

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 корпуса гидравлического привода

Студент

Р.Д. Козлов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент Д.А. Расторгуев

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

канд. экон. наук, Н.В. Зубкова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

## Аннотация

Тема работы - разработка технологического процесса изготовления корпуса гидравлического привода. В работе в первом разделе выполнен анализ исходных данных и условий работы корпуса в гидравлическом приводе. Проанализирована конструкция детали по технологичности, а также рассмотрены вопросы установки и базирования, обрабатываемости заготовки.

Во втором разделе по проектированию технологической части выбран среднесерийный тип производства, метод получения исходной заготовки путем сравнения двух вариантов (проката и штамповки), выбраны технологические переходы на каждую поверхность, из них спроектирован технологический процесс. В графической части он представлен в виде плана изготовления. Операции технологического маршрута включают в себя ряд последовательных операций. После заготовительной операции на токарной обработки проводится черновая и чистовая обработка по наружному контуру, а также обработка отверстия. После термообработки идет окончательная обработка отверстия. При этом используется комбинация режуще-деформирующего метода воздействия. На первом этапе изготовления детали обрабатываются также резьбовые элементы, как наружные, так и внутренние, а также радиальное отверстие. Спроектированы операции с расчетом режимов резания и штучного времени. В конструкторской части работы спроектировано приспособление для закрепления заготовки на операциях по ее обработке – самоцентрирующийся люнет, а также инструмент для комбинированной обработки центрального отверстия с использованием режуще-упрочняющей обработки. В разделе по охране труда на основе анализа вредных факторов предлагаются меры по защите окружающей среды и здоровья работников. В экономическом разделе на основе сравнения базового и проектного вариантов получено обоснование предложенных изменений.

## Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных .....	5
1.1 Анализ служебного назначения .....	5
1.2 Анализ назначения поверхностей детали .....	6
1.3 Технологичность конструкции корпуса.....	6
1.4 Формулировка задач .....	8
2 Технологическая часть работы.....	9
2.1 Выбор типа производства.....	9
2.2 Выбор метода получения заготовки.....	9
2.3 Проектирование заготовки.....	12
2.4 Выбор методов обработки поверхностей .....	12
2.5 Расчет припусков на обработку .....	13
2.6 Разработка технологического маршрута .....	15
2.7 Выбор оборудования и средств технологического оснащения .....	17
2.8. Разработка технологических операций.....	19
2.9 Выбор схемы базирования .....	20
2.10 Расчет режимов резания .....	20
3 Разработка специальной технологической оснастки.....	28
3.1 Проектирование приспособления.....	28
3.2 Проектирование комбинированного режущего инструмента .....	33
4 Безопасность и экологичность технического объекта .....	38
4.1 Планировка рабочего места .....	38
4.2 Оборудование .....	39
5 Экономическая эффективность работы.....	41
Заключение .....	46
Список используемых источников.....	48
Приложение А. Маршрутная и операционные карты .....	47
Приложение Б. Спецификация на приспособление .....	54
Приложение В. Спецификация на инструмент .....	56

## Введение

Одним из основных элементов механического привода являются гидравлические и пневматические устройства. Данное устройство предназначено для усиления передаваемых нагрузок.

Основными элементами пневматических и гидравлических приводов являются корпус-цилиндр и шток с поршнем. От того, насколько точно они центрируются, будет зависеть эффективность их работы. Значительный или недостаточный зазоры в сопряжениях будут приводить к недостаткам в работе приводов. Шток с поршнем могут заклинивать или могут быть из-за значительных зазоров потери рабочей среды и снижение давления, а также снижение надежности их работы.

Основная трудность при изготовлении направляющих втулок цилиндров базовых корпусов гидравлических и пневматических приводов - это изготовления внутреннего направляющего отверстия, а также обеспечение соосности устанавливаемых по торцам крышек. Из-за высоких требований по точности размеров и расположения, а также обычно высоких требований по форме отверстия, при значительной протяженности обрабатываемого отверстия требуются особые технологические методы растачивания. Обработка стандартным инструментом в данном случае не обеспечивает необходимых технических требований чертежа.

В работе проектируются технология изготовления корпуса втулки гидравлического привода с разработкой оснастки для обработки центрального направляющего отверстия с высокой точностью и производительностью.

