технологический процесс и на его основе создают производственный процесс, в результате которого получается машина, нужная для удовлетворения возникшей потребности.

Технология машиностроения исследует эти связи с целью решения задач обеспечения в процессе производства, требуемого качества машины, наименьшей себестоимости и повышения производительности труда.

Цель выпускной квалификационной работы: разработка технологии изготовления детали «Муфта».

Для достижения поставленной цели в работе решается целый ряд задач:

- описание детали, анализируется технологичность ее конструкции;
- выбор и обоснование метода получения заготовки;
- обоснование маршрута обработки отдельных поверхностей;
- разработка технологического процесса изготовления детали, в том числе приведены расчеты операционных припусков, режимов резания и норм времени;
- проект станочного приспособления на одну технологическую операцию;
- расчет режущего инструмента на один технологический переход;
- анализ безопасности и экологичности;
- экономические расчеты.

1 Технологическая часть

писание детали, анализ технологических требований, характеристика материала детали

В работе необходимо рассмотреть конструкцию детали «Муфта». Деталь «Муфта» относится к группе тел вращения с габаритными размерами 68 мм х 68 мм и длиной 45 мм. Деталь имеет две ступени на наружной поверхности. На диаметре 60 мм выполнена канавка шириной 5 мм, а также имеются два шпоночных паза: внешний и внутренний, которые служат для передачи вращения и крутящего момента.

Шероховатости поверхностей по Ra: 0,63, 1,25, 2,5, 5, 10 и 20 мкм.

Неуказанная точность выполнения размеров по 14 качеству, места, сопрягаемые с другими деталями, имеют шероховатость 0,63...5 мкм, шпоночный паз 10 мкм.

Технологичность детали улучшается за счет следующих факторов:

- возможность получения заготовки штамповкой,
- отсутствие глухих отверстий с разных сторон детали.

Деталь имеет простую форму основных элементов, что позволяет применить высокопроизводительные методы получения заготовок и универсальное оборудование, стандартные режущие инструменты и оснастку при ее механической обработке. Простая форма поверхностей детали позволяет применить стандартные мерительные инструменты при контроле геометрических параметров детали» [4].

Характеристика материала детали.

Материал детали Сталь 40Х – это конструкционная легированная сталь.

Химический состав по ГОСТ 4543-2016:

- углерод – 0,36-0,44%;
- кремний - 0,17 - 0,37%;
- марганец - 0,5 - 0,8%;
- фосфор - <0,035%;

- сера - <0,035 %;
- хром – 0,8-1,1 %;
- никель - <0,30 %;
- медь - <0,30 %;
- железо – остальное» [4].

Физические свойства:

- $\sigma_{\text{т}}$
- $\sigma_{\text{с}}$
- δ относительное удлинение при разрыве (δ) равно 15 %;
- ψ относительное сужение (ψ) равно 32 %;
- $H_{\text{В}}$ твёрдость 217 НВ.

Термообработка: нормализация.

Использование в промышленности: оси, валы, вал-шестерни, плунжеры, штоки, коленчатые и кулачковые валы, кольца, шпиндели, оправки, рейки, губчатые венцы, болты, полуоси, втулки и другие улучшаемые детали повышенной прочности» [3].

р

Анализ технологичности конструкции детали по коэффициентам

точности обработки шероховатости поверхности

д

Деталь «Муфта», изготовленная из материала Сталь 40Х хорошо обрабатываемого резанием, поверхности которой имеют правильную геометрическую форму, все места доступны для обработки, что позволяет использовать простое универсальное оборудование, универсальные приспособления и стандартный режущий инструмент. Кроме визуальной оценки технологичности детали, производится оценка технологичности по коэффициентам точности $K_{\text{т}}$ и шероховатости $K_{\text{ш}}$.

Коэффициент точности $K_{\text{т}}$ определяется по формуле (1):

в

е

н

$H_{\text{мм}2,;}$

с

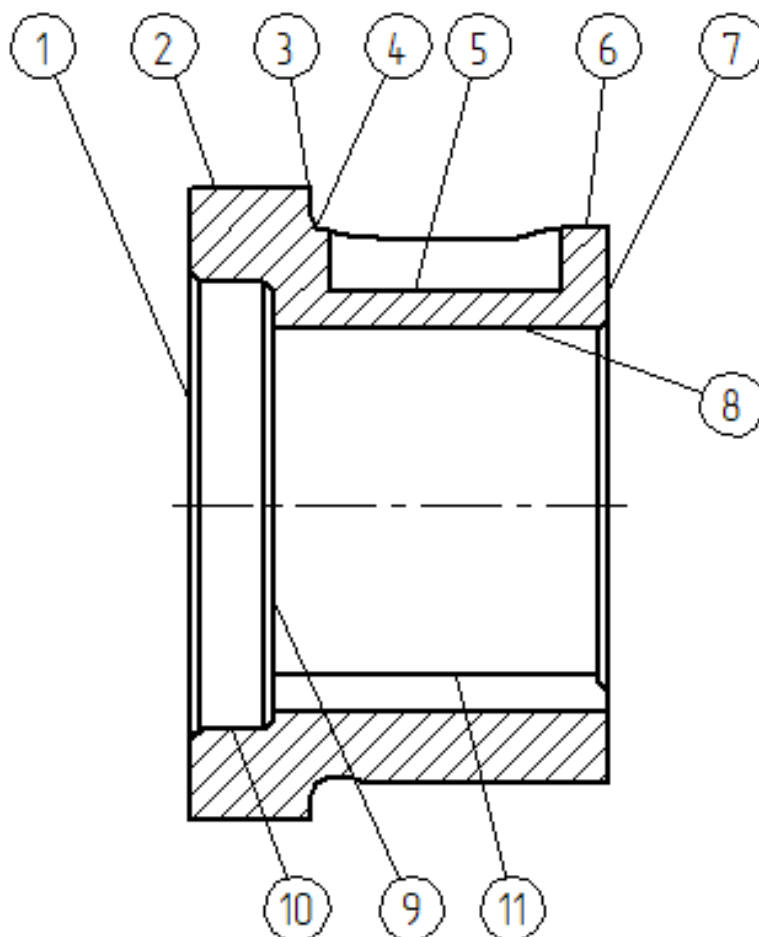


Рисунок 1 – Поверхности детали

$$A_{\text{ср}} = \frac{6 \cdot 1 + 7 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 2 + 14 \cdot 6}{11} = \frac{123}{11} = 11,18,$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{\text{ср}}} = 1 - \frac{1}{11,18} = 0,91,$$

$$0,91 > 0,6 \dots 0,8,$$

По коэффициенту точности деталь технологична.

Оценка по коэффициенту шероховатости, определим по формуле (3):

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{V_{\text{ср}}}, \quad (3)$$

где $V_{\text{ср}}$ – средний класс шероховатости, определим по формуле (4).

$$V_{\text{ср}} = \frac{\sum n_i \cdot V_i}{n}, \quad (4)$$

где n_i – количество поверхностей данного класса;

V

i

– номер класса шероховатости по ГОСТ 2789-73.

В таблице 2 приведен перечень поверхностей по шероховатости.

Таблица 2 – Оценка шероховатости поверхностей

Обозначение шероховатости поверхностей по ГОСТ 2789-73	Обозначение классов частоты поверхностей по ГОСТ 2789-	Количество поверхностей
Ra 20		
Ra 10		
Ra 5		
Ra 2,5		
Ra 1,25		
Ra 0,63		

$$- V_{\text{ср}} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 4 + 7 \cdot 5 + 1 \cdot 6 + 1 \cdot 7 + 1 \cdot 8}{15} = \frac{73}{15} = 4,87,$$

$$- K_{\text{ш}} = \frac{1}{4,87} = 0,21,$$

По коэффициенту шероховатости деталь технологична.

1.3 Выбор и обоснование метода получения заготовки, ее размеров

При проектировании технологического процесса большое значение имеет выбор заготовки. Выбранный способ получения заготовки должен быть экономичным, обеспечивающим высокое качество детали, производительным и нетрудоемким процессом» [5].

Основные факторы, влияющие на выбор способа получения заготовки:

– характер производства;

- материал и требования, предъявляемые к качеству детали;
- качество поверхности заготовки;
- обеспечение заданной точности;
- возможности, имеющегося оборудования» [6].

Применяем заготовку – штамповку.

Определяем объем заготовки.

Получение заготовки штамповкой повышает $K_{им}$ и $K_{из}$, обеспечивает меньшие припуски на механическую обработку, чем при применении проката, сокращает расход металла из-за возможности получить черновое отверстие в самой заготовке, к тому же деталь относится к телу вращения, что упрощает изготовление штампа. Для того, чтобы определить размеры заготовки, необходимо провести следующие расчеты и определить следующие величины:

- ориентировочная масса поковки» [8]. «Расчетная масса поковки определяется по формуле (5), исходя из ее номинальных размеров, кг:

$$M_{ПР} = M_d \cdot K_p, \quad (5)$$

где M_d – масса детали, кг;

K_p – расчетный коэффициент [9], установленный в соответствии с характеристикой детали.

Для детали удлиненной формы с прямой осью $K_p = 1,3$ » [20].

$$M_{ПР} = 0,61 \cdot 1,3 = 0,78 \text{ кг.}$$

- класс точности штамповки. В зависимости от оборудования определяется класс точности – Т2 [10];
- «группа стали [8]. М2 – сталь с массовой долей углерода от 0,35 % до 0,65 % включительно или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 2,0 % до 5 % включительно» [8];

– степень сложности. «Степени сложности поковки определяется по формуле как отношение расчетной массы поковки к массе геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки» [5]:

$$\frac{M_{\text{ПР}}}{M_{\text{Ф}}}, \quad (6)$$

где $M_{\text{ПР}}$ – расчетная масса поковки;

$M_{\text{Ф}}$ – масса геометрической фигуру, в которую вписывается форма поковки.

При определении размеров описывающей поковку геометрической фигуры по формуле (7) допускается исходить из условия увеличения в 1,05 раза габаритных линейных размеров детали, кг:

$$M_{\text{Ф}} = V_{\text{Ф}} \cdot \gamma \quad (7)$$

где $V_{\text{Ф}}$ - объем описываемой фигуры, мм^3 ;

γ - плотность материала детали, г/см^3 определим по формуле (8):

$$V = \frac{\pi \cdot D_{\text{Ф}}^2 \cdot l_{\text{Ф}}}{4} \quad (8)$$

где $d_{\text{Ф}}$ – диаметр описываемой фигуры, мм, определим по (9)» [8];

$l_{\text{Ф}}$ – длина описываемой фигуры, мм, определим по формуле (10):

$$d_{\text{Ф}} = 1,05 \cdot d_{\text{дет}}, \quad (9)$$

$$l_{\text{Ф}} = 1,05 \cdot l_{\text{дет}}, \quad (10)$$

$$d_{\text{Ф}} = 1,05 \cdot 68 = 71,4 \text{ мм},$$

$$l_{\text{Ф1}} = 1,05 \cdot 45 = 47,25 \text{ мм},$$

V

$$\cdot 71,42 \cdot 47,254 = 189090 \text{ мм}^3 = 189,09 \text{ см}^3.$$

$$M_{\Phi} = 189,09 \cdot 0,0078 = 1,47 \text{ кг.}$$

$$\frac{M_{\text{ПР}}}{M_{\Phi}} = \frac{0,78}{1,47} = 0,53$$

Данное значение лежит в пределах 0,32...0,63;

Степень сложности поковки С2;

– «конфигурация поверхности разъема штампа» [8]. П – плоская;

– «исходный индекс» [8]. Исходный индекс определяется в зависимости от массы, марки материала, степени сложности и класса точности поковки.

