

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Автомобильный транспорт и машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ А.Н. Борисенко  
подпись      инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных  
производств

Разработка технологического процесса механической обработки корпуса  
насоса высокого давления 0390.22.001-5.

Руководитель	_____	к.т.н., доцент каф.АТиМ	Е.М. Желтобрюхов
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		Т.А. Бухольцева
	подпись, дата		инициалы, фамилия

Абакан, 2019

Продолжение титульного листа БР по теме: Разработка технологического процесса механической обработки корпуса насоса высокого давления 0390.22.001-5.

---

Консультанты по разделам:

<u>Технологическая часть</u>	_____	<u>Е.М. Желтобрюхов</u>
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия

<u>Конструкторская часть</u>	_____	<u>Е.М. Желтобрюхов</u>
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия

<u>Организационно-экономическая часть</u>	_____	<u>Е.М. Желтобрюхов</u>
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия

Нормоконтролер	_____	<u>М.М. Сагалакова</u>
	подпись, дата	инициалы, фамилия

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Автомобильный транспорт и машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ А.Н. Борисенко  
подпись      инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г

**ЗАДАНИЕ  
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ  
в форме бакалаврской работы**

Студенту Бухольцевой Т.А.

фамилия, имя, отчество

Группа 25-1 Направление 15.03.05

номер

код

Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных  
производств

Тема выпускной квалификационной работы: Разработка технологического  
процесса механической обработки корпуса насоса высокого давления  
0390.22.001-5.

Утверждена приказом по университету № 261 от 11.04.2019

Руководитель ВКР Е.М. Желтобрюхов, к.т.н., доцент кафедры АТиМ

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР:

1. Чертеж детали с заводским номером 0390.22.001-5.
2. Годовая программа N = 6 000 шт

Перечень разделов ВКР Технологическая часть; Конструкторская часть;  
Организационно-экономическая часть;

Перечень графического материала 1. Чертеж детали - 1 лист ф. А1; 2.  
Технологический процесс - 4 листа ф. А1; 3. Приспособление контрольное  
– 1 лист ф. А1; 4. Приспособление расточное – 1 лист ф. А1; 5. Техничко-  
экономические показатели -1 лист ф.А1;

Руководитель ВКР \_\_\_\_\_  
подпись

Е.М. Желтобрюхов  
инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_ Т.А. Бухольцева  
подпись, инициалы и фамилия студента

## РЕФЕРАТ

В работе представлены результаты проектирования технологического процесса механической обработки корпуса насоса высокого давления.

В технологической части проанализировано служебное назначение насоса высокого давления, проведен анализ технологичности и технических требований, обоснован рациональный способ получения заготовки, назначены припуски на обрабатываемые поверхности, рассчитаны оптимальные режимы резания, проведено нормирование технологического процесса обработки, выбраны необходимые оборудование и технологическая оснастка.

В конструкторской части спроектировано специальное зажимное приспособление для установки и закрепления заготовки на универсальном вертикально-расточном станке 2Е440А на операции растачивания посадочных отверстий. Так же спроектировано специальное контрольное приспособление для контроля торцевого биения торца относительно оси отверстия  $\varnothing 40$  и для контроля параллельности торца поверхности.

В экономической части проведен расчет стоимости ОПФ, заработной платы рабочих и расчет затрат на организацию производства на изготовление корпуса насоса высокого давления по спроектированным вариантам технологических процессов механической обработки корпуса на универсальных станках и оборудовании с ЧПУ. На основании проведенного экономического анализа разработанных техпроцессов, сделан вывод об эффективности и целесообразности применения станков с ЧПУ.

В графической части работы выполнены чертежи корпуса насоса высокого давления, совмещенного с заготовкой, зажимного и контрольного приспособлений, разработаны технологические карты процессов обработки корпуса по спроектированным вариантам. Представлены основные технико-экономические показатели проекта.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	6
1 Технологическая часть .....	7
1.1 Служебное назначение детали .....	7
1.2 Анализ технологичности детали .....	7
1.3 Анализ технических требований .....	9
1.4 Выбор вида заготовки .....	9
1.5 Обоснование выбора баз и составление маршрута обработки .....	12
1.6 Расчет и назначение припусков .....	14
1.7 Расчет режимов резания .....	17
1.8 Техническое нормирование технологического процесса .....	22
1.9 Разработка технологического процесса для ЧПУ .....	27
1.10 Выбор оборудования с ЧПУ .....	27
1.11 Разработка маршрута механической обработки на ЧПУ .....	29
1.12 Нормирование технологического процесса на станках с ЧПУ .....	32
2 Конструкторская часть .....	34
2.1 Проектирование расточного приспособления .....	34
2.1.1 Техническое задание .....	34
2.1.2 Описание конструкции и расчет необходимой силы закрепления ..	34
2.1.3 Расчет силового привода .....	36
2.1.4 Расчет расточного приспособления на точность .....	37
2.2 Проектирование приспособления для контроля торцевого биения .....	39
2.2.1 Техническое задание .....	39
2.2.2 Описание конструкции приспособления .....	39
2.2.3 Расчет на точность .....	39
2.3 Проектирование приспособления для контроля параллельности плоскостей .....	38
2.3.1 Техническое задание .....	38
2.3.2 Расчет на точность .....	39
3 Организационно-экономическая часть .....	42
3.1 Расчет необходимого количества оборудования участка .....	42
3.2 Перечень универсального оборудования .....	44
3.3 Расчет необходимой площади цеха под универсальное оборудование ...	44

3.4 Перечень оборудования с ЧПУ.....	45
3.5 Расчет необходимой площади цеха под обрабатывающий центр .....	45
3.6 Составление ведомости технологического оборудования .....	46
3.7 Расчет стоимости производственных помещений.....	46
3.8 Расчет фонда заработной платы .....	47
3.9 Экономическая эффективность проекта .....	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	50
CONCLUSION .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	50
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	52

## **ВВЕДЕНИЕ**

На сегодняшний день машиностроение является неотъемлемой частью существования каждого человека. Большую часть машиностроительного производства занимает механическая обработка заготовок и сборка деталей и узлов. То есть эти процессы составляют основную часть общей трудоемкости изготовления машин и механизмов.

Число модернизированных механизмов и вновь создаваемых машин увеличивается с каждым годом в несколько раз. Каждый год современные технологии внедряются в производство, оказывая большое влияние на производственный процесс. Объем проектных задач постоянно растет, привлекая новых специалистов. На сегодняшний день современное производство уже невозможно без использования ЭВМ; с их помощью значительно сокращается срок (время) технологической подготовки производства. Множество рутинных операций заменяются электронными вычислениями.

В настоящее время перед технологами машиностроителями стоят задачи дальнейшего повышения качества машин; снижения трудоемкости, себестоимости и металлоемкости их изготовления. Внедрения поточных методов работы, механизации и автоматизации производства и сокращения сроков подготовки производства новых машин.

Выпускная квалификационная работа обобщает знания, полученные во время обучения. Показывает уровень подготовки будущего инженера, умение работать со справочной литературой. Практические и теоретические знания, полученные за время обучения, должны слиться в единое целое и отразиться в итоговой работе.



## 1 Технологическая часть

### 1.1 Служебное назначение детали

Топливный насос высокого давления предназначен для подачи в цилиндры двигателя в определенные моменты времени строго дозированных порций топлива под высоким давлением. К насосам предъявляются высокие требования по герметичности, поэтому корпус имеет высокую точность изготовления плоскостей разъема и каналов перекачки топлива. Корпус должен защищать весь механизм насоса от утечек топлива, а также обеспечивать его прочность.

Материалом деталей является серый чугун СЧ18 ГОСТ 1412-85. Это перлитный чугун с пластинчатым графитом. Чугуны этой марки имеют среднюю прочность и хорошую обрабатываемость. Из него изготавливают в основном корпусные детали сложной конфигурации с толщиной стенок 20-60 мм.

Таблица 1.1.1 - Химический состав серого чугуна СЧ 18, %

Углерод С	Кремний Si	Марганец Mn	Фосфор Р не более	Сера S не более	Хром Cr не более	Никель Ni не более
3,1-3,4	1,7-2,1	0,8-1,2	0,3	0,15	0,3	0,5

### 1.2 Анализ технологичности детали

Чертёж содержит все необходимые сведения. Указаны материал детали, покрытие. Чертёж обладает достаточным количеством размеров, необходимым для обработки и контроля всех поверхностей детали.

Деталь имеет ряд труднодоступных для инструмента поверхностей, что увеличивает трудоёмкость обработки. Имеется большое количество глухих отверстий, что потребует дополнительной настройки оборудования. Растачивание канавок тоже является не технологичным, т.к. потребуются смена инструмента на канавочные резцы.

В остальном деталь технологична, так как обработка остальных поверхностей не затрудняет подвод инструмента и позволяет производить обработку на проход.

Проведем количественную оценку технологичности конструкции детали по следующим показателям:

1. Коэффициент использования материала [1, с.57]

$$k_m = m_d / m_z \quad (1.1)$$

где  $m_{дет}$  – масса готовой детали,  $m_{заг}$  – масса заготовки.

$$K_m = 4,45/4,9 = 0,91$$

По данному показателю деталь технологична.

2. Коэффициент унификации [1, с.57]

$$k_y = \frac{k_{одн}}{k_{об}} > 0,5 \quad (1.2)$$

где  $k_{одн}$  – количество однотипных поверхностей,  
 $k_{об}$  – общее количество поверхностей.

$$K_y = 56/92 = 0,61$$

По данному показателю деталь технологична.

3. Коэффициент использования стандартного инструмента. [1, с.58]

$$k_u = \frac{k_{си}}{k_{ои}} > 0,5 \quad (1.3)$$

где  $k_{си}$  – количество стандартного инструмента,  
 $k_{ои}$  – общее количество инструмента.

$$K_u = 18/20 = 0,9$$

Деталь технологична.

4. Коэффициент обрабатываемости. [1, с.58]

$$k_o = \frac{N_{он}}{N_{об}} > 0,5 \quad (1.4)$$

где  $N_{он}$  – количество обрабатываемых поверхностей,  
 $N_{об}$  – общее количество поверхностей.

$$K_o = 54/92 = 0,59$$

Деталь технологична.

На основании проведенного анализа, можно сделать вывод, что данная деталь является технологичной для изготовления в условиях массового производства.

### **1.3 Анализ технических требований**

Главным условием качественной работы насоса, является его герметичность. Для этого к корпусу предъявляются основные технические требования – параллельность плоскости разъёма относительно крепежной плоскости. Выполнение этого технических требования достигается обработкой поверхностей с одной установки и от чистовой базы.

Чтобы не было перекоса при установке в механизм задано требование плоскостности поверхности разъёма. Это требование можно выдержать подбором соответствующих режимов резания при обработке от чистой базы.

Позиционный допуск крепежных отверстий выдерживаются за счет обработки по кондуктору.

Допуски на размеры и шероховатость, выдерживаются подбором соответствующего точности метода обработки:

Для достижения шероховатости плоскостей  $Ra = 2,5$  мкм достаточно двукратной обработки,

### **1.4 Выбор вида заготовки**

При выборе заготовки необходимо определить рациональный метод ее получения, назначение требуемых припусков на механическую обработку резанием поверхностей и выявления комплекса технических требований, характеризующих геометрическую точность заготовки и физико-механические свойства ее материала.