## **1 Анализ исходных данных**

### **1.1 Анализ служебного назначения**

Деталь корпус гидравлического привода имеет форму втулки и работает направляющей в гидравлическом приводе для направления шток-поршневой группы.

Для выполнения своей функции в корпус втулки с двух сторон устанавливаются направляющие крышки. С одной стороны втулка-крышка вкручивается в корпус, с другой стороны крышка закрепляется по наружной резьбовой поверхности.

При резьбовой фиксации правой крышки используется фиксация ее через радиальное резьбовое отверстие. Левая крышка центрируется по специальной выточке. Правая крышка устанавливается по самому центральному отверстию.

Условия работы корпуса - нагрузки значительные, статические и динамические, работает в условиях смазки [20].

Корпус изготавливается из материала 40ХНМА, легированной высококачественной стали с нормальной обрабатываемостью резанием.

Сталь 40ХНМА по ГОСТ 4543-71 имеет следующие физико-механические свойства [7]:

- предел прочности 1080МПа;
- предел текучести 930МПа;
- относительное утонение 50%;
- твердость после закалки по Роквеллу 44 ÷ 47;
- твердость в состоянии поставки НВ 235.

Химический состав: углерод 0,37-0,44%; кремний 0,17-0,37%; марганец 0,5-0,8%; хром 0,6-9%; фосфор и сера – по 0,025%; никель 1,25-1,6%; молибден 0,15-0,25% [7].

## 1.2 Анализ назначения поверхностей детали

У корпуса втулки (рисунок 1) наружная поверхность 6 свободная, отверстие 7 является исполнительной и вспомогательной конструкторской базой одновременно. Сама корпус втулка устанавливается по фиксирующим боковым элементом, поэтому резьбовая поверхность 10 и 9 будут являться основными конструкторскими базами. Выточка 8 является вспомогательной конструкторской базой, также как и отверстие 15. Торцы 1, 5 является вспомогательными конструкторскими базами. Поверхности 12 14 являются свободными.

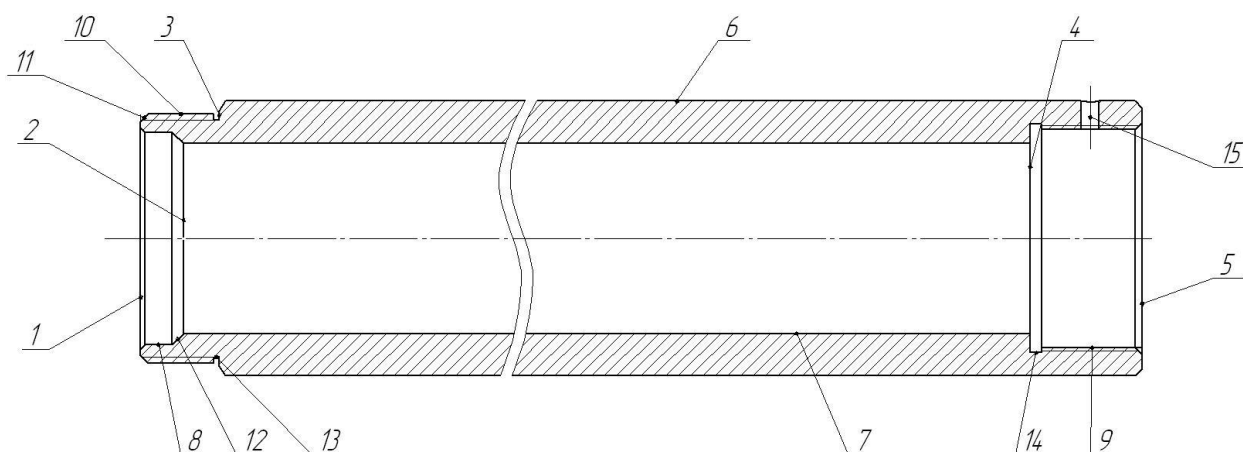


Рисунок 1 – Эскиз корпуса с номерами поверхностей

## 1.3 Технологичность конструкции корпуса

В целом конструкция корпуса позволяет использовать высокопроизводительные методы формообразования втулок.

Конструкция характеризуется ступенчатой формой отверстия, отверстиями с двух сторон для крепления крышек [2].