Исходный индекс – 6;

– «основной припуск на механическую обработку на сторону:

П

о о

в в

е в

р р

х **р** радиус закругления наружных углов поволок» [8]. Выбирается в зависимости от глубины полости ручья штампа:

о **R**_{закр} равен 2,5 мм;

с **н** расчет размеров заготовки проводится по формуле (11):

т **н**

$$d_{\text{заг}} = d_{\text{дет}} + 2 \cdot (h_{\text{осн}} + h_{\text{доп}}), \quad (11)$$

н **н**

$$h_{\text{осн1}} \text{ равен } d_{\text{дет}068} + 2 \cdot (h_{\text{осн}} + h_{\text{доп}}) = 68 + 2 \cdot 1,1 = 70,2 \text{ мм,}$$

$$D_2 = d_{\text{дет}060} + 2 \cdot (h_{\text{осн}} + h_{\text{доп}}) = 60 + 2 \cdot 1,2 = 62,4 \text{ мм,}$$

$$d_3 \text{ равен } d_{\text{дет}038} + 2 \cdot h_{\text{осн}} = 38 + 2 \cdot 1,3 = 40,6 \text{ мм,}$$

$$h_{\text{осн}1} \text{ равен } 0,946, h_{\text{осн}2} \text{ равен } 1,1, h_{\text{осн}3} \text{ равен } 1,3, h_{\text{осн}4} \text{ равен } 1,6 \text{ мм,}$$

$$l_{\text{фланец}} = l_{\text{дет}} + h_{\text{осн}} + h_{\text{осн}2} = 13 + 1,3 + 1,1 = 15,4 \text{ мм;}$$

– предельные отклонения линейных размеров [8]:

D

$$70,2^{+0,6}_{-0,3} \text{ мм}$$

$$62,4^{+0,6}_{-0,3} \text{ мм}$$

$$35,8^{+0,5}_{-0,3} \text{ мм}$$

1

$$47,6^{+0,6}_{-0,3} \text{ мм}_{\text{фланец}} = 15,4^{+0,5}_{-0,3} \text{ мм};$$

– расчет массы заготовки проведем по формуле (12):

$$m_{\text{заг}} = V_{\text{заг}} \cdot \gamma, \quad (12)$$

Заготовка состоит из двух колец, объемами V_1, V_2 (рисунок 2).

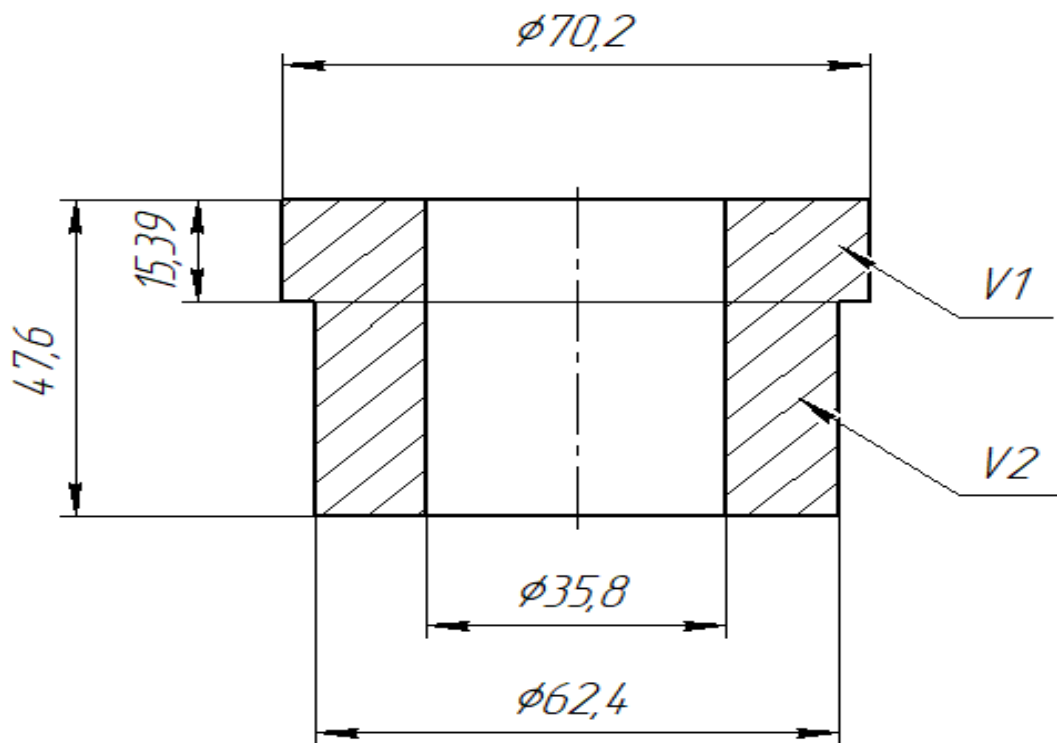


Рисунок 2 – Общий вид поковки

Поэтому:

$$V_{\text{заг}} = V_1 + V_2, \text{ см}^3$$

$$V_{1,2} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \cdot h,$$

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot (7,02^2 - 3,58^2)}{4} \cdot 1,539 = 44,053 \text{ см}^3,$$

$$V_2 = \frac{3,14 \cdot (6,24^2 - 3,58^2)}{4} \cdot (4,76 - 1,539) = 66,047 \text{ см}^3,$$

V

Из формулы (12) следует:

$$m_{\text{заг}} = 110,1 \cdot 0,0078 = 0,86 \text{ кг.}$$

– выбор штамповочных уклонов. В зависимости от оборудования (ГКМ) и вида поверхности (наружной) выбираем штамповочные уклоны 5° ;

– определение коэффициента использования материала. Основным показателем, характеризующим экономичность выбранного метода получения заготовки, является коэффициент использования материала $K_{\text{ИМ}}$ (формула (13))» [8]:

$$K_{\text{ИМ}} = \frac{m_{\text{дет}}}{m_{\text{заг}} + m_{\text{отх}}} \geq 0,55, \quad (13)$$

где $m_{\text{отх}}$ – масса отходов, кг, определим по формуле (14):

$$m_{\text{отх}} = 10\% m_{\text{заг}}, \quad (14)$$

$$m_{\text{отх}} = 0,1 \cdot 0,86 = 0,086 \text{ кг.}$$

$$K_{\text{ИМ}} = \frac{0,6}{0,86 + 0,086} = 0,63 > 0,55.$$

Коэффициент использования заготовки:

$$K_{\text{из}} = \frac{Q_{\text{д}}}{Q_3} = \frac{0,6}{0,86} = 0,70.$$

Вывод: вследствие того, что $K_{\text{из}}$ равен 0,70, то данный метод получения заготовки считается рациональным.

1.4 Обоснование проектируемого маршрута обработки детали

В качестве основания для проектирования маршрута обработки детали использовался типовой технологический процесс для изготовления деталей типа «Муфта».

Данный технологический процесс разработан для среднесерийного вида производства.

Особенностью серийного производства является изготовление деталей партиями и сериями, регулярно повторяющимися через определенный промежуток времени.

Перечень технологических операций приведен в таблице 3.

Таблица 3 - Описание технологического процесса

Номер операции	Наименование операции	Наименование станка	Приспособление	Модель
	Заготовительная	КГШП	Матрица, пуансон	
	Токарная	Токарно-винторезный	3-х кулачковый патрон	16К20Ф3
	Токарная	Токарно-винторезный	3-х кулачковый патрон	16К20Ф3
	Токарная	Токарно-винторезный	3-х кулачковый патрон	16К20Ф3
	Токарная	Токарно-винторезный	3-х кулачковый патрон	16К20Ф3
	Вертикально-фрезерная	Вертикально-фрезерный	Тиски	6P12
	Термическая	Индукционная печь	Приспособление	
	Шлифовальная	Шлифовальный	3-х кулачковый патрон	3А110
	Шлифовальная	Шлифовальный	3-х кулачковый патрон	3А228
	Моечная	Моечная машина		
	Контрольная	стол ОТК		

Особенностью серийного производства является изготовление деталей партиями и сериями, регулярно повторяющимися через определенный промежуток времени.

1.5 Выбор и обоснование технологических баз, оборудования и технологической оснастки

При формировании последовательности выполнения операций распределяем их по группам оборудования исходя из этапов обработки. Особенно важно эти принципы при выборе базовых поверхностей для чистовой обработки. При разработке технологического процесса эти принципы учтены и отражены в следующих решениях:

- черновые поверхности используются в качестве установленных баз только один раз;
- поверхности, служащие базами в следующих операциях, обрабатываются в первую очередь;
- при многократной обработке поверхностей стараемся использовать принцип чередования баз;
- базовые поверхности имеют достаточную точность и высокий класс шероховатости;
- жесткие требования взаимного расположения поверхностей достигаются путем обработки их за одну установку и соблюдения принципов совмещения и постоянства баз» [22];
- зажим деталей производится в местах, имеющих наибольшую жесткость.

Операция 005: точение торца, точение диаметра 68h8 мм предварительно, эти обработанные поверхности являются базами для операции 010.

Операция 010: точение противоположного торца, точение поверхности диаметра 60k6 мм предварительно, расточить диаметр 38H7 предварительно.

Операция 015: окончательная обработка диаметра 68h8 и 48 мм.

Операция 020: чистовое точение под шлифование диаметр 60k6, чистовое растачивание под шлифование диаметр 38H7, точение канавки, долбление внутреннего паза.

Операция 025: фрезерование шпоночного паза.

Операция 030: шлифование диаметра 60k6.

Операция 035: шлифование диаметра 38Н7.

Для каждой операции выбиралось оборудование и оснащение. Производились расчеты норм времени, устанавливался разряд работы в соответствии с требованиями единого тарифно-квалификационного справочника работ и профессий.

Выбор режущего инструмента. В технологическом процессе применен стандартный режущий инструмент.

2100-2315 Резец проходной упорный Т15К6 ГОСТ 28980-91

2100-2619 Резец проходной отогнутый Т15К6 ГОСТ 28980-91

Резец канавочный наружный Т15К6 ГОСТ 26613-2016

Резец расточной Т15К6 ГОСТ 26613-2016

Фреза шпоночная 1-18-117-№9 ГОСТ 9140-2015

Круги шлифовальные.

Выбор измерительного инструмента

В качестве мерительного инструмента применены ШЦ, образцы шероховатости, микрометр.

1.6 Определение операционных припусков, межоперационных размеров

Назначаем припуски, определяем межоперационные размеры и размеры заготовки.

При этом исходной информацией для анализа являются:

- рабочий чертеж детали;
- план обработки с указанием обрабатываемых поверхностей;
- выбранные технологические базы;
- вариант простановки размеров» [14].

Результаты расчетов размеров заготовки приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Определение размеров заготовки

Размер обработанной поверхности, диаметр	План обработки	Припуск	Допуск	Межоперационные размеры	Размер заготовки
	Точение: черновое чистовое				Соответствует ОСТ
$D_3=68+0,4+1,8=70,2$					
$60^{+0,021}_{+0,002}$	Точение: черновое чистовое Шлифование				Соответствует ОСТ
$D_3=60+0,2+0,8+1,4=62,4$					
	Растачивание: черновое чистовое Шлифование				Соответствует ОСТ
$D_3=38-0,2-0,6-1,4=35,8$					
	Подрезка торца: справа слева				Соответствует ОСТ
$L_3=45+1,3+1,3=47,6$					

Как видно из таблицы 4, существуют разные параметры для размеров заготовки.

1.7 Определение режимов резания

Операция 005 Токарная Станок 16K20.

Переход 1. Установить и закрепить заготовку

Переход 2. Подрезать торец диаметром 70,2.

Резец проходной упорный T15K6 $\phi 90^\circ$ мм r равен 1мм

Определяем глубину резания по формуле (15):

$$t = l_3 - l_d = 47,6 - 46,3 = 1,3 \text{ мм}, \quad (15)$$

Определить подачу [5, с. 238, табл. 28]: т.к. шероховатость обрабатываемой детали $Ra=20$ и радиус вершины резца $r=1$, то выбираем $S_{от} = 0,60$ мм/об, то по формулам (16) и (17) находим:

$$S_o = S_{от} \cdot K_S, \quad (16)$$

$$K_S = K_{Sn} \cdot K_{Si} \cdot K_{S\phi} \cdot K_{S3} \cdot K_{Sж} \cdot K_{SM}, \quad (17)$$

где K_{Sn} – состояние обрабатываемой поверхности, K_{Sn} равен 0,8;

K_{Si} – коэффициент, учитывающий материал инструмента, K_{Si} равен 1;

$K_{S\phi}$ – коэффициент, учитывающий форму обрабатываемой поверхности,

$K_{S\phi}$ равен 0,85;

K_{S3} – коэффициент, учитывающий влияние закалки, K_{S3} равен 0,8;

$K_{Sж}$ – диаметр обрабатываемой поверхности, $K_{Sж}$ равен 0,83;

K_{SM} – марка обрабатываемого материала, K_{SM} равен 1,07;

K_S равен $0,8 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 0,83 \cdot 1,07$ равен 0,48; S_o равен $0,60 \cdot 0,48$ равен 0,288 мм/об.