Основным способом получения отливок является литье в кокиль, литье в песчано-глиняные формы, литье в землю, литье под давлением, литье в оболочковые формы.

Исходные данные:

материал детали – сталь СЧ18

масса детали 4,45 кг

Метод выполнения заготовок для деталей машин определяется назначением и конструкцией детали, материалом, техническими требованиями, масштабом и серийностью выпуска, а также экономичностью изготовления.

Стоимость заготовок, получаемых литьем, можно с достаточной точностью определить по формуле: [1, с.100]

$$S_{заг} = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{отх}}{1000} \quad (1.5)$$

где  $C_i$ , - базовая стоимость 1 тонны заготовок.

$k_m, k_c, k_b, k_m, k_n$  - коэффициенты, зависящие от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объема производства заготовок.

$Q$  - масса заготовки.

$q$  - масса готовой детали.

$S_{отх}$  - цена одной тонны отходов.

Необходимые для расчетов данные сведем в таблицу 1.5.1 - Данные для расчёта.

Таблица 1.5.1 – Данные для расчёта

Вид литья	$C_i$	$k_m$	$k_c$	$k_b$	$k_m$	$k_n$	Q	q	$S_{отх}$
Кокиль	42500	1,05	1	0,79	1,06	1.15	6	4,45	2850
Песч. формы	38200	1,05	1	0,79	1,06	1.15	6	4,45	2850

Подставим исходные данные в формулу и получим результат:

$$S_{заг1} = 725,58 \text{ руб.}$$

$$S_{заг2} = 197,12 \text{ руб.}$$

Литье в кокиль из-за высокой трудоемкости изготовления кокилей, их ограниченной стойкости, трудности изготовления сложной по конфигурации отливки большой массы в производстве данного корпуса не используем.

За оптимальный вариант получения заготовки принимаем литье в песчано-глинистые формы.

Экономический эффект:

$$\Delta = (S_{заг кок} - S_{заг п-г}) \cdot N = 12154,58 \text{ тыс. руб.}$$

## 1.5 Обоснование выбора баз и составление маршрута обработки

Основным требованием при выборе баз является соблюдение принципов единства и постоянства баз. Это позволяет повысить точность получаемых размеров за счет исключения погрешности базирования.

Наиболее удобной поверхностью под базу, с точки зрения соблюдения данных принципов, представляются установочная плоскость корпуса, так как от нее назначены большинство конструкторских размеров и технических требований.

На первой операции производим токарную обработку центрального отверстия и торцовых поверхностей. Торцовая поверхность будет являться базой на последующих операциях. На второй операции получаем отверстия  $\varnothing 5$ ; М18-7Н и  $\varnothing 15$  мм. Два отверстия подготавливаем под базы. На третьей операции растачиваем все отверстия и фрезеруем контур детали. На последних 2-х операциях сверлим оставшиеся отверстия на сверлильных станках.

На основе проведенного анализа составим маршрут обработки корпуса и выберем оборудование.

### **Операция 010 Токарная**

Оборудование: токарно-винторезный станок 16А20.

Установить заготовку в 3-х кулачковом патроне.

1. Подрезать торец выдерживая размер  $98_{-0,54}$
2. Точить пов  $\varnothing 70$  однократно
3. Подрезать торец, выдерживая размер  $87_{-0,35}$

### **Операция 020 Сверлильная**

Оборудование: Радиально-сверлильный станок 2К522

1. Сверлить 2 отв.  $\varnothing 15$
2. Сверлить 2 отв.  $\varnothing 14$
3. Зенкеровать 2 отв  $\varnothing 14,6$
4. Развернуть 2 отв  $\varnothing 15$
5. Сверлить 5 отв. под резьбу М8
6. Нарезать резьбу М8 в 5 отверстиях
7. Сверлить 2 отв.  $\varnothing 5$  на проход

### **Операция 030 Фрезерная**

Оборудование: Вертикально фрезерный станок 6Р12

1. Фрезеровать по контуру, выдерживая размеры 55 и 67 мм.

### **Операция 040 Расточная**

Оборудование: Вертикально-расточной станок 2Е440А

Базирование: 2 отверстия и торец

1. Подрезать торец, выдерживая размер 98
2. Расточить 2 отв.  $\varnothing 52H7$  предварительно
3. Расточить 2 отв.  $\varnothing 52H7$  предварительно
4. Расточить 2 отв.  $\varnothing 52H7$  окончательно
5. Расточить отв.  $\varnothing 15$  выдерживая размер 54
6. Расточить отв.  $\varnothing 20$  на глубину 1 мм

### **Операция 050: Сверлильная**

Оборудование: Радиально-сверлильный станок 2К522

1. Сверлить 8 отв. под резьбу М8
2. Цековать отв.  $\varnothing 9$  на глубину 2 мм
3. Нарезать резьбу М8 в 8 отверстиях

### **Операция 060: Сверлильная**

Оборудование: Вертикально сверлильный станок 2Н135

- 1 Сверлить 3 отв.  $\varnothing 4$  на проход

## **1.6 Расчет и назначение припусков**

Припуск - слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности детали.

Припуск на обработку поверхностей детали может быть назначен по соответствующим справочным таблицам, ГОСТам или на основе расчетно-аналитического метода определения припусков.

Для наиболее важных поверхностей данной детали (центральное отверстие диаметром  $40H7$  мм и торец корпуса) припуски рассчитаем по формулам.

1. Обработка посадочного отверстия  $\varnothing 40^{+0,021}$ .

Данное отверстие растачивается до шероховатости  $Ra = 2,5$  мкм с выдерживанием точности размера по седьмому качеству. Для достижения такой точности необходимо выполнить черновую, чистовую и тонкую обработку.

При обработке внутренних цилиндрических поверхностей формула для расчета минимального припуска имеет вид: [6, с. 20]

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (1.6)$$

где Rz – шероховатость, мкм;

T – глубина дефектного слоя, мкм;

$\rho$  – суммарное пространственное отклонение расположения обрабатываемой поверхности, мкм;

$\varepsilon$  – погрешность установки заготовки при обработке, мкм.

Суммарное значение Rz и T, характеризующее качество поверхности литой заготовки первого класса точности, составляет 600 мкм. После первого технологического перехода T для деталей из чугуна из расчетов исключается, поэтому для чистового и тонкого растачивания находим только значения Rz (соответственно 50 и 30).

Величина суммарного отклонения расположения поверхности в нашем случае равна величине коробления детали и величине смещения обрабатываемой поверхности. [6, с. 20]

$$\rho_d = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2} \quad (1.7)$$

Коробление следует учитывать как в диаметральном, так и в осевом сечении.

$$\rho_{кор} = \sqrt{(\Delta_k * d)^2 + (\Delta_k * l)^2} \quad (1.8)$$

Удельная кривизна для литых заготовок  $\Delta_k = 1$  мкм. Диаметр отверстия  $d = 40$  мм, длина  $l = 63$  мм. Отсюда  $\rho_{кор} = 74$  мкм.

Величина смещения отверстия в отливке относительно ее наружной поверхности представляет геометрическую сумму в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. [6, с. 22]

$$\rho_{см} = \sqrt{\left(\frac{\delta_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_2}{2}\right)^2} \quad (1.9)$$

Допуски на размеры по первому классу точности отливки для соответствующих размеров составляют по 1200 мкм.

$$\rho_{см} = \sqrt{\left(\frac{1200}{2}\right)^2 + \left(\frac{1200}{2}\right)^2} = 1131 \text{ мкм}$$

Следовательно, суммарное отклонение  $\rho_d = 1133$  мкм.

На последующих переходах  $\rho$  определяется через коэффициент уточнения, который равен: после черного растачивания 0,06, после чистового растачивания 0,04.

Погрешность установки [6, с. 21]

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \quad (1.10)$$

где  $\varepsilon_6$  – погрешность базирования;

$\varepsilon_3$  – погрешность закрепления.

Погрешность базирования при растачивании возникает за счет перекося заготовки в горизонтальной плоскости при установке ее на пальцы приспособления. Перекос происходит из-за наличия зазоров между наибольшим диаметром установочных отверстий и наименьшим диаметром пальцев. Наибольший зазор можно определить

$$S_{\max} = \delta_A + \delta_B + S_{\min} \quad (1.11)$$

где  $\delta_A$  – допуск на отверстие, 18 мкм;

$\delta_B$  – допуск на диаметр пальца, 18 мкм;

$S_{\min}$  – минимальный зазор, 16 мкм.

Отсюда  $S_{\max} = 52$  мкм.

Тогда наибольший угол поворота заготовки на пальцах может быть найден из отношения наибольшего зазора при повороте в одну сторону от среднего положения, к расстоянию между базовыми отверстиями:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{\max}}{l} = \frac{0,052}{220} = 0,00024 \quad (1.12)$$

$l$  - расстояние между базовыми отверстиями.

Погрешность базирования на длине обрабатываемого отверстия  $L$ :

$$\varepsilon_6 = L \cdot \operatorname{tg} \alpha = 63 \cdot 0,00024 = 15 \text{ мкм}$$

Погрешность закрепления при установке на опорные пластинки приспособления при пневматическом зажиме и установке на чистую базу  $\varepsilon_3 = 100$  мкм.

Следовательно,  $\varepsilon_2 = 115$  мкм.



Чистовой и тонкий переходы выполняются без переустановки, поэтому погрешность базирования  $\varepsilon_3 = 0$  мкм.

Расчетные размеры получаем вычитанием из размера по чертежу значение припуска на тонкое растачивание и т.д.

Значения допусков каждого перехода принимаем по таблицам в соответствии с качеством вида обработки.

Наибольшее значение размера получаем округлением расчетного размера до точности допуска соответствующего перехода, а наименьший – вычитанием из наибольших допусков соответствующих переходов.

Минимальные предельные значения припусков равны разности наибольших предельных размеров выполняемого и предыдущего переходов, а максимальные – соответственно разности наименьших предельных размеров.

Результаты вычислений сведем в таблицу 1.6.1 – Расчёт припусков на растачивание.

Таблица 1.6.1 - Расчёт припусков на растачивание

Технологические переходы	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2_z$ мкм	Расчетный размер $d_r$ , мм	Допуск, мкм	Предельный размер, мм		Предельн. знач. припусков, мкм	
	$R_z$	T	$\sigma$	E				d min	d max	$2_{z \min}^{np}$	$2_{z \max}^{np}$
Заготовка	600		1133			36,28	700	35,6	36,3		
Растачивание: черновое	12,5		67	115	3477	39,76	160	39,6	39,76	3460	4000
получистовое	6,3		45		159	39,92	62	39,858	39,92	160	258
чистовое	2,5				103	40,021	21	40	40,021	101	142

На все остальные обрабатываемые поверхности припуски назначим по справочнику [12].

Для плоскостей отливки припуск составит 2,0 мм; для внутренних цилиндрических поверхностей размер припуска будет 2,0 мм на сторону. Припуски на зенкерование 0,3-0,5 мм; на развертывание 0,15-0,25 мм.