Принимаем S_o равен 0,3 мм/об.

Определяем скорость резания по формуле (18):

V_T равно 236 м/мин.

$$V = V_T \cdot K_V, \quad (18)$$

$$K_V = K_{VM} \cdot K_{Vi} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{Vm} \cdot K_{Vж} \cdot K_{Vп} \cdot K_{Vo}, \quad (19)$$

где K_{VM} – коэффициент обрабатываемости материала, $K_{VM} = 1$;

K_{Vi} – свойства материала инструмента, $K_{Vi} = 0,83$;

$K_{V\phi}$

K_{Vm} – вид обработки, $K_{Vm} = 0,7$;

$K_{vж}$ - жесткость технологической системы, $K_{vж}=0,61$;

$K_{vп}$ – состояние обрабатываемой поверхности, $K_{vп}=0,85$;

$K_{vо}$ – коэффициент, учитывающий влияние СОЖ, $K_{vо} = 1$;

$K_v = 1 \cdot 0,83 \cdot 0,81 \cdot 0,7 \cdot 0,61 \cdot 0,85 \cdot 1 = 0,24$; $V = 236 \cdot 0,24 = 56,6$ м/мин.

Определяем число оборотов шпинделя n мин⁻¹ по формуле (20):

$$n = \frac{1000 \times v}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 56,6}{3,14 \times 70,2} = 256 \frac{\text{об}}{\text{мин}}, \quad (20)$$

По паспорту станка принимаем $n = 250$ об /мин

5. Определяем фактическую скорость резания по формуле (21):

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70,2 \cdot 250}{1000} = 55,1 \frac{\text{м}}{\text{мин}}, \quad (21)$$

6. Определяем длину рабочего хода инструмента по (22).

$$L_{д} = \frac{D - d}{2} = \frac{70,2 - 35,8}{2} = 17,2 \text{ мм}, \quad (22)$$

$$y = t = 1,3 \text{ мм}. \quad (23)$$

$t = 1,6$ мм $\Delta = 1 \dots 3$ мм,

$L = 17,2 + 1,3 + 2 = 20,5$ мм.

Определяем основное (технологическое) время по формуле (24):

$$T_{o2} = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i = \frac{20,5}{250 \cdot 0,3} \cdot 1 = 0,27 \text{ мин}. \quad (24)$$

Переход 3 - точение диаметром 68,4.

Резец проходной упорный Т15К6 $\phi 90^\circ$ мм $r = 1$ мм.

Определяем глубину резания по формуле (25):

$$t = (D-d)/2 = (70,2-68,4)/2 = 0,9 \text{ мм.} \quad (25)$$

Определяем подачу [5, с. 238, табл. 28]: т.к. шероховатость обрабатываемой детали $Ra=20$ и радиус вершины резца $r=1$, то выбираем $S_{0T} = 0,60$ мм/об.

$$K_S = K_{S_n} \cdot K_{S_{и}} \cdot K_{S_{\phi}} \cdot K_{S_3} \cdot K_{S_{ж}} \cdot K_{S_M}, \quad (26)$$

где K_{S_n} – состояние обрабатываемой поверхности, $K_{S_n} = 0,8$;

$K_{S_{и}}$ – коэффициент, учитывающий материал инструмента, $K_{S_{и}} = 1$;

$K_{S_{\phi}}$ – коэффициент, учитывающий форму обрабатываемой поверхности,

$K_{S_{\phi}} = 0,85$; K_{S_3} – коэффициент, учитывающий влияние закалки, $K_{S_3} = 0,8$;

$K_{S_{ж}}$ – диаметр обрабатываемой поверхности, $K_{S_{ж}} = 0,83$;

K_{S_M} – марка обрабатываемого материала, $K_{S_M} = 1,07$;

$K_S = 0,8 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 0,83 \cdot 1,07 = 0,48$; $S_o = 0,60 \cdot 0,48 = 0,288$ мм/об.

Принимаем S_o равно $0,3$ мм/об.

Определяем скорость резания:

$$V_T = 251 \text{ м/мин,}$$

V

$$V_T \cdot K_V,$$

$$K_V = K_{V_M} \cdot K_{V_{и}} \cdot K_{V_{\phi}} \cdot K_{V_{ж}} \cdot K_{V_{п}} \cdot K_{V_o}, \quad (27)$$

где K_{V_M} – коэффициент обрабатываемости материала, $K_{V_M} = 1$;

$K_{V_{и}}$ – свойства материала инструмента, $K_{V_{и}} = 0,83$;

K

$K_{V_{ж}}$ – жесткость технологической системы, $K_{V_{ж}} = 0,82$;

$K_{V_{п}}$ – состояние обрабатываемой поверхности, $K_{V_{п}} = 0,85$;

– K_{V_o} – коэффициент, учитывающий влияние СОЖ, $K_{V_o} = 1$.

$$K_V = 1 \cdot 0,83 \cdot 0,81 \cdot 1 \cdot 0,82 \cdot 0,85 \cdot 1 = 0,47,$$

$$V = 251 \cdot 0,47 = 118 \text{ м/мин.}$$

В

Л

И

я

Определяем число оборотов шпинделя n мин^{-1} :

$$n = \frac{1000 \times v}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 118}{3,14 \times 70,2} = 535 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

По паспорту станка принимаем $n = 500$ об /мин.

Определяем фактическую скорость резания:

$$V_{\text{ф}} = \frac{\pi \times D \times n}{1000} = \frac{3,14 \times 70,2 \times 500}{1000} = 110,2 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

Определяем длину рабочего хода инструмента.

$$L_{\text{д}} = \frac{D - d}{2} = \frac{70,2 - 35,8}{2} = 17,2 \text{ мм},$$

$$y = t = 0,9 \text{ мм}.$$

$$t = 0,9 \text{ мм}, \Delta = 1 \dots 3 \text{ мм},$$

$$L = 17,2 + 0,9 + 2 = 20,1 \text{ мм}.$$

Определяем основное (технологическое) время:

$$T_{\text{оз}} = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i = \frac{20,1}{500 \times 0,3} \times 1 = 0,13 \text{ мин}$$

Операция 010 Токарная Станок 16К20

Переход 1- Установить и закрепить заготовку

Переход 2 - Подрезать торец диаметром 62,4

Резец проходной упорный Т15К36 $\phi 90^\circ$ мм $r=1$ ммэ

Определяем глубину резания:

t

Из-д=0,4 мм подачу [5, с. 238, табл. 28]: т.к. шероховатость обрабатываемой детали $Ra=1,6$ и радиус вершины резца $r=1$, то выбираем $S_{\text{т}}=0,11$ мм/об.

$$K_s = 0,8 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 0,83 \cdot 1,7 = 0,48,$$

$$S_o = 0,11 \cdot 0,48 = 0,06 \text{ мм/об},$$

Принимаем $S_o=0,06$ мм/об.

Определяем скорость резания. $V_{\text{т}} = 274$ м/мин.

$$K_v = 1 \cdot 0,83 \cdot 0,81 \cdot 0,7 \cdot 0,61 \cdot 0,85 \cdot 1 = 0,24,$$

$$V = 274 \cdot 0,24 = 79,5 \text{ м/мин}.$$

Определяем число оборотов шпинделя n мин^{-1} :

$$n = \frac{1000 \times v}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 79,5}{3,14 \times 62,4} = 405,7 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

По паспорту станка принимаем $n = 400$ об /мин.

Определяем фактическую скорость резания:

$$V_{\text{ф}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 62,4 \cdot 400}{1000} = 78,3 \frac{\text{м}}{\text{мин}},$$

Определяем длину рабочего хода инструмента.

$$L_{\text{д}} = \frac{D - d}{2} = \frac{70,2 - 62,4}{2} = 3,9 \text{ мм},$$

$$y = t = 1,3 \text{ мм}.$$

$$t = 1,3 \text{ мм} \quad \Delta = 1 \dots 3 \text{ мм},$$

$$L = 3,9 + 1,3 + 2 = 7,2 \text{ мм}.$$

Определяем основное (технологическое) время по формуле:

T

- o Переход 3 - точение диаметром 62,4

Резец проходной упорный T15K6 $\phi 90^\circ$ мм $r = 1$ мм

Определяем глубину резания.

$$\times 1 = 0,24 \text{ мин}.$$

D Определяем подачу [5, с. 238, табл. 28]: т.к. шероховатость обрабатываемой детали $Ra = 0,25$ и форму с вершины резца $r = 1$, то выбираем $S_{oT} = 0,60$ мм/об

$$K_S = 0,8 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 0,83 \cdot 1,07 = 0,48,$$

$$S_o = 0,60 \cdot 0,48 = 0,288 \text{ мм/об},$$

Принимаем $S_o = 0,3$ мм/об.

Определяем скорость резания. $V_T = 251$ м/мин.

$$K_V = 1 \cdot 0,83 \cdot 0,81 \cdot 1 \cdot 0,82 \cdot 0,85 \cdot 1 = 0,47,$$

$$V = 251 \cdot 0,47 = 118 \text{ м/мин}.$$

Определяем число оборотов шпинделя n мин⁻¹:

$$n = \frac{1000 \times v}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 118}{3,14 \times 62,4} = 602 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

По паспорту станка принимаем $n = 500$ об /мин.

Определяем фактическую скорость резания:

$$\pi * D * n / 1000 = 3,14 * 62,4 * 500 / 1000 = 98 \text{ м/мин.}$$

Определяем длину рабочего хода инструмента.

$$L_d = 47,6 - 13,8 = 33,8 \text{ мм,}$$

$$y = t = 0,7 \text{ мм.}$$

$$t = 1 \text{ мм } \Delta = 1 \dots 3 \text{ мм,}$$

$$L = 33,8 + 0,7 + 2 = 36,5 \text{ мм.}$$

7. Определяем основное (технологическое) время:

T

- Таким образом, в подразделе определены режимы резания.

1.8 Определение нормы времени

$$\times 1 = 0,24 \text{ мин.}$$

Операция 005 Токарно-винторезная.

Определяем основное время по переходам

$$T_o = 0,27 + 0,13 = 0,4 \text{ мин.}$$

Производим расчет вспомогательного времени.

Переход 1

$$t_{в1} = 0,13 \text{ мин - время на установку и снятия детали}$$

В том числе на пуск и останов станка

Переход 2 Время, связанное с переходом

– 0,14 мин – установка резца по упору, поперечное точение;

– $0,04 \times 5 = 0,2$ мин – время открыть, закрыть щиток;

$$t_{в2} = 0,13 + 0,2 = 0,34 \text{ мин.}$$

Вспомогательное не вошедшее в комплекс

$$t'_{в2} = 0,06 + 0,07 = 0,13 \text{ мин.}$$

– 0,07 мин – установить число оборотов шпинделя;

– 0,06 мин – установить подачу;

$$t_{изм2} = 0,07 \text{ мин – шаблоном.}$$

Переход 3 Время, связанное с переходом

$$t_{в3} = 0,14 + 0,06 = 0,20.$$

0,14 мин – установка резца по лимбу для продольного перемещения резца
 $t_{в3}=0,06$ мин – установить подачу
 $t_{изм3}=0,10$ мин – измерение штангенциркулем

Время на измерение определим по формуле (28):

$$T_{изм}=(t_{изм2}+\dots+t_{изм3})\cdot 0,9, \quad (26)$$

$T_{изм}=(0,07+0,10)\cdot 0,9=0,15$ мин. (по формуле (29)):

$$T_{в}=(t_{в1}+t_{в2}+t_{в3}+t_{визм})\cdot 0,81, \quad (27)$$

$T_{в}=(0,13+0,34+0,20+0,15)\cdot 0,81=0,82$ мин

Определяем штучное время $T_{шт}$ по формуле (30):

$$T_{шт}=(T_0+T_{всп})\cdot \left(1+\frac{a_{обс}+a_{отд}}{100}\right), \quad (28)$$

где T_0 -основное время, мин;

$T_{всп}$ –вспомогательное время, мин;

$a_{обс}=4\%$ - время на обслуживание рабочего места;

$a_{отд}=4\%$ -время на отдых, мин.

$$T_{шт}=(0,4+0,82)\cdot \left(1+\frac{4+4}{100}\right)=1,32 \text{ мин},$$

Подготовительно-заключительное время $T_{пз}$:

– наладка станка, инструмента приспособления=14 мин;

– получение инструмента, приспособлений и сдачу после обработки =7 мин.

$T_{пз}=14+7=21$ мин.

Операция 010 Токарно-винторезная

Определяем основное время по переходам

$T_0=0,24+0,24=0,48$ мин

Производим расчет вспомогательного времени

Переход 1

$t_{в1}=0,13$ мин – время на установку и снятия детали

В том числе на пуск и останов станка

Переход 2 Время связанное с переходом

– 0,14 мин – установка резца по упору, поперечное точение» [5];

– $0,04 \times 5 = 0,2$ мин-время открыть, закрыть щиток.

$t_{в2}=0,13+0,2=0,34$ мин.

Вспомогательное время, не вошедшее в комплекс:

$t'_{в2}=0,06+0,07=0,13$ мин.

– 0,07 мин – установить число оборотов шпинделя;

– 0,06 мин – установить подачу.

$t_{изм2}=0,07$ мин – шаблоном

Переход 3

Время, связанное с переходом

$t_{в3}=0,14+0,06=0,20$.

0,14 мин - установка резца по лимбу для продольного перемещения резца

$t_{в3}=0,06$ мин - установить подачу,

$t_{изм3}=0,10$ мин - измерение штангенциркулем.

Время на измерение:

$T_{изм}=(0,07+0,10) \cdot 0,9=0,15$

Вспомогательное время

$T_{в}=(0,13+0,34+0,20+0,15) \cdot 0,81=0,82$ мин.

Определяем штучное время $T_{шт}$

$$T_{шт}=(0,48+0,82) \cdot \left(1 + \frac{4+4}{100}\right) = 1,32 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время $T_{пз}$:

– наладка станка, инструмента приспособления = 14 мин;

– получение инструмента, приспособлений и сдачу после обработки = 7 мин.

$$T_{пз}=14+7=21 \text{ мин}$$

Нормирование операций технологического процесса приведено в таблице 5.

Таблица 5 – Нормирование операций технологического процесса

Номер операции	Наименование операции	T_0 , мин	$T_{всп}$, мин	$T_{шт}$, мин	$T_{пз}$, мин	$T_{шт-к}$, мин
	Токарная					
	Токарная					
	Токарная					
	Токарная					
	Вертикально-фрезерная					
	Шлифовальная					
	Шлифовальная					

Вывод по разделу.

В данном разделе выпускной бакалаврской работы был разработан технологический процесс изготовления муфты.

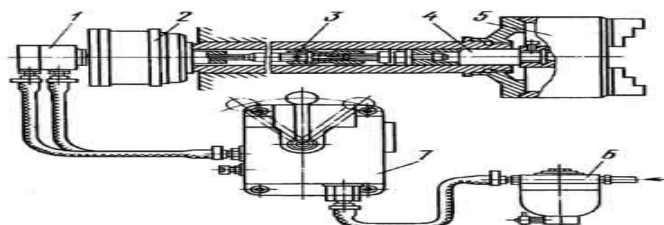
Подобрано технологическое оборудование, режущий инструмент и станочные приспособления. Рассчитаны режимы обработки и нормы времени.

Деталь «Муфта» относится к группе тел вращения со следующими габаритными размерами: диаметр 68 мм и длиной 45 мм. Деталь имеет две ступени на наружной поверхности. На диаметре 60 мм выполнена канавка шириной 5 мм, а также имеются два шпоночных паза: внешний и внутренний, которые служат для передачи вращения и крутящего момента.

Результатом первого раздела является получение технологии изготовления детали «Муфта», включающая в себя маршрут обработки, технологическое оборудование, приспособления и инструмент, режимы обработки поверхностей и нормы времени на выполнение операций.

2 Проектирование станочного приспособления

В качестве станочного приспособления используется трехкулачковый патрон с пневмоприводом (рисунок 3).



1 – вращающийся штуцер; 2 – пневмоцилиндр; 3 – муфта; 4 – тяга; 5 – патрон; 6 – воздушный фильтр; 7 – блок управления

Рисунок 3 – Эскиз станочного приспособления

Пневматический привод отличается быстротой действия и надежностью крепления заготовки в патроне. Возможность регулирования зажимного усилия, необходимого для обработки деталей при различных режимах резания, способствует экономному расходованию электроэнергии. В то же время пневмопривод обладает низким КПД, поэтому более предпочтительными является использование в станочном оборудовании гидравлического и электромеханического привода.

Основой пневмопривода является вращающийся вместе со шпинделем станка пневмоцилиндр 2, к которому присоединены муфта 3 и тяга 4. Ко входу в пневмоцилиндр подведены шланги высокого давления, передающие воздух из пневмосистемы поочередно к задней и передней полостям пневмоцилиндра. Подача воздуха регулируется краном 7. Сушка подаваемой воздушной смеси происходит во влагоотделителе 6. Подаваемый в полости пневмоцилиндра воздух обеспечивает движение поршня, передаваемое к муфте и тяге, которая обеспечивает сжатие кулачков в патроне» [6].

2.1 Проектировочный расчет

Целью расчета является определение достаточности усилия зажима заготовки.

Определим силы, действующие на заготовку, во время обработки. Для рассмотрения выбираем переход, на котором снимается наибольший припуск за один проход, то есть на котором действуют наибольшие усилия на заготовку. Рассмотрим точение с диаметра 70,2 мм до диаметра 68,4 мм. Расчет был приведен ранее. Скорость резания равна (формула 31):

$$v_{\text{мин.}} \quad (31)$$

Силу резания определим по формуле (32):

$$P_z = C_p \cdot v^{0,12} \cdot S^{0,55} \cdot t^{0,8}, \quad (32)$$

Г

Д

$$P_z = 4000 \cdot 118^{0,12} \cdot 0,3^{0,55} \cdot 0,9^{0,8} = 3361 \text{ Н.}$$

0

– коэффициент расчетной схеме (рисунок 4), сила резания стремится сдвинуть заготовку. Этому препятствуют силы трения, возникающие под действием усилия зажима заготовки.

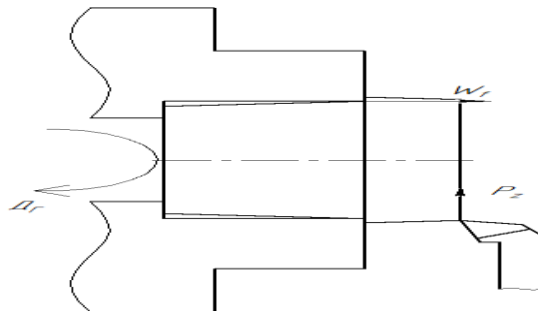


Рисунок 4 – Расчетная схема приспособления

Сила зажима заготовки одним кулачком патрона W , Н, вычисляют по формуле

$$W = \frac{W_{\text{сум}}}{Z}, \quad (29)$$

где $Z = 3$ – количество кулачков в патроне;

$W_{\text{сум}}$ – суммарная сила зажима заготовки в патроне.

С

у

м

м

а

р

–

н

у

ю

$$W_{\text{сум}} = \frac{k \cdot P_z \cdot r_1}{f \cdot r}, \quad (30)$$

где k – коэффициент надежности закрепления;

Z

– тангенциальный радиус рабочей части заготовки, мм;

f – коэффициент трения между поверхностью заготовки и кулачками

r – радиус части заготовки, зажатой кулачками, мм» [10].

с

Коэффициент запаса закрепления определим по формуле (35):

И

л

у

$$k = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (31)$$

где $K_0 = 1,5$ – гарантированный коэффициент запаса надежности

закрепления;

$K_1 = 1$ – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания из-за

случайных неровностей на заготовке;

$K_2 = 1,2$ – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания

вследствие затупления инструмента;

$K_3 = 1$ – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания при

прерывистом резании;

$K_4 = 1$ – коэффициент, учитывающий непостоянство зажимного

а

г

усилия;

$K_5=1$ – учитывает неопределенность из-за неровностей места контакта заготовки с опорными элементами» [7].

$$k=1,5 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1=2,7.$$

Рассчитываем суммарную силу зажима заготовки тремя кулачками патрона:

$$W_{\text{сум}} = \frac{2,7 \cdot 3361 \cdot \frac{68,4}{2}}{0,25 \cdot \frac{62,4}{2}} = 39789 \text{ Н.}$$

Рассчитываем силу зажима заготовки одним кулачком патрона:

W

Усилие на штоке трехкулачкового патрона $Q_{\text{шт}}$, Н, вычисляют по формуле

$$Q_{\text{шт}} = W n_k K_{\text{тр}} \left(1 + \frac{3a_k}{h_k} f_k \right) \frac{l_1}{l_k}, \quad (32)$$

где $K_{\text{тр}} = 1,05$ – коэффициент, учитывающий дополнительные силы трения в патроне;

$a_k = 40$ мм – вылет кулачка от середины его опоры в пазу патрона до центра приложения силы зажима на одном кулачке;

$h_k = 65$ мм – длина направляющей части кулачка;

$f_k = 0,1$ – коэффициент трения кулачка;

l

(конструктивно $l_1=20$ мм и $l_k=100$ мм до оси штока).

$$\text{шт} = 13263 \cdot 3 \cdot 1,051 + 3 \cdot 4065 \cdot 0,120100 = 10027 \text{ Н.}$$

Действительная сила зажима детали по принятому диаметру пневмоцилиндра $Q_{\text{ш.д.}}$, Н, вычисляют по формуле (36):

$$Q_{ш.д} = \frac{\pi \cdot D_{ц}^2}{4} \cdot p \cdot \eta, \quad (33)$$

где $\eta=0,85$ – коэффициент полезного действия;
 $p=0,39$ МПа – давление сжатого воздуха.

Диаметр поршня цилиндра $D_{ц}$, мм вычисляется по формуле (37):

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{ш.т}}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \quad (34)$$

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10027}{3,14 \cdot 0,39 \cdot 0,85}} = 196,3 \text{ мм.}$$

Далее необходимо выбрать ближайший больший стандартный размер диаметра, вращающегося пневмоцилиндра двустороннего действия $D_{ц} = 200$ мм.

$$Q_{ш.д} = \frac{3,14 \cdot 200^2}{4} \cdot 0,39 \cdot 0,85 = 10409 \text{ Н.}$$

Таким образом, был произведен проектировочный расчет детали.

2.2 Точностной расчет

Целью расчета является определение выполнения неравенства, формула 38:

$$TA \geq \frac{1}{k_c} \cdot \sqrt{\sum \Delta_i^2}, \quad (35)$$

где $TA=0,3$ мм – допуск исходного размера, погрешность выполнения которого зависит от конструктивно-технологической схемы станочного

приспособления;

k

c

o

Δ_1 – коэффициент, учитывающий долю статической составляющей в

общей погрешности (базирования, установки приспособления, базирования приспособления на станке, погрешности станка, инструмента, установки инструмента).

й

п Рассмотрим элементарные составляющие суммарной статической погрешности [11]:

Г $-\Delta_3$ – погрешность заготовки, $\Delta_3=0,1$ мм;

Р $-\Delta_{п}$ – погрешность приспособления, $\Delta_{п}=0,05$ мм;

е $-\Delta_{и}$ – погрешность инструмента, $\Delta_{и}=0,01$ мм;

Ш $\Delta_{ИБ}$ – погрешность исходной базы, $\Delta_{ИБ}=0$;

Н $\Delta_{ТБ}$ – погрешность технологической базы, $\Delta_{ТБ}=0$;

о $-\Delta_y$ – погрешность установки приспособления на станке, $\Delta_y=0,03$ мм.

с

т

.

и

8 Неравенство выполняется, следовательно, станочное приспособление обеспечивает требуемую точность обработки заготовки.

В данном разделе выбрано станочное приспособление на токарную операцию. рассмотрены его конструкция и принцип действия, приведены расчет требуемого усилия зажима и расчет точности приспособления.

Расчет и проектирование режущего инструмента

3.1 Назначение и описание конструкции проектируемого инструмента

Резец является наиболее распространенным инструментом в металлообрабатывающей промышленности. Он применяется при работе на

токарных, револьверных, карусельных, расточных, строгальных, долбежных станках, токарных автоматах, полуавтоматах и на многих других станках специального назначения» [3].