## 1.7 Расчет режимов резания

При назначении режимов резания учитывают характер обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки, тип и состояние оборудования.

Произведем расчет режимов резания для наиболее характерных поверхностей.

1. Отверстие  $\varnothing 40$  мм.

Обработка ведется в три перехода – черновой, чистовой, тонкий.

*Черновое растачивание.*

Глубина резания  $t = 2,0$  мм.

Подача при черновом точении принимается максимально допустимой по мощности оборудования, прочности режущей пластины и т.д. Обработка ведется расточным резцом с пластиной из твердого сплава.

По  $S = 0,25$  мм/об. [12, табл.27]

Скорость резания при растачивании рассчитывают по эмпирической формуле [2 т.2, с.287]

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \cdot 0,9 \quad (1.13)$$

где значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени берутся из таблицы 17 [27]  $C_v = 292$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,2$ ;  $m = 0,2$ ;

$K_v$  - общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания, равен

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{пв} \cdot K_{ив} \quad (1.14)$$

где  $K_{mv}$  - коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала, по таблице 1 [10] для чугуна с HB=190 -  $K_{mv} = 1$ ;

$K_{пв}$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки, по таблице 5 [27] при обработке чугунной отливки по корке -  $K_{пв} = 0,8$ ; без корки  $K_{пв} = 1$ .

$K_{ив}$  - коэффициент, учитывающий материал инструмента, по таблице 6 [10] для пластин из твердого сплава ВК6 -  $K_{ив} = 1$ ;

$$K_v = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,8;$$

$T$  – среднее значение стойкости, при одноинструментальной обработке  $T = 60$  мин;

0,9 - поправочный коэффициент на растачивание.

Подставим данные в формулу:

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 2,0^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 110 \text{ м/мин}'$$

Частота вращения определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 110}{3,14 \cdot 40} = 875 \text{ об/мин}$$

Принимаем 875 об/мин.

Сила резания рассчитывается по формуле: [2 т.2, с.293]

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (1.15)$$

где постоянная  $C_p$  и показатели степени возьмем из таблицы 22[27]

$$C_p = 92;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = 0.$$

$K_p$  – поправочный коэффициент, учитывает фактические условия резания.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (1.16)$$

где  $K_{mp}$  – учитывает влияние качества обрабатываемого материала, для серого чугуна с HB = 190  $K_{mp} = 1$ ;

$K_{\varphi p}$  – учитывает влияние главного угла в плане, при  $\varphi = 30^\circ$   $K_{\varphi p} = 1,08$ ;

$K_{\gamma p}$  – учитывает влияние переднего угла, при  $\gamma = 0^\circ$   $K_{\gamma p} = 1,1$ ;

$K_{\lambda p}$  – учитывает влияние угла наклона главного лезвия, при  $\lambda = 0$

$$K_{\lambda p} = 1;$$

$K_{rp}$  – учитывает влияние радиуса при вершине, при  $r = 1$  мм  $K_{rp} = 0,93$ .

После подстановки получаем  $K_p = 1,15$ .

Отсюда сила резания

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 2,0^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 110^0 \cdot 1,15 = 748 \text{ Н.}$$

Мощность резания рассчитывают по формуле:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{748 \cdot 110}{102060} = 1,34 \text{ кВт} \quad (1.17)$$

*Чистовое растачивание.*

Глубина резания  $t = 0,16$  мм.

Подача при чистовом растачивании принимается в зависимости от требуемых параметров шероховатости обрабатываемой поверхности и радиуса при вершине резца. По табл.14 при  $Rz = 20$  мкм и  $r = 1,2$  мм

$S = 0,2$  мм/об.

Скорость резания рассчитываем по той же формуле и получаем:

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 0,16^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 1 \cdot 0,9 = 113 \text{ м/мин}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000 \cdot 113}{3,14 \cdot 40} = 899 \text{ об/мин}$$

Округлим до 900 об/мин.

Сила резания

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 0,16^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 113^0 \cdot 1,15 = 50,6 \text{ Н}$$

Мощность резания

$$N_e = \frac{50,6 \cdot 113}{1020 \cdot 60} = 0,9 \text{ кВт}$$

*Тонкое растачивание.*

Глубина резания  $t = 0,1$  мм.

Подача при тонком растачивании [27, табл.19] при  $Ra = 2,5$  мкм

$S = 0,15$  мм/об.

Скорость резания находим по той же таблице  $V = 150$  м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000 \cdot 150}{3,14 \cdot 40} = 1194 \text{ об/мин}$$

Округлим до целого – 1200 об/мин.

Сила резания

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 0,1^1 \cdot 0,15^{0,75} \cdot 150^0 \cdot 1,15 = 25,5 \text{ Н}$$

Мощность резания

$$N_e = \frac{25,5 \cdot 150}{1020 \cdot 60} = 0,06 \text{ кВт}$$

На остальные операции режимы резания назначим по справочнику [22] и оформим в виде таблицы 1.7.1 - Режимы резания

Таблица 1.7.1 – Режимы резания

Вид обработки	t, мм	S, мм/об	V, м/мин	n, об/мин	P <sub>z</sub> , Н	N <sub>e</sub> , кВт
<b>010 Токарная</b>						
Подрезать торец 1	1,3	10,4	200	100	3305	10,8
Точить пов Ø70	0,2	1	630	315	296	3,1
Подрезать торец 2	6,5	0,37	40	800	507	0,24
Расточить отв.3 предв	0,4	2,4	16	315	380	0,16
Расточить отв. 3 окончательно	0,1	1,7	25	500	296	0,12
Расточить отв. Ø20	1,5	3,6	25	250	1064	0,44
Расточить отв. 34	2,1	0,5	100	250	665	1,1
Точить канавку	0,3	0,42	160	400	200	0,52
<b>020 Сверлильная</b>						
Сверлить 2 отв. Ø15	0,1	0,1	125	315	19	0,05
Сверлить 2 отв. Ø14	5,5	0,25	25	800	225	0,09
Зенкеровать 2 отв. Ø14,6	0,5	1	8	250	492	0,06
Развернуть 2 отв. Ø15	6,5	0,28	31,5	800	225	0,12
Сверлить 5 отв. Ø6,8	0,5	1	10	250	500	0,06
Нарезать резьбу М8-7Н	7,5	0,32	40	800	225	0,14
Сверлить 2 отв. Ø5	0,5	1	12,5	250	524	0,07
Фрезеровать по контуру 1	18,75	0,7	50	400	507	0,24
<b>030 Расточная</b>						
Подрезать торец 1	2,0	200	141,3	250	380	0,87
Расточить 2 отв. Ø50 предв	2,0	0,25	39,2	250	500	0,32

Расточить 2 отв. Ø51,5 предв	0,75	0,2	65,3	315	379	0,40
------------------------------	------	-----	------	-----	-----	------

Продолжение таблицы 1.7.1 – Режимы резания

Расточить 2 отв. Ø52 оконч	0,25	0,15	65,3	400	280	0,29
Рассверлить отв. Ø15	7,5	0,1	11,8	250	19	0,05
Расточить отв. Ø20	2,0	0,25	15,7	250	23	0,04
040 Сверлильная						
Сверлить 8 отв. Ø6,8	3,4	0,25	5,3	250	500	0,04
Цековать 8 отв. Ø9	1,1	0,25	7,1	250	541	0,06
Нарезать резьбу М8-7Н	0,8	0,8	10,0	400	225	0,04
Сверлить отв. Ø3	1,5	0,25	2,33	250	452	0,017
050 Сверлильная						
Сверлить 3 отв. Ø4	1,5	0,25	3,14	250	515	0,026

## 1.8 Техническое нормирование технологического процесса

Штучное время в массовом производстве определяется по формуле: [13, с.35]

$$T_{шт} = T_O + T_B + T_{Об} + T_{От} \quad (1.18)$$

где  $T_O$  – основное время, мин;

$T_B$  – Вспомогательное время, мин;

$T_{Об}$  – Время на обслуживание рабочего места, мин;

$T_{От}$  – Время перерывов на отдых и иные надобности, мин.

$$T_B = T_{yc} + T_{зо} + T_{yn} + T_{из} \quad (1.19)$$

где  $T_{yc}$  – время на установку и снятие детали, мин;

$T_{зо}$  – время на закрепление и открепление детали, мин;

$T_{yn}$  – время на приемы управления станком, мин;

$T_{из}$  – время на измерение детали, мин.

Проведем расчет технической нормы времени для первой операций.

### Токарная операция 05

Переход 1

Подрезка торца.

Определим основное время на операцию

$$T_o = \frac{l + l_1 + l_2}{S \cdot n} \cdot i$$

где  $l = 35$  мм длина обрабатываемой поверхности;

$l_1 = 3$  мм длина врезания

$l_2 = 2$  мм величина перебега инструмента

$i = 1$  число проходов инструмента;

$S = 0,2$  мм/об – подача

$n = 125$  - число оборотов

$$T_{o1} = \frac{35 + 3 + 2}{0,2 \cdot 125} \cdot 1 = 1,5 \text{ мин}$$

Переход 2

Точить пов  $\varnothing 70$  мм

$l = 11$  мм длина обрабатываемой поверхности;

$l_1 = 3$  мм длина врезания

$l_2 = 2$  мм величина перебега инструмента

$$T_{o2} = \frac{11 + 3 + 2}{0,25 \cdot 160} \cdot 1 = 0,4$$

Переход 3

Подрезка торца

$l = 32$  мм длина обрабатываемой поверхности;

$l_1 = 3$  мм длина врезания

$l_2 = 2$  мм величина перебега инструмента

$$T_{o3} = \frac{32 + 3 + 2}{0,25 \cdot 160} \cdot 1 = 0,925$$

#### Переход 4

Расточка отверстия  $\varnothing 38,5$  мм

$l = 38,5$  мм длина обрабатываемой поверхности;

$l_1 = 3$  мм длина врезания

$l_2 = 0$  мм величина перебега инструмента

$$T_{O4} = \frac{62 + 3}{0,25 \cdot 160} \cdot 1 = 1,625$$

#### Переход 5

Расточка отверстия  $\varnothing 39,5$  мм

$l = 62$  мм длина обрабатываемой поверхности;

$l_1 = 3$  мм длина врезания

$l_2 = 0$  мм величина перебега инструмента

$$T_{O5} = \frac{62 + 3}{0,20 \cdot 250} \cdot 1 = 1,3$$

#### Переход 6

Расточка отверстия  $\varnothing 40$  мм

$l = 32$  мм длина обрабатываемой поверхности;

$l_1 = 3$  мм длина врезания

$l_2 = 0$  мм величина перебега инструмента

$$T_{O6} = \frac{62 + 3}{0,15 \cdot 400} \cdot 1 = 1,08$$

#### Переход 7

Расточка отверстия  $\varnothing 20$  мм

$l = 5$  мм длина обрабатываемой поверхности;

$l_1 = 3$  мм длина врезания

$l_2 = 2$  мм величина перебега инструмента

$$T_{O7} = \frac{5 + 3 + 2}{0,25 \cdot 160} \cdot 1 = 0,25$$

#### Переход 8

Расточка отверстия  $\varnothing 34$  мм

$l = 1$  мм длина обрабатываемой поверхности;