Резец проходной упорный относится к режущим токарным инструментам, которые используются для обработки цилиндрических деталей. Основной спецификацией, для которой применяются резцы проходные токарные упорные является работа с заготовками, имеющими уступы. Зачастую это детали небольших размеров, так что инструменты обладают высокой точностью. Главный угол на основной рабочей части достигает 90 градусов. Благодаря такому соотношению, снижается негативная вибрация, которая возникает в работе, и, как следствие, уменьшается риск возникновения брака или повреждения, как представлено на рисунке 5» [11].

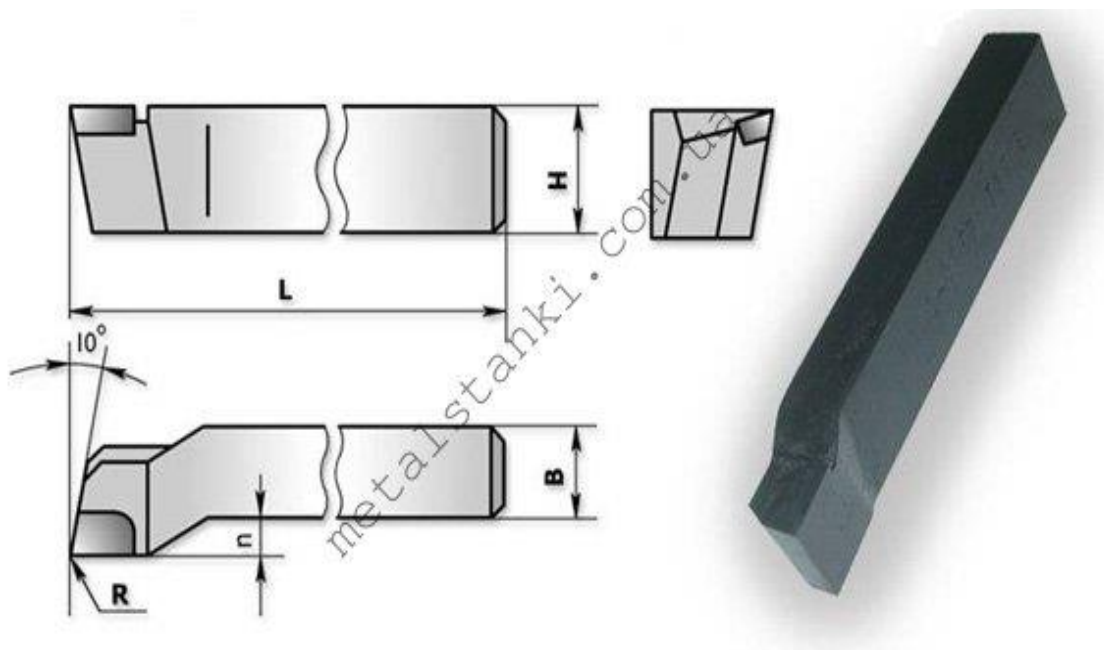


Рисунок 5 – Резец проходной упорный

Резец проходной упорный рассчитан на работу с нежесткими деталями. Его применяют для обработки бортиков заготовки, обточки валиков и проточки прочих деталей цилиндрической формы. В некоторых случаях уступы деталей образуются при помощи все того же резца, только для создания рекомендуется применять черновые разновидности инструмента, а для получения окончательного результата уже чистовые. Прямой упорный резец создается по ГОСТ 18879-73» [2].

3.2 Расчёт и выбор конструктивных и геометрических параметров проектируемого инструмента

Передний угол. «Основное назначение переднего угла - уменьшение деформации стружки и обрабатываемой поверхности. Передний угол влияет на величину и направление сил резания, прочность режущей кромки, стойкость резца и качество обрабатываемой поверхности. При малом переднем угле увеличиваются силы резания и деформация стружки. С другой стороны, повышение угла заострения улучшает отвод тепла из зоны резания и упрочняет кромку.

При обработке резцами, оснащенными твердым сплавом, передний угол может иметь как положительные, так и отрицательные величины. Переднюю поверхность выполняем плоской формы, которая применяется для обработки стали. При плоской передней поверхности и типа обрабатываемого материала передний угол выбираем положительный: γ , равный 12° – для резцов с пластинками твердого сплава» [13].

Задний угол. «Основное назначение заднего угла - обеспечить свободное перемещение резца по обрабатываемой поверхности. Задний угол α главной режущей кромки влияет на деформацию обрабатываемой поверхности, силы резания, прочность, стойкость и связанную с ней скорость резания, качество обрабатываемой поверхности. При основном износе по задней поверхности стойкость резца возрастает с повышением величины заднего угла. С повышением заднего угла возрастает также и чистота обрабатываемой поверхности. Поэтому при чистовой обработке рекомендуется применять резцы с большим задним углом.

С увеличением толщины среза (a , следовательно, и подачи) возрастают силы резания, вызывающие выкрашивание режущих кромок. Для избежания этого необходимо обеспечить большую прочность кромок и лучший отвод тепла из зоны резания путем увеличения угла заострения.

Выбираем задний угол α в зависимости от назначения резца и подачи: для

п

р

о

х

Задняя поверхность резца должна быть выполнена так, чтобы затраты на заточку и доводку были минимальными.

Задний угол на вспомогательной режущей кромке α_1 выбирается такой же

в
Угол наклона главной режущей кромки. Угол наклона главной режущей кромки λ оказывает влияние на целый ряд факторов процесса резания. Особое значение он имеет для формы стружки, направления ее сбегания и упрочнения резца. Угол λ изменяет первоначальное положение места контакта резца и заготовки. При $\lambda > 0$ место контакта удаляется от вершины, что способствует упрочнению резца. С этой точки зрения угол λ приобретает большое значение для резцов с пластинками твердого сплава, особо нуждающихся в упрочнении главной кромки.

Необходимо отметить, что с увеличением угла λ качество обрабатываемой поверхности ухудшается» [18].

К Главным углом в плане. «Главный угол в плане φ определяет соотношение между шириной и толщиной среза при постоянных значениях подачи и глубины резания. С уменьшением главного угла в плане φ уменьшается толщина среза и увеличивается его ширина. Это приводит к увеличению активной длины кромки, поэтому сила и температура резания, приходящиеся на единицу длины кромки, уменьшаются, а вместе с этим снижается и износ резца» [4].

з П

р

н

н

и К

й Радиус закругления при вершине резца. «Главная и вспомогательная кромки опираются на вершине в виде закругления радиуса r . Влияние его на работу резца примерно такое же, как и угла φ_1 . С увеличением радиуса закругления повышается качество обрабатываемой поверхности и стойкость резца, но возрастает сила резания. Для проходного токарного резца принимаем $r = 0,8$ мм.» [18]

у

ю

ф

а

Расчет параметров установки пластины в корпусе инструмента

Расчет проводим согласно рекомендациям:

- определение формы пластины, т.е. числа n ее граней;
- определение положения плоскости N-N, расположенной под углом β относительно главной режущей кромки. В этой плоскости необходимо повернуть пластину на угол μ для получения заданных главного α и вспомогательного α_1 заднего углов. Этих данных достаточно для проектирования паза под пластину у резцов (рисунок 6)» [8].

Рисунок 6 – Параметры расположения опорной поверхности паза под многогранную пластину в корпусе инструмента.

Число граней пластины определяем по формуле (39):

$$n = \frac{360}{\varphi + \varphi_1}, \quad (36)$$

где φ и φ_1 - соответственно заданные главный и вспомогательный углы в плане.

$$n = \frac{360}{45 + 15} = 6.$$

Положение плоскости N-N относительно главной режущей кромки определяется углом β определяется по формуле (40):

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\operatorname{tg} \alpha \sin \varepsilon}{\operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha \cos \varepsilon} \quad (40)$$

где ε - угол при вершине пластины.

$$\varepsilon = \frac{180(n-2)}{n} = \frac{180 \times (6-2)}{6} = 120^\circ$$

Тогда
$$\operatorname{tg}\beta = \frac{\operatorname{tg}8^\circ \times \sin 120}{\operatorname{tg}8^\circ + \operatorname{tg}8^\circ \times \cos 120} = \frac{0,121711933}{0,070270417} = 1,732050806$$

Откуда $\beta = 60^\circ$.

Угол μ рассчитываем по формуле (41):

$$\operatorname{tg}\mu = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\sin\beta} \quad (41)$$

$$\operatorname{tg}\mu = \frac{\operatorname{tg}8^\circ}{\sin 60^\circ} = 0,16228258,$$

О

т Знание углов β и μ необходимо для фрезерования паза под пластину в корпусе
резца, однако, вместо угла β удобнее использовать угол ψ между прямой,
перпендикулярной к оси детали, и плоскостью N-N:

д
$$\psi = \varphi + \beta - 90^\circ = 45^\circ + 60^\circ - 90^\circ = 105^\circ - 90^\circ = 15^\circ$$

а Определим размер сечения корпуса из расчета на прочность (рисунок 7).

о

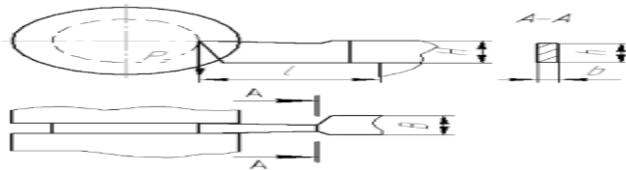


Рисунок 7– Расчет поперечного сечения резца

Ширину корпуса B определим по формуле (41):

$$B = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot P_z \cdot l}{2,56 \cdot \sigma_{\text{и.д.}}}}, \quad (42)$$

где P_z – главная составляющая силы резания, Н;

l – вылет резца, мм;

$\sigma_{и.д.}$ – допускаемое напряжение на изгиб материала корпуса, МПа.

Принимаем $\sigma_{и.д.}=150$ МПа.

Определим главную составляющую силы резания через мощность резания по формуле (43):

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}, \quad (37)$$

Откуда $P_z = \frac{1020 \cdot 60 \cdot N}{v} = \frac{1020 \cdot 60 \cdot 2,5}{415} = 370$ Н,

$$B = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 370 \cdot 100}{2,56 \cdot 150}} = 8,32 \text{ мм},$$

Принимаем $B=10$ мм.

Высоту корпуса H найдем из соотношения (формула (44)):

$$\frac{H}{B} = 1,6, \quad (38)$$

тогда $H=1,6 \cdot B=1,6 \cdot 10=16$ мм.

Максимальная нагрузка, допускаемая прочностью резца с прямоугольным сечением державки, H :

$$P_{z\text{доп}} = 10 \cdot 162 \cdot 1506 \cdot 100 = 640 \text{ Н}.$$

Максимальная нагрузка, определяемая жёсткостью резца определяется по формуле (45):

$$P_{z\text{жес}} = \frac{3 \cdot f \cdot E \cdot J}{l^3}, \quad (39)$$

где f – допускаемая стрела прогиба, мм. Принимаем $f=0,1$ мм);

E – модуль упругости, МПа. $E=2 \cdot 10^5$ МПа;

J – момент инерции, мм⁴.

$$J = \frac{B \cdot H^3}{12} = \frac{10 \cdot 16^3}{12} = 3413 \text{ мм}^4,$$

$$P_{zжес} = \frac{3 \cdot 0,1 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 3413}{100^3} = 205 \text{ Н.}$$

Условие жесткости резца не соблюдается:

$$P_z \ll P_{zжес}$$

Увеличиваем размер корпуса резца:

$$B = 15 \text{ мм},$$

$$H = 1,6 \cdot B = 1,6 \cdot 15 = 24 \text{ мм},$$

$$J = \frac{B \cdot H^3}{12} = \frac{15 \cdot 24^3}{12} = 17280 \text{ мм}^4,$$

$$P_{zжес} = \frac{3 \cdot 0,1 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 17280}{100^3} = 1036 \text{ Н.}$$

Резец обладает необходимой прочностью и жесткостью.

4 Анализ безопасности и экологичности технологического объекта

4.1 Анализ вредных и опасных факторов

При механической обработке металлов и других материалов на металлорежущих станках возникает ряд физических, химических, психофизиологических факторов, а также биологических факторов, обуславливающих опасность производственных процессов.

Движущиеся части производственного оборудования, передвигающиеся изделия и заготовки, стружка обрабатываемых материалов, осколки инструментов, высокая температура поверхности обрабатываемых деталей и инструмента, высокое напряжение в электрических сетях – относятся к категории физических опасных факторов. Физическими вредными производственными факторами, характерными для процесса резания, являются повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны, высокий уровень шума, недостаточная освещённость

рабочей зоны, наличие прямой и отражённой блёскости, пульсация светового потока» [12].

Пыль большинства металлических материалов, а также аэрозоли смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) по ГОСТ 12.1.007-76 относятся к 3 классу опасности – вещества умеренно опасные, для которых предельно-допустимые концентрации (ПДК) составляют $1,1 \dots 10 \text{ мг/м}^3$.

Продукты испарения красок и грунтовок лакокрасочного отделения могут вызвать наркотическое и токсикологическое действие, изменение со стороны центральной нервной системы» [1]. «Аэрозоль нефтяных масел, входящих в состав СОЖ, может вызвать раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей» [2].

К психофизиологическим вредным производственным факторам процессов обработки материалов резанием можно отнести физические нагрузки при установке, закреплении и съёме деталей и заготовок, перенапряжённость зрения, монотонность труда» [7].

К биологическим факторам относятся болезнетворные микроорганизмы, появляющиеся при работе с СОЖ.

4.2 Требования к производственным помещениям

В соответствии с санитарными нормами СН 1.001-94 и условиями технологического процесса производства для цехов холодной обработки металлов устанавливается V класс и предъявляются следующие требования:

- объём производственного помещения на одного работающего должен составлять не менее 15 м^3 , а площадь помещения не менее $4,5 \text{ м}^2$;
- характер и площадь остекления световых проёмов следует проектировать из условия обеспечения норм естественного освещения. Оконные проёмы, не предназначенные для вентиляции и дымоудаления, следует заполнять остеклёнными, не открывающимися переплётами или профильным стеклом. Для оконных проёмов с двойным

- остеклением следует предусматривать во внутренних переплётах открывающиеся створки для чистки стёкол;
- освещение помещений должно соответствовать СНИП 2.04-05-2000*РК. На случай внезапного прекращения подачи электроэнергии помещения оборудуют аварийным освещением, обеспечивающим освещённость не менее 5 % освещённости, нормируемой при общем освещении, но не менее 2 лк на полу основных проходов для выхода людей и 10 лк на рабочих местах, где невозможно немедленное прекращение работы;
 - полы не должны допускать проникновение в помещение грунтовых вод и вредных газов. Материал покрытия полов в отапливаемых производственных помещениях на постоянных рабочих местах, связанных с работой стоя, должен предусматриваться с коэффициентом теплоусвоения не более 6 ккал/м²ч.град. Отступление от этого требования в случае необходимости допускается при условии укладки на пол на рабочих местах деревянных щитов или теплоизолирующих ковриков;
 - проектирование отопления, вентиляции, а также выбросов вентиляционного воздуха в атмосферу должно производиться в соответствии с требованиями СН 1.001-94 и СНиП 2.04.05-91. «Для обеспечения чистоты воздуха и нормализации параметров микроклимата в производственных помещениях помимо местных отсасывающих устройств, обеспечивающих удаление вредных веществ (пыли, мелкой стружки, аэрозолей), должна быть предусмотрена приточно-вытяжная система вентиляции;
 - для безопасного движения рабочих и удобства транспортирования грузов в цехе необходимо предусмотреть отдельные входы (въезды) и выходы (выезды) для людей и транспорта. Двери и ворота должны открываться наружу, чтобы в случае массового движения рабочих их помещения двери не являлись препятствием для выхода» [14];
 - у входов в производственное помещение следует предусматривать решётки и другие устройства для очистки обуви;

- наружные стены должны иметь толщину, при которой исключалось бы возможность конденсирования влаги на их внутренних поверхностях;
- для осмотра, ремонта и очистки трубопроводов, для открывания и закрывания вентилей и задвижек подземных сооружений следует устраивать смотровые колодцы.

4.3 Выбор системы отопления

Для нормального течения физиологических процессов в организме человека должны быть соблюдены оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственного помещения [16].

Нормируемые метеорологические условия приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Нормируемые метеорологические условия

Период года	Оптимальная	Температура				Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		допустимая							
		Верхняя граница		Нижняя граница		Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая
Постоянная	Непостоянная	Постоянная	Непостоянная						
Холодный									≥0,4
Теплый									

При обеспечении оптимальных показателей микроклимата температура внутренних поверхностей конструкций, ограждающих рабочую зону (стен, пола, потолка и др.), а также температура наружных поверхностей технологического оборудования или ограждающих его устройств не должна выходить более чем на С за пределы оптимальных величин.

Для поддержания в холодное время года заданной температуры воздуха помещение отапливается. Применяется система парового отопления, наиболее

приемлемая, в санитарно-гигиеническом отношении, с нагревом пара до 130°C . Пар в систему подаётся от ТЭЦ. В данном случае система парового отопления служит также для локализации холодных потоков воздуха у окон.

Схема движения потоков воздуха у наружных ограждений представлена на рисунке 8.

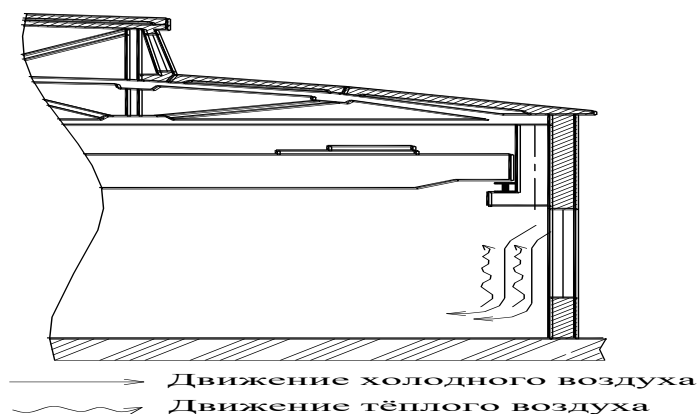


Рисунок 8 – Схема движения потоков воздуха у наружных ограждений

Нагревательные приборы располагаются под световыми проёмами по возможности по всей длине. Тогда нагретые конвективные потоки позволяют парализовать холодные потоки воздуха, возникающие в помещении у холодных поверхностей наружных ограждений. Это особенно существенно при расположении рабочих мест вблизи (на расстоянии до 2 м) от окон и наружных стен.

.4 Проектирование и выбор освещения

Освещение рабочего места – важнейший фактор создания нормальных условий труда. Практически возникает необходимость освещения как естественным, так и искусственным светом. Естественное освещение по своему спектральному составу является наиболее приемлемым. Искусственное же, наоборот, отличается относительной сложностью восприятия его зрительным органом человека.

Естественное освещение регламентируется нормами СНиП 23.05-95. Производим деление помещения на зоны с боковым освещением (зоны, примыкающие к наружным стенам с окнами) и зоны с верхним освещением; нормирование и расчёт естественного освещения в каждой зоне производим независимо» [17].

Ориентировочно принимаем площадь зоны с боковым освещением равной $2/3$ от площади пола, площадь зоны с верхним освещением равной $1/3$ от площади пола. Произведем расчёт площади боковых окон, схема освещения представлена на рисунке 9.

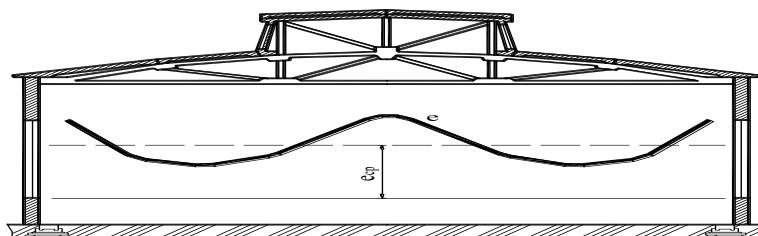


Рисунок 9 – Схема распределения естественного освещения по разрезу помещения

Проектирование искусственного освещения ставит целью решение следующих задач: выбор системы освещения, тип источника света, светильника, выбор схемы расположения светильников, выполнение светотехнического расчёта.

Искусственное освещение проектируется двух систем: общее и комбинированное (к общему освещению добавляется местное). В проектируемом цехе предусматривается расчёт общего освещения, так как местным освещением оснащается всё технологическое оборудование, поставляемое заводом-изготовителем.

Выбор источника света производится с учётом рекомендаций, приведённых в приложении 6 [17]. Согласно этим рекомендациям в проектируемом цехе источником света могут служить энергоэкономичные люминесцентные лампы типов ЛБ, ДРИ, МГЛ, ДРЛ, ЛХБ.

В производственном помещении светильники могут располагаться прямоугольно, в шахматном порядке и ромбически. В проектируемом цехе я принимаю прямоугольное расположение светильников, рисунок 10.

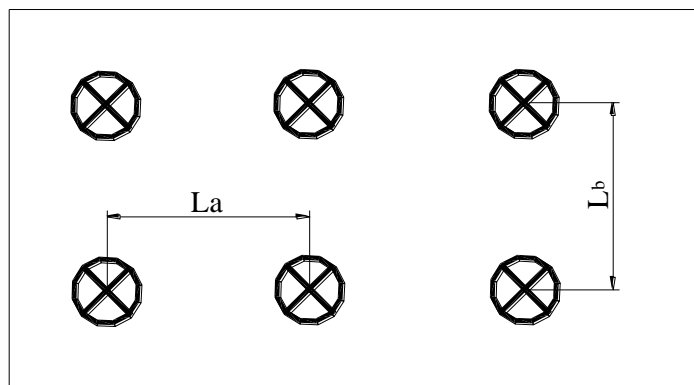


Рисунок 10 – Прямоугольная схема расположения светильников

Чтобы уменьшить ослепляющее действие светильников, высоту подвеса их над уровнем пола устанавливают не менее 3...6 м [17], рисунок 11.

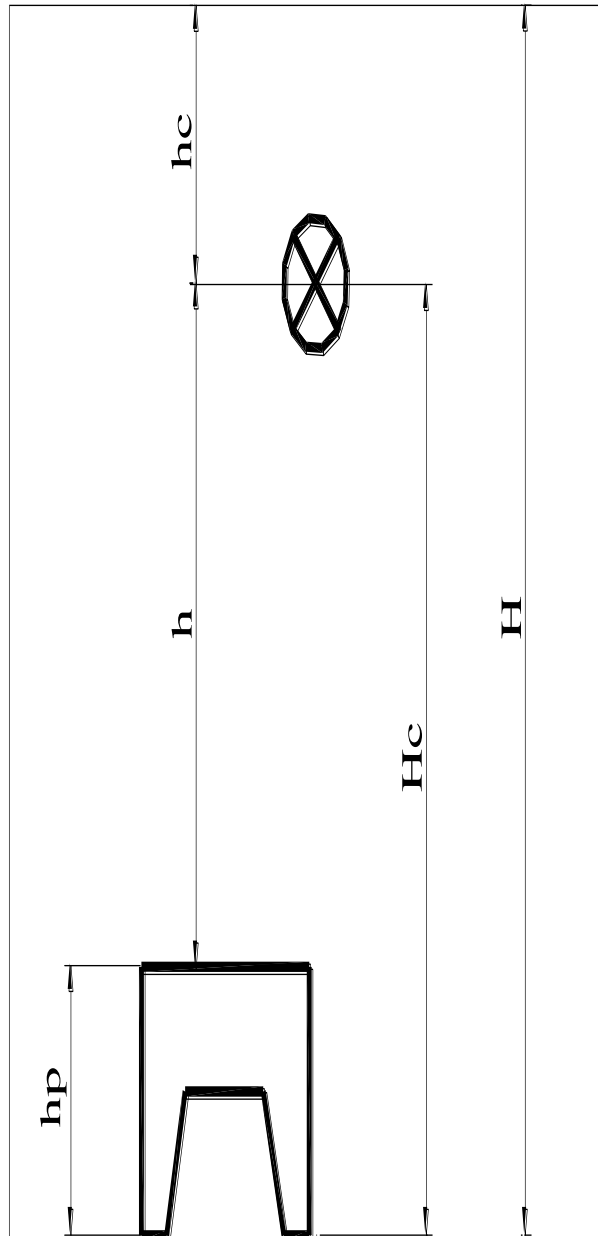


Рисунок 11 – Схема к расчёту высоты подвеса светильников

Светильники предназначены для размещения в них ламп в целях повышения санитарно-гигиенических качеств освещения и снижение расхода электроэнергии. Проектируемый цех является помещением с невысокими отражающими свойствами стен и потолка, следовательно, для освещения целесообразно применить светильники прямого света.