$l_2 = 0$  мм длина врезания

$l_2 = 0$  мм величина перебега инструмента

$$T_{08} = \frac{1}{0,25 \cdot 160} \cdot 1 = 0,025$$

Переход 7

Расточка отверстия  $\varnothing 20$  мм

$l = 12$  мм длина обрабатываемой поверхности;

$l_1 = 0$  мм длина врезания

$l_2 = 25$  мм величина перебега инструмента

$$T_{09} = \frac{12 + 25}{0,25 \cdot 160} \cdot 1 = 0,925$$

Суммарное основное время на операции будет равно 8,025

Определим вспомогательное время на операцию:

$$T_{yc} = 0,46 \text{ мин} ; T_{зо} = 0,42 \text{ мин} ; T_{yn} = 0,055 ; T_{из} = 0,07 \text{ мин}$$

$$T_B = 0,46 + 0,42 + 0,055 + 0,07 = 1,005 \text{ мин}$$

Оперативное время:

$$T_{он} = 8,025 + 1,005 = 9,03 \text{ мин}$$

Определим время на обслуживание рабочего места:

$$T_{об} = 3\% \cdot T_{он} = 0,027 \text{ мин}$$

Определим время на отдых:

$$T_{от} = 4\% \cdot T_{он} = 0,036 \text{ мин}$$

Штучное время на операцию:

$$T_{шт} = 9,03 + 0,027 + 0,036 = 9,11 \text{ мин}$$

Аналогично рассчитаем время на остальные операции и занесем результаты расчета в таблицу 1.8.1 – Нормирование технологического процесса.

Таблица 1.8.1 – Нормирование технологического процесса

Операция	Переход	T <sub>О</sub>	T <sub>В</sub>				T <sub>В</sub>	T <sub>ОБ</sub>	T <sub>ОТ</sub>	T <sub>ШТ</sub>
			T <sub>УС</sub>	T <sub>ЗО</sub>	T <sub>УП</sub>	T <sub>ИЗ</sub>				
10	1	1,50	0,46	0,42	0,06	0,07	1,01	0,03	0,04	9,11
	2	0,40								
	3	0,93								
	4	1,63								
	5	1,30								
	6	1,08								
	7	0,25								
	8	0,03								
	9	0,93								
20	1	0,58	1,20	0,50	0,24	0,15	2,09	0,08	0,06	9,33
	2	0,58								
	3	0,57								
	4	0,60								
	5	1,68								
	6	0,25								
	7	0,16								
	8	2,68								
30	1	1,25	1,2	0,44	0,15	0,2	1,99	0,08	0,06	8,79
	2	1,06								
	3	1,05								
	4	1,10								
	5	2,16								
	6	0,05								
40	1	2,56	1,2	0,5	0,18	0,13	2,01	0,08	0,06	6,00
	2	0,51								
	3	0,38								
	4	0,40								
50	1	0,77	2	0,42	0,15	0,07	2,64	0,11	0,08	3,59

## **1.9 Разработка технологического процесса для ЧПУ**

При применении станков с ЧПУ необходимо наиболее полно использовать технологические возможности этого оборудования. Для каждого станка имеется определенный комплект инструмента. Следует проверить возможность обработки детали с его применением.

Наибольший эффект достигается при использовании станков с ЧПУ для решения наиболее сложных технологических задач, например, для обработки деталей сложного профиля, в случае высокой концентрации переходов обработки, исключения слесарных работ и сложных приспособлений.

На станках с ЧПУ нецелесообразно обрабатывать детали с числом ступеней меньше трех и детали, время установки и выверки которых велико.

Для наибольшего экономического эффекта от внедрения станков с ЧПУ, они должны быть заняты обработкой деталей одного наименования в год.

## **1.10 Выбор оборудования с ЧПУ**

Для обработки корпуса насоса высокого давления выбираем Токарно-фрезерный обрабатывающий центр модели 1728С (рисунок 1.1 и 1.2) российского производства.



Рисунок 1.1 – Токарно-фрезерный обрабатывающий центр модели 1728С

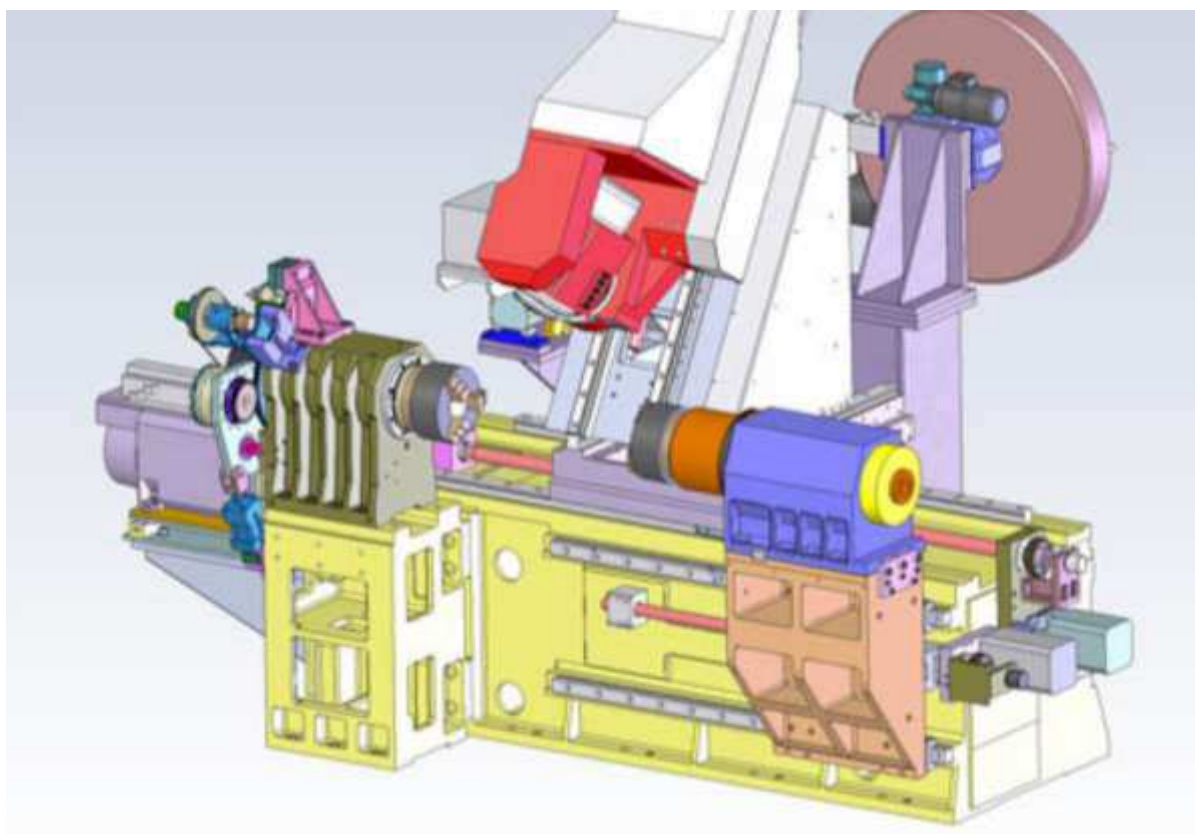


Рисунок 1.2 – Основные узлы токарно-фрезерного обрабатывающего центра 1728С

### Описание токарно-фрезерного обрабатывающего центра 1728С

Токарно-фрезерный обрабатывающий центр модели 1728С предназначен для комплексной обработки деталей типа тел вращения в патроне и центрах.

Точность обработки обеспечивается конструкцией станка (высокоточные подшипники, линейные направляющие, активные измерительные системы контроля инструмента, жесткость и виброустойчивость базовых корпусных деталей, термосимметричные конструкции, исключаящие влияние температурных деформаций и др.).

Полная обработка детали за один установ исключает погрешности базирования, имеющие место при традиционной технологии.

Концентрация операций на одном станке позволяет достичь ощутимой экономии за счет отказа от изготовления специальной оснастки для базирования заготовок на смежных операциях.

## Основные технические характеристики 1728С:

Наибольший диаметр изделия, мм 550

Максимальный диаметр изделия обрабатываемого:

точением, мм 400

фрезерованием, мм 400

Максимальная длина деталей, устанавливаемых и обрабатываемых в центрах, мм 1000/2000/3000

Мощность привода главного движения (S1 - 40%), кВт: 18

Диапазон частот вращения токарного шпинделя, об/мин 10...4000

Диапазон круговых подач шпинделя в режиме координаты «С», об/мин 0,014...10

Диаметр патрона, мм 200/400

Диаметр отверстия в шпинделе, мм 97

Максимальная скорость перемещения суппорта, м/мин:

по координате Z 20/30

по координате X 15/25

Диаметр пиноли бабки задней, мм 120

Ход пиноли бабки задней, мм 120

Внутренний конус пиноли Морзе 6

Габаритные размеры станка ВхШхД, мм: 1900х2500х6500

Вес станка, кг 8000.

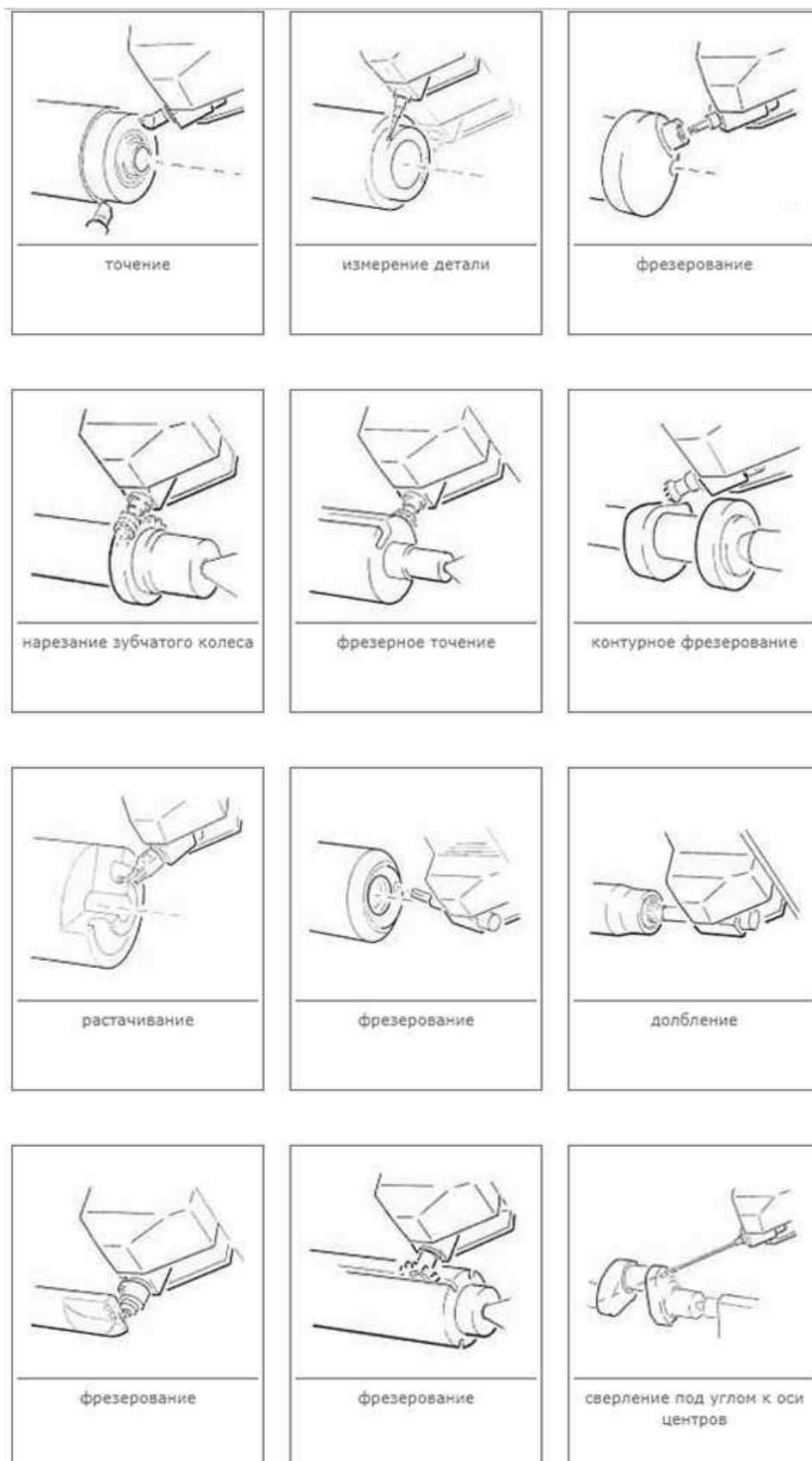


Рисунок 1.3 – Операционные возможности станка

## 1.11 Разработка маршрута механической обработки на ЧПУ

При разработке маршрута для станка с ЧПУ основным является принцип соблюдения единства и постоянства баз.

Наиболее удобной поверхностью под базу, с точки зрения соблюдения данных принципов, представляются плоскость основания и два отверстия.

Составляем эскиз с обозначением поверхностей (Рисунок 1.3 – Поверхности для механической обработки на ЧПУ).

Таблица 1.11.1 Маршрут обработки на станках с ЧПУ

№ опер. и перехода	Наименование операций и переходов
<b>010</b>	<b>Токарная</b>
1	Подрезать торец 1 предв.
2	Точить пов. $\varnothing 70$ мм
3	Подрезать торец 2
<b>020</b>	<b>Токарно-сверлильная</b>
1	Расточить 2 отв. 2 предварительно
2	Расточить 2 отв. 2 предварительно
3	Расточить 2 отв. 2 окончательно
4	Рассверлить отв. $\varnothing 15$
5	Точить отв. $\varnothing 24$ на глубину 1 мм
6	Сверлить 8 отв. $\varnothing 6,8$ под резьбу М8-7Н
7	Цековать 8 отв. $\varnothing 9$ на глубину 2 мм
8	Нарезать резьбу М8-7Н
9	Сверлить отв. $\varnothing 3$ на глубину 20
<b>030</b>	<b>Токарно-сверлильная</b>
1	Расточить отв. 2 в размер 39,5 мм
2	Расточить отв. 3 окончательно в размер $\varnothing 40$ мм
3	Расточить отв. $\varnothing 20$
4	Расточить отв. $\varnothing 34$
5	Точить канавки
6	Фрезеровать пов. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
7	Сверлить 2 отв. $\varnothing 15$
8	Сверлить 2 отв. $\varnothing 14$

Продолжение таблицы 1.11- маршрут обработки на станках с ЧПУ

9	Зенкеровать 2 отв. Ø14,6
10	Развернуть 2 отв. Ø15
11	Сверлить 5 отв. под резьбу М8-7Н
12	Нарезать резьбу М8-7Н в 5 отв.
13	Сверлить 2 отв. Ø5 мм на проход
14	Сверлить 3 отв. Ø4 мм на проход

Материал режущего инструмента принимаем такой же, как и для техпроцесса на универсальном оборудовании.

Припуски на механическую обработку и режимы резания принимаем аналогичными техпроцессу на универсальных станках (таблицы 1.6 – 1.7).

### 1.12 Нормирование технологического процесса на станках с ЧПУ

Основное время по переходам будет аналогичным техпроцессу на универсальных станках. Вспомогательное время будет отличаться, так как обработка ведется от одной базы без переустановок, станок имеет автоматическую смену инструмента, числовое программное управление и прочие факторы. Составим таблицу 1.2 – Нормирование технологического процесса на станках с ЧПУ.

Таблица 1.12 – Нормирование технологического процесса на ЧПУ

№ опер. и перехода	Наименование операций и переходов	$T_0$	$T_{всп}$		$T_{обс}$		$T_{шт.к}$
			$T_{уст}$	$T_{упр}$	$T_{об}$	$T_{от}$	
10							
1	Подрезать торец 1 предв.	0,4	0,68	0,5	0,475	0,56	16,23
2	Точить пов. Ø70 мм	1,5					
3	Подрезать торец 2	0,925					
Б							
1	Расточить 2 отв. 2 предварительно	1,06					
2	Расточить 2 отв. 2 предварительно	1,05					



3	Расточить 2 отв. 2 окончательно	1,10	0,68	0,5	0,38	0,51	13,72
4	Расверлить отв. Ø15	2,16					
5	Точить отв. Ø24 на глубину 1 мм	0,1					
6	Сверлить 8 отв. Ø6,8 под резьбу М8-7Н	2,56					
7	Цековать 8 отв. Ø9 на глубину 2 мм	0,51					
8	Нарезать резьбу М8-7Н	0,38					
9	Сверлить отв. Ø3 на глубину 20	0,40					
20	<b>Токарно-сверлильная</b>						
1	Расточить отв. 2 в размер 39,5 мм	0,94					
2	Расточить отв. 3 окончательно в размер Ø40 мм	1,85					
3	Расточить отв. Ø20	1,53					
4	Расточить отв. Ø34	0,1					
5	Точить канавки	0,76					
6	Фрезеровать пов. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	1,27					
7	Сверлить 2отв. Ø15	0,25					
8	Сверлить 2 отв. Ø14	0,55					
9	Зенкеровать 2 отв. Ø14,6	0,55					
10	Развернуть 2 отв. Ø15	1,15					
11	Сверлить 5 отв. под резьбу М8-7Н	0,5					
12	Нарезать резьбу М8-7Н в 5 отв.	0,38					
13	Сверлить 2 отв. Ø5 мм на проход	1,6					
14	Сверлить 3 отв. Ø4 мм на проход	0,22					

Полученные данные заносим в технологический процесс механической обработки на станках с ЧПУ.

## **2 Конструкторская часть**

### **2.1 Проектирование расточного приспособления**

#### **2.1.1 Техническое задание**

Назначение зажимных механизмов станочных приспособлений состоит в надежном закреплении, предупреждающем вибрации и смещения заготовки относительно опор приспособления при обработке.

Необходимо спроектировать зажимное приспособление для установки заготовки на технологической операции – одновременная чистовая расточка посадочных отверстий. Базирование производится по установочной плоскости. Базовая поверхность предварительно обработанная и имеет отверстия под пальцы.

#### **2.1.2 Описание конструкции и расчет необходимой силы закрепления**

Описание приспособления: (эскиз приспособления представлен в приложении).

Заготовка устанавливается плоскостью на опорные пластинки приспособления, лишаящие ее трех степеней свободы и являющиеся главной технологической базой. В качестве направляющей и упорной баз служат два установочных пальца цилиндрический 9 и срезанный 10. Пневмопривод 19 через конический шток 2 воздействует прихваты 7 и перемещает из вниз, т.е. в состояние зажима. Угол клина подобран таким образом, чтобы исключить самозаклинивание. После стравливания воздуха, под действием внутренней пружины пневмоцилиндра, происходит выведения клина из замыкания и прихваты поднимаются за счёт пружины 8.

#### **Расчёт силы закрепления**

Зажимное приспособление должно предотвратить сдвиг заготовки в продольном направлении под действием силы подачи при растачивании отверстия  $\varnothing 50$ . Рассчитаем необходимую силу зажима, предотвращающую сдвиг заготовки, наличием пальцев пренебрежем.

Схема приспособления изображена на рисунке 2.1.

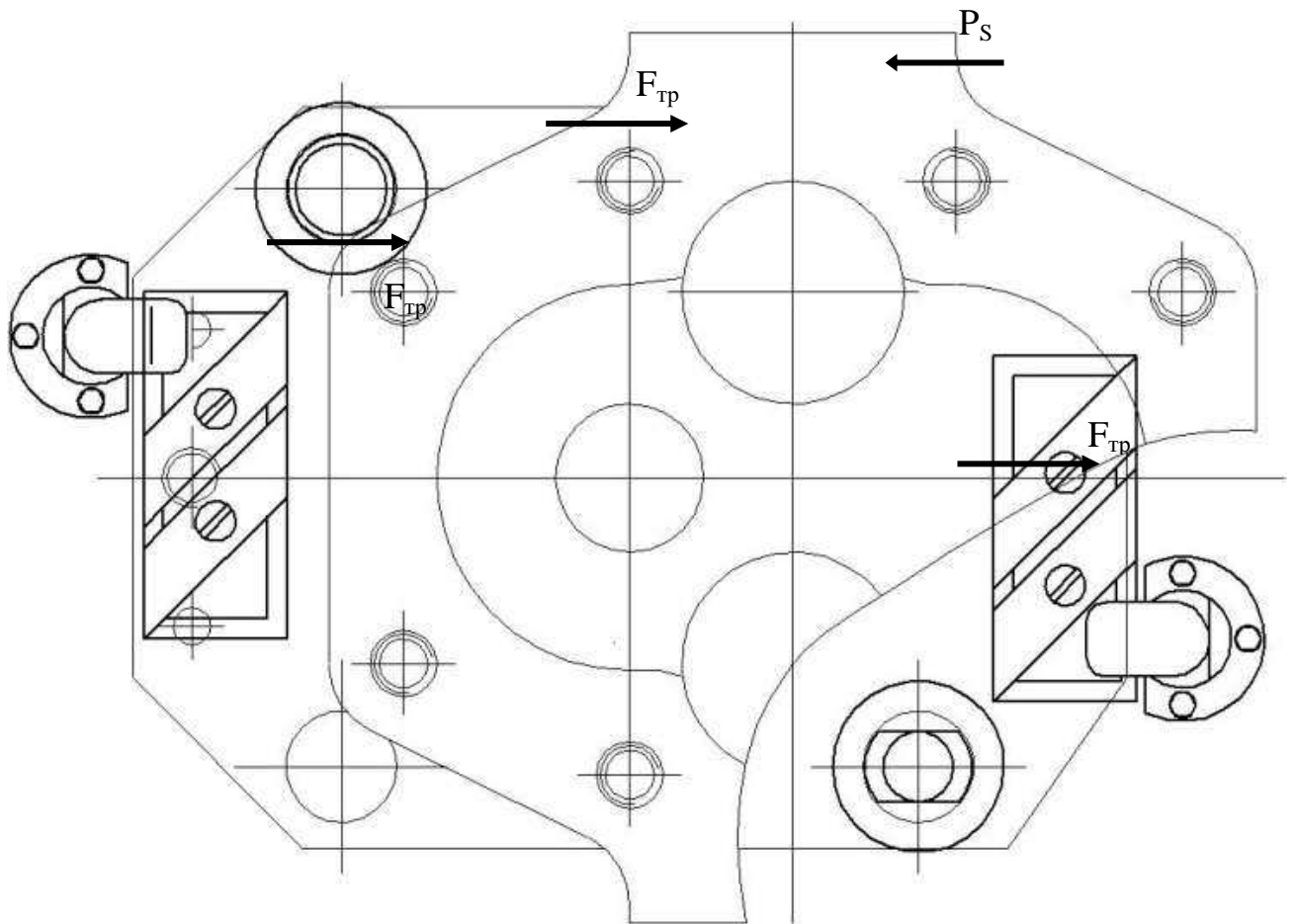


Рисунок 2.1 - Схема приспособления

По схеме приспособления составим уравнение равновесия сил на ось X.

$$\sum F_X = 0 \Rightarrow P_S - 2 \cdot F_{тр} = 0 \quad (2.1)$$

где  $P_S$  – сила подачи или осевая составляющая силы резания;

$F_{тр}$  - сила трения прихвата о заготовку  $F_{тр} = Q \cdot k_{тр}$ ,

$Q$  – сила действия прихвата на заготовку;

$k_{тр} = 0,16$  – коэффициент трения сталь по чугуну.