5 Экономический раздел

5.1 Расчет годового фонда времени работы оборудования

Эффективный фонд времени работы рабочих и оборудования на год вычисляется по формуле 45:

$$\Phi_{\text{эф}}^{\text{об}} = \Phi_{\text{ном}} \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right), \quad (40)$$

где $\Phi_{\text{ном}} = 247 \cdot 8 = 1976$ часа – при единично-сменной рабочей неделе;
%
процент простоев оборудования в ремонте.

$$\Phi_{\text{эф}}^{\text{об}} = 1976 \cdot \left(1 - \frac{5}{100}\right) = 1877,2 \text{ ч.}$$

Годовой фонд работы времени работы оборудования составит 1877,2 часа.

Расчет годового фонда времени работы одного рабочего

Эффективный фонд времени одного рабочего вычисляется по формуле 46:

$$\Phi_{\text{эф}}^{\text{раб}} = \Phi_{\text{ном}} \cdot \left(1 - \frac{\beta}{100}\right), \quad (41)$$

где $\beta = 12,8\%$ - процент невыходов, разрешенных законодательством по отношению к номинальному фонду времени (отпуска – 6%, выполнение государственных и общественных обязанностей – 0,6%, невыходы по болезни, беременности, родам – 5%, сокращенный рабочий день – 1,2%)

$$\Phi_{\text{эф}}^{\text{раб}} = 1976 \cdot \left(1 - \frac{12,8}{100}\right) = 1723,1 \text{ ч.}$$

Эффективный фонд времени одного рабочего составит 1723,1 часа.

5.3 Расчет количества технологического оборудования

Количество основного оборудования рассчитываем по каждому из видов оборудования по формуле 47:

$$C_p = \frac{N \cdot T_{шт}}{\Phi_{эф}^{об} \cdot 60}, \quad (42)$$

Г

шт – штучно- калькуляционное время обработки на данном станке, мин.

е

N Расчет количества основного оборудования представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Расчет количества основного оборудования

П	Номер операции	Наименование операции	Станок	$T_{шт-к}$, мин	C_p расчетное	C_p принятое
р		Токарная	16К20Ф3			
о		Токарная	16К20Ф3			
г		Токарная	16К20Ф3			
р		Токарная	16К20Ф3			
а		Вертикально-фрезерная	6P12			
		Шлифовальная	3А110			
		Шлифовальная	3А228			

м

Таким образом, представлен расчет количества основного оборудования в зависимости от операций.

в

5.4 Расчет численности персонала

п

Производственный персонал подразделяется на следующие категории:

Основные рабочие

к

а

- 2) Вспомогательные рабочие
- 3) Инженерно-технические работники (ИТР) и специалисты
- 4) Служащий и обслуживающий персонал

Численность основных производственных рабочих рассчитывается (с последующим округлением расчетного значения в большую сторону до ближайшего целого числа) по формуле 48:

$$P_{\text{осн}} = \frac{N \cdot T_i}{\Phi_{\text{эф}}^p \cdot K_{\text{вн}} \cdot 60}, \quad (43)$$

где $K_{\text{вн}}$ — средний планируемый коэффициент выполнения норм выработки;
 $K_{\text{вн}}=1,1$.

Расчет количества основных рабочих представлено в таблице 8.

Таблица 8 – Расчет количества основных рабочих

Номер операции	Наименование операции	Станок	$T_{\text{шт-к}}$, мин	$P_{\text{осн}}$ расчетное	$P_{\text{осн}}$ принятое
	Токарная	16К20Ф3			
	Токарная	16К20Ф3			
	Токарная	16К20Ф3			
	Токарная	16К20Ф3			
	Вертикально-фрезерная	6Р12			
	Шлифовальная	3А110			
	Шлифовальная	3А228			
—	—	—	—	Итого	

Численность вспомогательных производственных рабочих принимается в размере 10-20 % от общей численности основных рабочих, округляя до ближайшего целого значения, по формуле 49:

$$P_{\text{в}} = 0,2 \cdot \sum P_{\text{осн}i}, \quad (44)$$

$$P_B = 0,2 \cdot 3 = 0,6 \text{ чел}$$

Принимается $P_B = 1$ чел.» [12]

Численность инженерно-технических работников (ИТР), служащих (СЛУЖ), и младшего обслуживающего персонала (МОП) принимаем в размере 40 % от общей численности основных и вспомогательных рабочих, служащих – 3%, а младшего обслуживающего персонала – 2 %, округляя до большего целого числа их расчетные значения» [9]:

$$P_{\text{итр}} = 0,4 \cdot (P_{\text{осн}} + P_B),$$

$$P_{\text{итр}} = 0,4 \cdot (3+1) = 1,6 \text{ чел.}$$

Принимается $P_{\text{итр}} = 2$ чел.

$$P_{\text{служ}} = 0,03 \cdot (P_{\text{осн}} + P_B) = 0,03 \cdot (3+1) = 0,12 \text{ чел.} \quad (49)$$

Принимается $P_{\text{служ}} = 1$ чел.

$$P_{\text{моп}} = 0,02 \cdot (P_{\text{осн}} + P_B)$$

$$P_{\text{моп}} = 0,02 \cdot (3+1) = 0,06 \text{ чел.}$$

Принимаем $P_{\text{моп}} = 1$ чел.

Итого на участке работают 8 человек и задействовано 4 станка.

5.5 Расчет заработной платы персонала

«Основная заработная плата основных производственных рабочих, непосредственно осуществляющих обработку годовой программы изделий, может быть определена по формуле 50:

$$OЗП_i = Z_i \cdot D_i \cdot P_i, \quad (45)$$

где Z_i – заработная плата i -той квалификационной группы по тарифу, руб.
 D_i - доплаты (в связи с отклонениями от нормальных условий работы, за сверхурочные работы, за работу в ночное время и в праздничные дни, оплата простоев не по вине работника, за совмещение работ, и др., в среднем по машиностроительным цехам предприятия их можно принять 20% от основной заработной платы), руб.» [5]

P_i - премии (за своевременное и качественное выполнение работ, в среднем по машиностроительным цехам предприятия их можно принять 30% от основной заработной платы), руб.

Заработная плата может быть определена по формуле 51:

$$Z_i = K_C \cdot N \cdot T_{шт-ki} \cdot \frac{C_{чи}}{60}, \quad (46)$$

г

д законодательством Российской Федерации надбавки (для рассматриваемых
 е условий труда $K_C=1,5$)

$C_{чи}$ – районный коэффициент (учитывая тарифную ставку) работы рабочего i -й квалификационной группы, руб.

Дополнительная заработная плата основных производственных рабочих (11) включает выплаты за фактически не отработанное время, но которые предусмотрены законодательством Российской Федерации о труде и коллективными договорами:

- оплату времени отпусков;
- оплату выполнения государственных и общественных обязанностей;
- оплату перерывов в работе кормящих матерей;
- оплату льготных часов отдельным категориям работников (подросткам, инвалидам и т.п.);

– выходное пособие при увольнении, и др.» [6]

$$ДЗП_i = K_{ДЗП_i} \cdot ОЗП_i, \quad (47)$$

где $K_{ДЗП_i}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (для цехов машиностроительного профиля судостроительного предприятия можно

п

р

и

н Полная заработная плата основных производственных рабочих складывается

из их основной и дополнительной заработной платы:

т

ь

$$ЗП_{Оi} = ДЗП_i + ОЗП_i. \quad (48)$$

в Суммарная заработная плата всех основных производственных рабочих, занятых изготовлением изделия данного вида:

с

р

е

$$ЗП_0 = \sum ЗП_{Оi}. \quad (49)$$

д Результаты расчетов сведем в таблицу 9.

н

Таблица 9 – Расчет заработной платы основных рабочих

м

Профессия	$T_{шт-кi}$, мин	$C_{чi}$, руб.	Z_i , руб.	$ОЗП_i$, руб.	$ДЗП_i$, руб.	$ЗП_{Оi}$, руб.
Токарь						
Фрезеровщик						
Шлифовщик						
Итого		–	–	–	–	

е

д

п

р

и

Зарботную плату вспомогательных рабочих обычно рассчитывают, как процент (можно принять 40%) от зарботной платы основных производственных рабочих по формуле 55:

$$\begin{aligned} \text{ЗП}_B &= 0,4 \cdot \text{ЗП}_O, \\ \text{ЗП}_B &= 0,4 \cdot 177271 = 70908 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (50)$$

Зарботная плата инженерно-технических работников (ИТР) обычно включает:

- должностной оклад, который можно определить как произведение тарифной ставки T_1 первого разряда станочника на коэффициент разряда тарифной сетки $K_{pИТРi}$ (по тарифно-квалификационному справочнику предприятия);
- премию $\Pi_1 i$ за месяц (ее можно принять в размере 40% от должностного оклада)» [11].

Тогда зарботную плату i -й категории ИТР с учетом районного (северного) коэффициента K_c можно определить по формуле 56:

$$\text{ЗП}_{ИТР} = \text{Ч}_{ИТР} \cdot T_1 \cdot K_{pИТР} \cdot (1 + \Pi_1) \cdot K_c \cdot N \cdot \frac{\sum T_{шкi}}{60}, \quad (51)$$

$$\text{ЗП}_{ИТР} = 2 \cdot 105 \cdot 1,2 \cdot (1 + 0,4) \cdot 1,5 \cdot 1000 \cdot \frac{34,21}{60} = 301732 \text{ руб.}$$

Зарботную плату служащих и обслуживающего персонала можно определить по аналогичным формуле 57:

$$\text{ЗП}_{МОП+СЛ} = \text{Ч}_{МОП+СЛ} \cdot T_{1МОП+СЛ} \cdot K_{pМОП+СЛ} \cdot (1 + \Pi_1) \cdot K_c \cdot N \cdot \frac{\sum T_{шкi}}{60}, \quad (52)$$

$$\text{ЗП}_{МОП+СЛ} = 2 \cdot 75 \cdot 1,1 \cdot (1 + 0,4) \cdot 1,5 \cdot 1000 \cdot \frac{34,21}{60} = 215523 \text{ руб.}$$

Таким образом, заработная плата служащих и обслуживающего персонала составит 215 523 рубля.

5.6 Отчисления в непроизводственные фонды

Установленные законодательством Российской Федерации отчисления в непроизводственные фонды (пенсионный фонд, фонд социального страхования, фонд обязательного медицинского страхования, и т.п.) можно определить совокупно на текущий год как процент (долю) от заработной платы основных производственных рабочих (в 2023 г. его размер составил 30,2%), руб.» [15]:

$$\Phi_{\text{Н}}=0,3 \cdot ЗП_{\text{О}}, \quad (53)$$

$$\Phi_{\text{Н}}=0,3 \cdot 177271=53181 \text{ руб.}$$

Таким образом, отчисления в непроизводственные фонды служащих и обслуживающего персонала составит 53 181 рубль.

5.7 Отчисления в фонд обязательного страхования

Эти затраты определяют на текущий год как процент (доля) от заработной платы основных производственных рабочих по отраслям (для предприятий судостроения он составляет в соответствии с законодательством 2,8%), руб.:

$$\Phi_{\text{П}}=0,028 \cdot ЗП_{\text{О}}, \quad (54)$$

$$\Phi_{\text{П}}=0,028 \cdot 177271=4964 \text{ руб.}$$

Таким образом, отчисления в фонд обязательного страхования составят 4964 рубль.

Затраты на потребляемые ресурсы

Затраты на потребляемые ресурсы включают затраты на силовую электроэнергию, стоимость электроэнергии, затраты на сжатый воздух при рассмотрении данного технологического процесса.