Осевая сила рассчитывается по формуле: [2 т.2, с.256]

$$P_X = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (2.2)$$

где  $C_p = 46$ ;

$x = 1$ ;

$y = 0,4$ ;

$n = 0$ ;

Расчёты проведем по черновому растачиванию:  $t = 2,0$  мм;  $S = 0,25$  мм/об;  $V = 39,2$  м/мин;  $K_p = 1,15$  (из расчетов режимов резания).

$$P_X = 10 \cdot 46 \cdot 2,0^1 \cdot 0,25^{0,4} \cdot 39,2^0 \cdot 1,15 = 607 \text{ Н.}$$

$$607 = 2 \cdot Q \cdot 0,16,$$

$$Q = 1896 \text{ Н.}$$

### 2.1.3 Расчет силового привода

В качестве силового привода в данном зажимном приспособлении используем пневмопривод, соединенный с плунжером, который должен действовать на прихват с силой  $P_{пр}$  не менее 1896 Н. Воздействие осуществляется через клиновую передачу с роликовыми опорами.

Рассчитаем необходимую силу  $P_{шт}$  на штоке и через нее определим диаметр пневмоцилиндра. [3, с.159]

$$P_{np} = \frac{1 - \operatorname{tg}\left(\alpha_1 + \frac{d}{D} \cdot f\right) \cdot \operatorname{tg}\varphi_3}{\operatorname{tg}\left(\alpha_1 + \frac{d}{D} \cdot f\right) + \frac{d}{D} \cdot f} \cdot P_{шт} \quad (2.3)$$

где  $\alpha_1 = 10^\circ$  - угол клина;

$\varphi_3 = 30^\circ$  - угол трения в направляющей плунжера;

$f = 0,2$  - коэффициент трения в шарнире;

$d = 3$  мм - диаметр оси ролика;

$D = 10$  мм - диаметр ролика.

Преобразуя формулу и подставив данные, получим:  $P_{шт} = 548$  Н.

Сила действия штока преобразуется из силы давления подаваемого воздуха через следующее соотношение:

$$P_{шт} = P_{сж} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \eta \quad (2.4)$$

где  $P_{сж} = 6$  атм - давление сжатого воздуха, подаваемого в штоковую камеру;

$D$  - диаметр штока пневмоцилиндра;

$\eta = 0,95$  - коэффициент полезного действия пневмопривода.

Отсюда выразим диаметр пневмоцилиндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{\text{шт}}}{\pi \cdot P_{\text{сжс}} \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 54,8}{3,14 \cdot 6 \cdot 0,95}} = 3,3 \text{ см} = 33 \text{ мм}. \quad (2.5)$$

Полученное значение округлим до ближайшего большего стандартного и примем цилиндр с диаметром поршня  $D = 35$  мм.

#### 2.1.4 Расчет расточного приспособления на точность

Проведем расчет зажимного приспособления на точность. Чтобы определить точность приспособления для выдерживаемого на операции размера, необходимо суммировать все погрешности, влияющие на точность этого размера. Распределение большинства погрешностей, составляющих суммарную, подчиняется закону нормального распределения и поэтому при расчетах можно воспользоваться уравнением [11, с.103]

$$E_{\text{пр}} = \leq T \cdot K_T \cdot [(K_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{\text{и}}^2 + \varepsilon_{\text{п}}^2 + [(K_{T2} \cdot W)^2]^{0,5} \quad (2.6)$$

где  $T = 30$  мкм - допуск выдерживаемого при обработке размера заготовки;

$K_T = 1,2$  - коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения;

$K_{T1} = 0,2$  - коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках;

$K_{T2} = 0,7$  - коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами, независимыми от приспособления;

$W$  - экономическая точность обработки;

$\varepsilon_6$  - погрешность базирования заготовки в приспособлении;

$\varepsilon_3$  - погрешность закрепления заготовки, возникающая в результате действия сил зажима;

$\varepsilon_y$  - погрешность установки приспособления на станке;

$\varepsilon_{\text{и}}$  - погрешность положения заготовки, возникающая в результате изнашивания элементов приспособления;

$\varepsilon_{\text{п}}$  - погрешность от перекоса инструмента.

Погрешность базирования в данном случае возникает за счет перекоса заготовки в горизонтальной плоскости при установке ее на пальцы приспособления. Перекос происходит из-за наличия зазоров между наибольшим диаметром установочных отверстий и наименьшим диаметром пальцев. Наибольший зазор можно определить

$$S_{\text{max}} = \delta_A + \delta_B + S_{\text{min}} \quad (2.7)$$

где  $\delta_A$  – допуск на отверстия, 18 мкм;

$\delta_B$  – допуск на диаметр отверстия, 18 мкм;

$S_{\min}$  – минимальный зазор, 10 мкм.

Отсюда  $S_{\max} = 46$  мкм.

Тогда наибольший угол поворота заготовки на пальцах может быть найден из отношения наибольшего зазора при повороте в одну сторону от среднего положения к расстоянию между базовыми отверстиями:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{\max}}{l} = \frac{0,046}{220} = 0,00021 \quad (2.8)$$

Погрешность базирования на длине обрабатываемой поверхности L:

$$\varepsilon_{\delta} = L \cdot \operatorname{tg} \alpha = 220 \cdot 0,00021 = 4,6 \text{ мкм} \quad (2.9)$$

Для рассматриваемого случая  $\varepsilon_z = 0$ , т.к. силы закрепления действуют в плоскости параллельной обрабатываемой поверхности и на точность получаемого размера влияния не оказывают.

В приспособлении осуществляется надежный контакт установочной плоскости приспособления с плоскостью стола станка, поэтому  $\varepsilon_y = 0$ .

Погрешность положения в данном случае имеет вид [11, с.103]

$$\varepsilon_u = B_2 \cdot N \quad (2.10)$$

где  $B_2 = 0,002$  - постоянная, зависящая от вида установочных элементов и условий контакта – установочные пластины;

$N$  - количество контактов заготовки с опорой в год. Так как каждая деталь устанавливается в данное приспособление один раз, а опорные пластины меняют раз в месяц, то фактически количество контактов равно 2167 раза.

$$\varepsilon_u = 0,002 \cdot 2167 = 4,3 \text{ мкм.}$$

В связи с тем, что в приспособлении отсутствуют направляющие элементы,  $\varepsilon_{\Pi} = 0$ ,

Экономическая точность по 7 качеству  $W = 30$  мкм.

$$E_{\text{пр}} = 30 - 1,2 \cdot [(0,2 \cdot 4,6)^2 + 4,3^2 + (0,7 \cdot 30)^2]^{0,5} = 30 - 21,4 = 8,6 \text{ мкм.}$$

Отсюда видно, что допуск на выдерживаемый при обработке размер перекрывает все возникающие погрешности и рассчитанную точность можно получить в условиях массового производства, поэтому спроектированная схема приспособления остается без изменений.

## 2.2 Проектирование приспособления для контроля торцевого биения

### 2.2.1 Техническое задание

Требуется спроектировать контрольное приспособление для контроля биения торца относительно оси отверстия Ø40 мм.

### 2.2.2 Описание конструкции приспособления

Эскиз приспособления представлен в приложении.

Для контроля торцевого биения материализуем ось отверстия. Для этого в деталь устанавливается по посадочному отверстию разжимная оправка 2 приспособления. Путем закручивания гайки 6, оправка разжимается за счёт цангового механизма и точно центрируется в отверстии корпуса. На оправку надевается рычаг индикатора 1 и фиксируется винтом 5. Индикатор устанавливается на другом конце рычага и также фиксируется винтом 5. Наконечник индикатора 8 соприкасается с контролируемой поверхностью и создаётся предварительный его натяг. Показания снимаются при вращении рычага индикатора вокруг своей оси и перемещении ножки индикатора по торцу.

Перед измерением, нужно создать предварительный натяг индикатора и отрегулировать нулевое положение стрелки. Это необходимо для того чтобы можно было осуществлять контроль как положительных, так и отрицательных отклонений.

### 2.2.3 Расчет на точность

Погрешность измерения – отклонение полученного значения от его истинной величины.

Погрешность измерения, в зависимости от назначения детали, допускают в пределах 20-30% от допуска на контролируемое отклонение.

Допуск торцевого биения составляет 50 мкм, следовательно погрешность измерения не должна превышать 12,5 мкм.

Погрешность измерения определяется по формуле: [11, с.115]

$$\Delta_{изм} = \sqrt{\Delta_{уст}^2 + \Delta_{изн}^2 + \Delta_m^2 + \Delta_{инд}^2} \quad (2.11)$$

где  $\Delta_{уст}$  – погрешность установки детали на приспособление, зависит от точности установочной поверхности.

Погрешность установки определим из условия подобных треугольников - угол наклона оправки равен углу наклона индикатора:

$$\frac{S}{85} = \frac{\Delta_{уст}}{15} \quad (2.12)$$

где  $S$  – максимально возможный зазор между осью оправки и отверстием рычага индикатора. При изготовлении соединения оправки и рычага индикатора выдерживаем посадку с минимальным зазором по 6-7 качеству. Максимальный зазор  $S_{\max}$  составит 0,021 мм. 15 мм – высота оси оправки; 85 мм – вылет планки индикатора.

$$\Delta_{уст} = \frac{0,021 \cdot 15}{85} = 0,0037 \text{ мм}$$

$\Delta_{изн}$  – погрешность, связанная с износом элементов приспособления (0,001мм);

$\Delta_T$  – погрешность, связанная с колебаниями температуры (0,002мм);

$\Delta_{инд}$  – погрешность индикатора (0,005 мм);

$$\Delta_{изм} = \sqrt{0,0037^2 + 0,001^2 + 0,002^2 + 0,005^2} = 0,0066 = 6,6 \text{ мкм} < 12,5 \text{ мкм}.$$

Из расчета видно, что данное приспособление обладает достаточной точностью и с его помощью можно производить контроль требуемых условий.

## 2.3 Проектирование приспособления для контроля параллельности плоскостей

### 2.3.1 Техническое задание

Требуется спроектировать контрольное приспособление для контроля параллельности торца 0,025 детали относительно базы 3.

#### Описание конструкции приспособления

Оправка 1 (Эскиз приспособления представлен в приложении) с четырьмя установочными ножками 2 устанавливается на торцовую поверхность отверстия детали (база 3). На наконечник оправки крепится держатель 3 и крепится винтом 8. Крепление должно обеспечить возможность вращения держателя на оси оправки. В отверстие держателя 3 вставляется ось 4 с закреплённой на ней индикатором 11 и фиксируется вторым винтом 8. Далее наконечник индикатора подводится к измеряемой поверхности и создаётся предварительный натяг индикатора. Поворачивая приспособление за держатель, фиксируются максимальные и минимальные отклонения индикатора. Разность наибольших и наименьших показаний даст значение непараллельности.



### 2.3.2 Расчет на точность

При измерении возникает ряд погрешностей, которые необходимо учесть для правильной настройки. Для определения пригодности приспособления необходимо рассчитать общую погрешность приспособления по формуле

$$\varepsilon_{np} = \delta - k_T \cdot \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_\delta)^2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_{II}^2 + \varepsilon_{II}^2 + \varepsilon_{изм}^2 + (k_{T2} \omega)^2} \quad (2.13)$$

где  $\delta = 25$  мкм – допуск выдерживаемого параметра;

$k_T = 1,0$  – коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения;

$k_{T1} = 0,8$  – коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках;

$\varepsilon_\delta = 0$  – погрешность базирования детали в направлении выдерживаемого размера, вызванная несовпадением конструкторских и технологических баз, (так как оправка самоцентрирующаяся);

$\varepsilon_3 = 0$  мкм – погрешность закрепления, вызванная проседанием опор под действием сил зажима;

$\varepsilon_{II} = 0$  – погрешность установки приспособления на станке, (так как деталь находится на столе и контакта приспособления с поверхностью стола нет);

$\varepsilon_{II} = 10$  мкм – погрешность положения детали, вызванная износом частей приспособления;

$\varepsilon_{изм} = 5$  мкм – погрешность измерения;

$k_{T2} = 0,8$  – коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызванной факторами, не зависящими от приспособления;

$\omega = 54$  мкм – экономическая точность обработки, т.е. такая точность, затраты на которую при выбранном способе обработки будут меньше, чем при других способах.

$$\varepsilon_{np} = 25 - 1,0 \cdot \sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0^2 + 0^2 + 10^2 + 5^2 + (0,8 \cdot 60)^2} = 19 \text{ мкм}$$

Таким образом, погрешность приспособления составляет 0,019 мм.

### 3 Организационно-экономическая часть

#### 3.1 Расчет необходимого количества оборудования участка

Расчетное число рабочих мест определим по формуле [11, с. 228]:

$$C_p = \frac{T_{шт}}{\tau_{\epsilon}}, \quad (3.1)$$

где  $T_{шт}$  – длительность обработки на операции;  
 $\tau_{\epsilon}$  – такт выпуска:

$$\tau_{\epsilon} = \frac{60 \cdot F_{Д}}{N}, \quad (3.2)$$

где  $F_{Д} = 1773$  ч - годовой действительный фонд времени работы оборудования, с учетом потерь на ремонт – 10 % (в 2018 году 247 рабочих дней, режим работы односменный);

$N = 6\,000$  шт - годовая программа выпуска.

$$\tau_{\epsilon} = \frac{60 \cdot 1773}{6000} = 17,7 \text{ мин}$$

Рассчитаем необходимое количество станков на каждую операцию по формуле

$$C_p = \frac{T_{шт}}{t_{\epsilon}}, \quad (3.3)$$

где  $T_{шт}$  - штучное время на данной операции.

Принятое количество станков получается округлением до большего целого.

1. Операция 010

$C_{p1} = 5,7/17,7 = 0,32$ , принимаем 1 станок.

2. Операция 020

$C_{p2} = 9,3/17,7 = 0,53$ , принимаем 1 станок.

3. Операция 030

$C_{p3} = 4,9/17,7 = 0,28$ , принимаем 1 станок.

4. Операция 040

$C_{p4} = 12,0/17,7 = 0,68$ , принимаем 1 станок.

5. Операция 50

$C_{p5} = 5,9/17,7 = 0,33$ , принимаем 1 станок.

6. Операция 60

$C_{p6} = 3,59/17,7 = 0,2$ , принимаем 1 станок.

### **Расчёт количества оборудования при обработке на станках с ЧПУ**

Операция 05

$C_{p1} = 8,75/16,3 = 0,54$  принимаем 1 станок.

Операция 010

$C_{p2} = 10,7/16,3 = 0,66$  принимаем 1 станок.

Операция 015

$C_{p3} = 9,33/16,3 = 0,57$  принимаем 1 станок.

Операция 020

$C_{p4} = 3,39/16,3 = 0,21$  принимаем 1 станок.

В связи с низкой загруженностью операции 020 Сверлильной произведем её объединение с операцией 005 Фрезерно-сверлильной. На данных операциях деталь обрабатывается от одних и тех же баз и соответственно используется одинаковая оснастка, поэтому установка деталей при совмещении операций не потребует дополнительных трудозатрат.

Операция 005-020

$C_{p1,4} = 12,14/16,3 = 0,74$  принимаем 1 станок.

Учитывая фонд рабочего времени станка принимаем односменный режим работы оборудования.

### 3.2 Перечень универсального оборудования

В рассмотренном технологическом процессе механической обработки детали, изготавливаемой на универсальном оборудовании, используются станки, представленные в таблице 3.1 – Перечень универсального технологического оборудования.

Таблица 3.1 – Перечень универсального технологического оборудования

№ операции	Оборудование	Модель станка	Кол-во единиц
010	Токарно-винторезный 16А20	16А20	1
020	Радиально-сверлильный 2К522	2К522	1
030	Вертикально фрезерный 6Р12	6Р12	1
040	Вертикально-расточной 2Е440А	2Е440А	1
050	Радиально-сверлильный 2К522	2К522	1
060	Вертикально-сверлильный 2Н125	2Н125	1

### 3.3 Расчет необходимой площади цеха под универсальное оборудование

Определим необходимую площадь под оборудование.

Площадь под металлообрабатывающее оборудование определяется по формуле [4, с. 107]:

$$F_{ст} = 7,3 \cdot F^{0.7} \quad (3.4)$$

где  $F$  – площадь габаритов станка  $\text{м}^2$ .

$k_f$  – коэффициент дополнительной площади.

Токарно-винторезный 16А20

$$F_{\text{ст}} = 7.3 \cdot (2,305 \cdot 1,95)^{0.7} = 20,9 \text{ м}^2.$$

Радиально-сверлильный 2К522

$$F_{\text{ст}} = 7.3 \cdot (2,5 \cdot 1,0)^{0.7} = 13,9 \text{ м}^2.$$

$$\text{Для двух станков } F_{\text{ст}} = 13,9 \cdot 2 = 27,8 \text{ м}^2$$

Вертикально фрезерный 6Р12

$$F_{\text{ст}} = 7.3 \cdot (2,305 \cdot 1,95)^{0.7} = 20,9 \text{ м}^2.$$

Вертикально-расточной 2Е440А

$$F_{\text{ст}} = 7.3 \cdot (1,34 \cdot 1,5)^{0.7} = 11,9 \text{ м}^2.$$

Вертикально-сверлильный 2Н125

$$F_{\text{ст}} = 7.3 \cdot (2,35 \cdot 0,785)^{0.7} = 11,2 \text{ м}^2.$$

Общая площадь, занимаемая универсальным оборудованием:

$$F_{\text{уч}} = 20,9 + 27,8 + 20,9 + 11,9 + 11,2 = 92,7 \text{ м}^2$$

### **3.4 Перечень оборудования с ЧПУ**

Обработка корпуса насоса ведется на токарно-фрезерном обрабатывающем центре модели 1728С. В данном технологическом процессе участвует 2 единицы оборудования.

### **3.5 Расчет необходимой площади цеха под обрабатывающий центр**

Токарно-фрезерный обрабатывающий центр 1728С.

$$F_{\text{ст}} = 7.3 \cdot (2,5 \cdot 4,5)^{0.7} = 39,7 \text{ м}^2.$$

$$\text{Для двух станков } F_{\text{ст}} = 39,7 \cdot 2 = 79,4 \text{ м}^2$$

Общая площадь, занимаемая оборудованием  $F_{уч} = 79,4 \text{ м}^2$

### 3.6 Составление ведомости технологического оборудования

В ведомость технологического оборудования входит перечень оборудования, необходимого для осуществления обработки по спроектированному техпроцессу, с его первоначальной стоимостью.

Выше было приведено необходимое количество и приняты типы технологического оборудования.

Перечень оборудования по 2-м вариантам технологического процесса представлен в таблице 3.2 – Ведомость технологического оборудования.

Таблица 3.2 – Ведомость технологического оборудования

Тип оборудования	Кол-во	Мощность, кВт	Стоимость единицы оборудования, т. руб.	Суммарная стоимость, т. руб.
<b>Универсальное оборудование</b>				
Токарно-винторезный 16A20	1	11	1590	1590
Радиально-сверлильный 2К522	2	5	1470	2940
Вертикально фрезерный 6Р12	1	7,5	1890	1890
Вертикально-расточной 2Е440А	1	7,5	2590	10360
Вертикально-сверлильный 2Н125	1	3,5	500	500
<b>Итого, универсальное оборудование</b>				<b>17280</b>
<b>Оборудование с ЧПУ</b>				
Обрабатывающий центр 1728С	2	18	8780	17560
<b>Итого, оборудование с ЧПУ</b>				<b>17560</b>

### 3.7 Расчет стоимости производственных помещений

В нашем случае рассмотрим стоимость производственного здания для 2-х вариантов: обработка на универсальном оборудовании и оборудовании с ЧПУ.

Стоимость производственного здания общей площадью  $92,7 \text{ м}^2$  и высотой 9 м – для универсального оборудования,  $102,6 \text{ м}^2$  и высотой 9 м – для оборудования с ЧПУ.

Стоимость зданий представлена в таблице 3.3 – Стоимость производственных помещений.

Таблица 3.3 – Стоимость производственных помещений.

Наименование	Кол-во, м <sup>3</sup>	Стоимость единицы ОПФ, руб.	Суммарная стоимость, руб.
1. Здание для универсального оборудования	834,3	5000	<b>4 171,5</b>
2. Здание для оборудования с ЧПУ	720	5000	<b>3 600</b>

### 3.8 Расчет фонда заработной платы

Учитывая расчеты, проведенные в предыдущих разделах, а также перечень оборудования составим ведомость фонда заработной платы для 2-х вариантов обработки детали.