Затраты на силовую электроэнергию можно определить по формуле 60:

$$W_{\text{э}} = \frac{N_{\text{уст}} \cdot \Phi_{\text{эф}}^{\text{об}} \cdot n_0}{K_c \cdot n_{\text{д}}}, \quad (55)$$

где $N_{\text{уст}}$ – установочная мощность всех станков на участке равная 24 кВт;

n_0 – коэффициент одновременной работы оборудования ($0,7 \div 0,75$);

K_c – коэффициент потерь в электрической сети равный 0,95;

$n_{\text{д}}$ – КПД электродвигателя ($0,85 \div 0,9$).

$$W_{\text{э}} = \frac{24 \cdot 1877,2 \cdot 0,7}{0,95 \cdot 0,85} = 39055 \text{ кВт}$$

Стоимость электроэнергии рассчитывается по формуле 61:

$$C_{\text{э}} = W_{\text{э}} \cdot \Pi_{\text{э}}, \quad (56)$$

где $\Pi_{\text{э}}$ — цена одного кВт/час равная 6 руб.

$$C_{\text{э}} = 39055 \cdot 6 = 234330 \text{ руб}$$

Затраты на сжатый воздух определяются по формуле 62 и 63:

$$C_{\text{сж}} = \Pi_{\text{сж}} \cdot \Pi_{\text{сж}}, \quad (57)$$

где $\Pi_{\text{сж}}$ – стоимость 1 м³ равная 3,72 руб.;

$P_{сж}$ — общий расход сжатого воздуха, м³

$$P_{сж}=0,3 \cdot D_p \cdot C_{пр}, \quad (58)$$

где D_p – рабочих дней в году, $D_p=247$;

$C_{пр}$ – принятое число оборудования.

$$P_{сж}=0,3 \cdot 247 \cdot 4=296,4 \text{ м}^3$$

$$C_{сж}=296,4 \cdot 3,72=1103 \text{ руб.}$$

Таким образом, затраты на силовую электроэнергию составят 39055кВт, стоимость электроэнергии составит 234300 руб.

Цеховые расходы

Цеховые расходы включают в основном затраты на управление производством и общехозяйственные затраты цеха – на содержание общецехового персонала, зданий, сооружений, затраты на испытания, исследования, и пр.

Цеховые расходы обычно определяют как процент (в среднем по машиностроительному предприятию можно принять 200 %, т.е. можно принять коэффициент цеховых расходов $K_{ц}$ равным 2,0) от суммы основной заработной платы основных производственных рабочих, руб.» [15]:

$$P_{ц}=K_{ц} \cdot ЗПО, \quad (59)$$

$$P_{ц}=2 \cdot 177271=354542 \text{ руб.}$$

Таким образом, цеховые расходы составят 354542 руб.

Цеховая себестоимость

Цеховая себестоимость включает в себя все затраты цеха на производство продукции. Ее можно рассчитать, как сумму ранее рассчитанных затрат и расходов, рублей по формуле 65:

$$C_{ц} = C_M + 3\Pi_O + 3\Pi_B + 3\Pi_{И} + 3\Pi_{МОП+СЛ} + \Phi_H + \Phi_{II} + C_9 + C_{СЖ} + C_B + P_{ц} \quad (60)$$

Затраты на основные материалы. «Стоимость основного материала на изготовление изделий заданной номенклатуры, руб., определяют по формуле 66»

$$C_M = \Pi_M \cdot M_3 \cdot N \cdot K_{ТЗ}, \quad (61)$$

где Π_M – цена 1 кг материала, из которого изготавливается изделие, руб.

M_3 – вес одной заготовки, кг.

$K_{ТЗ}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов (для предприятия

$$C_M = 50 \cdot 0,86 \cdot 1000 \cdot 1,1 = 4730 \text{ руб.}$$

$$\begin{aligned} C_{ц} &= 4730 + 177271 + 70908 + 301732 + 215523 + 53181 + 4964 + 234330 + 1103 + 354542 \\ &= 1460854 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Затраты на основные материалы составят 1460854 руб.

Производственная себестоимость

Производственную себестоимость можно рассчитать как сумму цеховой себестоимости и сумму общезаводских расходов по формуле 67:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{ц}} + C_3 \quad (62)$$

где C_3 - общезаводские хозяйственные расходы определяем как процент от ДЗП (по нормативам предприятия в среднем для машиностроительных цехов можно принять 18%) по формуле 68:

$$C_3 = P_{\text{ц}} \cdot 0,18 \quad (63)$$

$$C_3 = 354542 \cdot 0,18 = 63818 \text{ руб.},$$
$$C_{\text{пр}} = 1460854 + 63818 = 1524672 \text{ руб.}$$

Таким образом, производственная себестоимость составит 1524672 рубля.

Полная себестоимость

Полная себестоимость включает производственную себестоимость и внепроизводственные расходы (отчисления на научно-исследовательские работы, расходы по подготовке кадров, и т.п.). Их можно принять в размере 5% от производственной себестоимости, тогда полная себестоимость определяется по формуле 69:

$$C_{\text{пол}} = C_{\text{пр}} \cdot 1,05 \quad (64)$$

Экономические показатели технологического процесса изготовления детали сведены в таблицу 10.

Экономические показатели технологического процесса изготовления детали включают такие затраты, как: основные материалы, заработная плата основных производственных рабочих, отчисления в непроизводственные фонды, отчисления в фонд обязательного социального страхования производственных рисков, затраты на потребляемые ресурсы и цеховые расходы.

Таблица 10 – Экономические показатели технологического процесса изготовления детали

Наименование затрат	Технологический процесс (руб.)
Основные материалы	47300
Заработная плата основных производственных рабочих	177271
Отчисления в непроизводственные фонды	53181
Отчисления в фонд обязательного социального страхования производственных рисков	4964
Затраты на потребляемые ресурсы	235433
Цеховые расходы	354542
Цеховая себестоимость	1460854
Производственная себестоимость	1424672
Полная себестоимость	1600906

Из таблицы можно наблюдать, что наибольшую долю затрат в общей себестоимости занимают затраты цеховые и затраты на потребляемые ресурсы.

Полная себестоимость изготовления детали составит 1 600 906 руб.

Таким образом, были проведены экономические расчеты для объема выпуска детали в 1000 шт в год., в результате расчетов получены экономические показатели проекта, которые позволяют сравнивать различные варианты изготовления детали между собой.

Заключение

В выпускной квалификационной работе был рассмотрен вопрос разработки технологического процесса изготовления детали «Муфта».

Для достижения поставленной цели был проведен анализ конструкции детали, выбран и обоснован способ получения заготовки, разработан маршрут обработки.

Для разработанного технологического процесса изготовления были подобраны технологическое оборудование, основной и вспомогательный инструмент, проведены расчеты режимов резания, проведено нормирование операций.

При разработке технологии изготовления детали рассматриваются обрабатываемые поверхности: требования к точности и шероховатости, разрабатываются маршруты получения поверхностей, которые удовлетворяют этим требованиям. Выбирается способ получения заготовки, подбирается технологическое оборудование, оснастка и режущий инструмент.

Было спроектировано станочное приспособление для закрепления заготовки на токарной операции, проведен анализ его точности и проектировочный расчет.

Был рассчитан и спроектирован режущий инструмент для технологического перехода токарной операции.

Рассмотрены вопросы по организации мероприятий по охране труда и защите окружающей среды. В заключительных разделах выпускной работы рассмотрены вопросы безопасности и экологичности технологических объектов, проведены экономические расчеты для объема выпуска детали в 1000 шт в год., в результате расчетов получены экономические показатели проекта, которые позволяют сравнивать различные варианты изготовления детали между собой.

В экономическом разделе проведен расчет экономических показателей технологического процесса, рассчитана себестоимость детали.

Список используемых источников

- льбом. Приспособления базовые с быстродействующими зажимными устройствами. Часть 1. ОГТ УМПО, 1987.
- ойков Ф.И., Матвеев В.В., Свиридов Ю.М. Проектирование экономических технологических процессов в машиностроении. Челябинск; Южно-уральское книжное издательство. 1979. 111с.
- уторин Г. И. Проектирование машиностроительного производства. Челябинск: ЮУрГУ, 2005.
- анилевский В.В. Технология машиностроения. М.: Высшая школа, 1972.
- обрыднев И.С. Курсовое проектирование по предмету «Технология машиностроения». М: Машиностроение 1985. 184 с.
- лепиков В.В., Бодров А.Н. Технология машиностроения: учебник. М: ФОРУМ
- икифиров В.М. Технология металлов и конструкционные материалы. Л: Машиностроение. 1986. 363 с.
- роектирование приспособление / Р.С. Фаскиев, Е.В. Бондаренко. Оренбург: ГОУ ОГУ. 2006. 178 с.
- роектирование и расчёт станочных и контрольно-измерительных приспособлений в курсовых и дипломных проектах / И.Н. Аверьянов, А.Н. Болотеин, М.А. Прокофьев. Рыбинск: РГАТА. 2010. 220 с.
- ахимов Э. Г. Расчет ожидаемой погрешности обработки деталей: учебное пособие. Уфа: УАИ. 1989. 69 с.
- афонов Г.К. Проектирование и производство заготовок. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ,
- илантьева Н.А., Малиновский В.Р. Техническое нормирование труда в машиностроении. М: Машиностроение, 1990.
- овременные конструкции промышленных зданий. М.: Стройиздат, 1982. 315 с.
- НиП 10-01-94. Система нормативных документов в строительстве. Основные положения.

анПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

НиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.

правочник конструктора-инструментальщика / Под общ. ред. В. И. Баранчикова. М.: Машиностроение. 1994. 560 с.

таночные приспособления / Под ред. Б.Н. Вардашкина, В.В. Данилевского. М.: Машиностроение. 1984. 592 с.

техническое нормирование операций механической обработки деталей: учебное пособие / И.М. Морозов, И.И. Гузеев, С.А. Фардюшин. Челябинск: Изд. ЮУрГУ.

20. Харламов Г.А., Тарапанов А.С. Припуски на механическую обработку: Справочник. М.: Машиностроение, 2006. 200 с.

Приложение А

Приспособление токарное (спецификация)

		Перв. примен.			Формат	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание				
					Зона					Лист			
							<u>Документация</u>						
Справ. №						24.БР.ОТМП.001.61.100 СБ	Сборочный чертеж						
											<u>Детали</u>		
						1	24.БР.ОТМП.001.61.101	Корпус	1				
						2	24.БР.ОТМП.001.61.102	Кулачок	3				
						3	24.БР.ОТМП.001.61.103	Сухарь	3				
						4	24.БР.ОТМП.001.61.104	Кулачок	3				
						5	24.БР.ОТМП.001.61.105	Ось	3				
						6	24.БР.ОТМП.001.61.106	Диск	1				
						7	24.БР.ОТМП.001.61.107	Крестовина	1				
						8	24.БР.ОТМП.001.61.108	Пята	1				
						9	24.БР.ОТМП.001.61.109	Гайка	1				
						10	24.БР.ОТМП.001.61.110	Тяга	1				
						11	24.БР.ОТМП.001.61.111	Втулка	1				
						12	24.БР.ОТМП.001.61.112	Ось	1				
						13	24.БР.ОТМП.001.61.113	Фланец	1				
						14	24.БР.ОТМП.001.61.114	Ниппель	2				
						15	24.БР.ОТМП.001.61.115	Крышка цилиндра	1				
						16	24.БР.ОТМП.001.61.116	Крышка цилиндра	1				
	17	24.БР.ОТМП.001.61.117	Штак	1									
	18	24.БР.ОТМП.001.61.118	Диск	1									
	19	24.БР.ОТМП.001.61.119	Втулка	1									
					24.БР.ОТМП.001.61.100								
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Инв. № подл.	Разраб.	Алексин С.В.			Приспособление токарное								
	Проб.	Варанов Д.Ю.											
	Н.контр.												
Утв.				Лит. Лист Листов 1 2 ТГУ зр. ТМдп-1901а Формат А4									

Копировал

Формат А4

Приложение Б

Резец проходной упорный с СМП (спецификация)

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
			24.БР.ОТМП.001.61.200 СБ	Сборочный чертеж		
<i>Детали</i>						
		1	24.БР.ОТМП.001.61.201	Державка	1	
		2	24.БР.ОТМП.001.61.202	Пластина	1	
		3	24.БР.ОТМП.001.61.203	Упор	1	
		4	24.БР.ОТМП.001.61.204	Винт	1	
		5	24.БР.ОТМП.001.61.205	Винт	1	
24.БР.ОТМП.001.61.200						
Изм. / лист		№ докум.		Подп.		Дата
Разраб.		Алехин С.В.				
Проб.		Варонов Д.Ю.				
Н.контр.						
Утв.						
Резец проходной упорный с СМП				Лит.		Листов
Копировал				1		1
ТГУ				г. ТМдп-1901а		Формат А4