Годовой фонд основной заработной платы станочников определяется по формуле [11, с. 257]

$$L = \frac{N \cdot t_{шт} \cdot l_{тф}}{60}, \quad (3.5)$$

где N - годовая программа выпуска продукции 6 000 шт;

$t_{шт}$  - штучное время на операции;

$l_{тф}$  - часовая тарифная ставка станочника для первого разряда составляет – 85 руб.

При определении часовой тарифной ставки для третьего и четвертого разрядов необходимо дополнительное умножение на коэффициенты, соответственно 1,21 и 1,36.

Дополнительная заработная плата, районный коэффициент и премии составляют, соответственно, 10 %, 30 % и 20 % от основной заработной платы.

Расчеты сведем в таблицу 3.4 – Заработная плата рабочих на универсальных станках и таблицу 3.5 – Заработная плата оператора ЧПУ.

Таблица 3.4 – Заработная плата рабочих на универсальных станках

Профессия	$t_{шт}$ , мин	Кол-во рабочих	Разряд	Основная з/пл, руб.	Годовой фонд з/пл, руб.	Месячная з/пл, руб.
1. Токарь	5,7	1	3	82 764	132 422,4	11 035,2
2. Сверловщик	9,3	1	3	135 036	216 057,6	18 004,8
3. Фрезеровщик	4,9	1	3	71 148	113 836,8	9 486,4
4. Токарь	12	1	3	174 240	278 784,0	23 232,0
5. Сверловщик	5,9	1	3	85 668	137 068,8	11 422,4
6. Сверловщик	3,59	1	3	52 126,8	83 402,88	6 950,24
ИТОГО		6		600 982,8	961 572,48	80 131,04

Оплата труда операторов ЧПУ производится по окладной системе.

Оклад оператора ЧПУ составляет 20000 руб.

Дополнительная заработная плата, районный коэффициент и премии составляют, соответственно, 10 %, 30 % и 20 % от основной заработной платы.

Таблица 3.5 – Заработная плата оператора ЧПУ

Профессия	Кол-во рабочих	Оклад	Основная з/пл, руб.	Годовой фонд з/пл, руб.	Месячная з/пл, руб.
1. Оператор ЧПУ	1	20 000	240 000	384 000	32 000
ИТОГО			240 000	384 000	32 000

В технологическом процессе обработки на станках с ЧПУ используем многостаночное обслуживание, т.к. основное время значительно превосходит вспомогательное.

### 3.9 Экономическая эффективность проекта

Учитывая выше приведенные расчеты сравним 2 технологических процесса механической обработки детали и проведем анализ экономической эффективности проекта.

Для наглядности составим таблицу 3.6 – Экономическая эффективность затрат по 2-ум проектам.

Таблица 3.6 – Экономическая эффективность

Универсальное оборудование		Оборудование с ЧПУ	
Наименование затрат	Показатель, тыс. руб.	Наименование затрат	Показатель, тыс. руб.
1. Оборудование	17280	1. Оборудование	17560
2. Здание	4171,5	2. Здание	3600
3. Заработная плата	600,98	3. Заработная плата	240,0
ИТОГО	22 052,48	ИТОГО	21 400

Рассчитаем экономический эффект:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 \quad (3.6)$$

$$\mathcal{E} = 22\,052,48 - 21\,400 = 652,48 \text{ тыс руб.}$$



На основании проведенных выше расчетов, а также после сравнения затрат на организацию производства, можно сделать вывод об эффективности использования разработанного технологического процесса с применением станков с ЧПУ при изготовлении детали Корпус насоса высокого давления. При этом экономический эффект от внедрения станков с ЧПУ составит 652 тыс. 480 рублей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной бакалаврской работе спроектированы два варианта технологических процессов изготовления корпуса насоса высокого давления 0390.22.001-5 весом 4,45 кг.

В ходе проектирования отработана рациональная структура технологических процессов механической обработки, рассчитаны оптимальные режимы, выбрано высокопроизводительное оборудование и металлорежущий инструмент, а также спроектированы быстродействующие зажимное для расточной операции и контрольные приспособления для контроля биения торца относительно оси отверстия  $\varnothing 40$  мм и параллельности торца поверхности относительно внутренней привалочной плоскости отверстия.

Было разработано два варианта технологических процессов механической обработки, как для универсального оборудования, так и высокопроизводительного оборудования с ЧПУ.

На основании проведенного технико-экономического анализа разработанных технологических процессов, можно сделать вывод о целесообразности применения станков с ЧПУ. Важно отметить, что при производстве детали на универсальных станках затраты составляют 3675 руб/дет., а на оборудовании с ЧПУ 3566 руб/дет., что является несомненным плюсом. Годовой экономический эффект от внедрения станков с ЧПУ составил 652 тыс. руб.

## CONCLUSION

In this bachelor thesis, two variants of technological processes for manufacturing the high pressure pump casing 0390.22.001-5 weighing 4.45 kg have been designed.

During the design, a rational structure of machining processes was worked out, optimal modes were calculated, high-performance equipment and metal-cutting tools were selected, and high-speed clamping tools for the boring operation and control devices to control the face runout relative to the hole axis 40 mm and the parallelism of surface plane relative to internal joint face of the hole.

Two variants of technological processes of mechanical processing were developed, both for universal equipment and high-performance equipment with CNC.

Based on the conducted technical and economic analysis of the developed technological processes, it can be concluded that the use of CNC machines is advisable. It is important to note that in the production of parts on universal machines, the costs are 3,675 rubles per a piece and on the equipment with CNC they are 3,566 rubles per a piece, which is a definite advantage. The annual economic effect from the application of CNC machines amounted to 652,000 rubles.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ансеров, М.А. Приспособление для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – Л.: Машиностроение, 2004. – 656с.
2. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. / В. И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 2013 – 1846с.
3. Болотин, Х. Л. Станочное приспособления / Х. Л. Болотин, Ф. П. Костромин. – М.: Машиностроение, 2003 – 315 с.
4. Великанов, К. М. Экономика и организация производства в дипломных проектах / К.М. Великанов. – Л.: Машиностроение, 2003 – 256 с.
5. Горбачевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. – Минск.: Высшая школа, 2007 – 255 с.
6. Горохов, В. А. Проектирование и расчет приспособлений / В. А. Горохов. – Минск.: Высшая школа, 2003 – 312 с.
7. Горошкин, А. К. Приспособления для металлорежущих станков: справочник / А. К. Горошкин. – М.: Машиностроение 2011 – 303 с.
8. Гамрат-Курек, Л. И. Экономическое обоснование дипломных проектов: учебное пособие для ВУЗов / Л. И. Гамрат-Курек. – М.: Высшая школа, 2005 – 156 с.
9. Долматовский, Г. А. Справочник технолога по обработке металлов резанием / Г.А. Долматовский. – М.: Машиностроение, 2014 354 с.
10. Допуски и посадки: справочник: В 2 т. / В. Д. Мягков. – Л.: Машиностроение, 2013 – 1026 с.
11. Егоров, М. Е. Основы проектирования машиностроительных заводов / М. Е. Егоров. – М.: Высшая школа, 2011 – 478 с.
12. Корсаков, В. С. Основы конструирования приспособлений / В. С. Корсаков. – М.: Машиностроение, 2003 – 273 с.
13. Мельников, Г.Н. Проектирование механосборочных цехов / Г.Н. Мельников, В. П. Вороненко. – М.: Машиностроение, 1990 – 350 с.
14. Методические указания по расчету заземления электроустановок / Абакан, 2000 – 16 с.
15. Нормирование труда и сметы: учебник для техникумов. / Сост. К. Г. Романов и др. – М.: Стройиздат, 2008 – 165 с.
16. Общетехнический справочник / Сост. Е. А. Скороходов, В. П. Законников, А.Б. Пакнис и др. – М.: Машиностроение, 2010 – 511 с.

17. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и на обслуживание рабочего места на работы, выполняемые на металлорежущих станках / М.: Экономика, 2008 – 65 с.

18. Общемашиностроительные нормативы режимов резания : справочник. В 2 т. / Сост. А. Д. Локтев и др. – М.:Машиностроение, 2011 – 98 с.

19. Силантьева, Н. А. Техническое нормирование труда в машиностроении / Н. А. Силантьева, В. Р. Малиновский. – М., Машиностроение, 2000 – 186 с.

20. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. / Сост. А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков, Ю. А. Абрамов и др. – М., Машиностроение, 2005 – 988 с.

21. Технология машиностроения / А. А. Гусев и др. – М.: Машиностроения, 2006 – 287 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ**

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Автомобильный транспорт и машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
*А.Н. Борисенко* А.Н. Борисенко  
инициалы, фамилия  
26.06 2019 г.

#### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных  
производств

Разработка технологического процесса механической обработки корпуса  
насоса высокого давления 0390.22.001-5

Руководитель

*К.Т.В.*  
подпись, дата

К.Т.В., доцент каф. АТнМ  
должность, ученая степень

Е.М. Желтобрюхов  
инициалы, фамилия

Выпускник

*Т.А.*  
подпись, дата

Т.А. Бухольцева  
инициалы, фамилия

Абакан, 2019

Продолжение титульного листа БР по теме: Разработка технологического процесса механической обработки корпуса насоса высокого давления 0390.22.001-5.

Консультанты по разделам:

<u>Технологическая часть</u> наименование раздела	 подпись, дата	<u>Е.М. Желтобрюхов</u> инициалы, фамилия
<u>Конструкторская часть</u> наименование раздела	 подпись, дата	<u>Е.М. Желтобрюхов</u> инициалы, фамилия
<u>Организационно-экономическая часть</u> наименование раздела	 подпись, дата	<u>Е.М. Желтобрюхов</u> инициалы, фамилия
Нормоконтролер	 подпись, дата	<u>М.М. Сагалакова</u> инициалы, фамилия



Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Автомобильный транспорт и машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
 А.Н. Борисенко  
инициалы, фамилия  
« 11 » 04 2019 г

**ЗАДАНИЕ**  
**НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**  
**в форме бакалаврской работы**

Студенту Бухольцевой Т.А.

фамилия, имя, отчество

Группа 25-1

номер

Направление

15.03.05

код

Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Тема выпускной квалификационной работы: Разработка технологического процесса механической обработки корпуса насоса высокого давления 0390.22.001-5.

Утверждена приказом по университету № 261 от 11.04.2019

Руководитель ВКР Е.М. Желтобрюхов, к.т.н., доцент кафедры АТнМ

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР:

1. Чертеж детали с заводским номером 0390.22.001-5.
2. Годовая программа N = 6 000 шт

Перечень разделов ВКР Технологическая часть; Конструкторская часть; Организационно-экономическая часть;


Перечень графического материала 1. Чертеж детали - 1 лист ф. А1; 2. Технологический процесс - 4 листа ф. А1; 3. Приспособление контрольное - 1 лист ф. А1; 4. Приспособление расточное - 1 лист ф. А1; 5. Технико-экономические показатели - 1 лист ф. А1;

Руководитель ВКР

  
подпись

Е.М. Желтобрюхов  
инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

  
подпись, инициалы и фамилия студента

Т.А. Бухольцева

11 04 2019г.