Наружные поверхности могут обрабатываться проходными резцами, торцы втулки имеет небольшую ширину  $(D_{\text{наруж}} - D_{\text{внутр}}) = (94 - 65) / 2 = 14,5$  мм на сторону.

Корпус гидравлического привода имеет форму протяженной втулки с крепежными элементами по концам детали. Соотношение длины к диаметру около 10 относит данную деталь с учетом толщины стенки к категории мало жестких втулок. Элементы по краям для крепления крышек выполнены в виде с одной стороны наружной резьбы, с другой стороны - внутренней резьбы. Обе относятся к классу метрических. Кроме этого, с конца втулки, где крепежная резьба выполнена наружной, имеется базирующая проточка для центрирования крышки. Точность главной поверхности направляющего отверстия, а также центрирующей выточки равна 7 качеству с шероховатостью Ra 1,25 мкм. Это относит данную группу поверхностей к наиболее трудно технологически обрабатываемым. Необходимо использовать специализированный инструмент, так как обычная технология с использованием расточного инструмента или внутреннего шлифования для данной детали не подходит.

Подвод инструмента необходим с двух сторон, поэтому обработка заготовки будет вестись на различных установках.

Конструктивный элемент радиальное отверстие для стопорения крышки требует подвода инструмента перпендикулярно оси детали. Это можно сделать или отдельно на сверлильном станке или выполнить в рамках одной комбинированной много переходной операции, выполняемой на современном токарном центре модульной компоновки с возможностью использования приводного инструмента. Такой инструмент будет устанавливаться в специальную позицию резцедержателя и приводится во вращение. Обработка может вестись при фиксированном положении заготовки без ее вращения. Формы поверхностей простые, протяженные. Конструктивные элементы стандартизированы. Фаски имеют разные размеры - внутренние и наружные по величине отличаются.

Внутренняя резьба требует выполнение канавки под выход инструмента. Заготовкой может служить прокат в виде сортового прутка или толстостенной горячекатаной трубы. Использовать штамповку в данном

случае нецелесообразно, так как серийность небольшая, перепады диаметров незначительные. Установка заготовки на металлорежущих станках требует наличия нескольких опор вследствие большого вылета детали, а также невозможности использовать на всех переходах поджим задним центром. Причем сам центр в данном случае должен быть выполнен в виде грибковой конструкции. Базовыми отверстиями являются конструктивные отверстия большого размера. Для повышения жесткости заготовки обязательно использование дополнительных опор. Можно использовать стандартные люнеты с переходами по подготовке базовой поверхности и последующей выверкой или использовать современные конструкции самоцентрирующих люнетов. Общая оценка технологичности данной детали – неудовлетворительная.

#### **1.4 Формулировка задач**

Следующие задачи:

- спроектировать маршрут с выбранной заготовкой;
- спроектировать - операции, рассчитать режимы резания и время на обработку;
- усовершенствовать лимитирующую операцию;
- спроектировать режущий инструмент и станочное приспособление для заданной операции;
- разработка мероприятия по охране труда;
- рассчитать экономическую эффективность операции.

#### **Выводы по разделу**

В первом разделе описываются условия работы детали, анализируются особенности конструктивной формы, материал корпуса. Выполнен комплексный анализ технологичности.



## **2 Технологическая часть работы**

### **2.1 Выбор типа производства**

Тип производства – среднесерийный – определяется по массе детали  $m=22,8$  кг и объему выпуска  $N=500$  штук в год. Размер периодического запуска детали в производство [12]:

$$n=(N \cdot a)/254=(500 \cdot 12)/254=20 \text{ детали,} \quad (1)$$

где  $a$  – периодичность запуска партии деталей в днях (принимается 12 дней);

254 – среднее число рабочих дней в году.

Корпус гидравлического привода по [20] будет изготавливаться в условиях среднесерийного производства, для которого характерна переменнo-поточная форма технологического процесса.

Также к характеристикам среднесерийного производства относятся тип оборудования и оснащения - универсальные и специализированные. При этом загрузка станков происходит за счет периодической смены обрабатываемых заготовок. Поэтому коэффициент закрепления операций находится в диапазоне от 10 до 20.

### **2.2 Выбор метода получения заготовки**

Заготовку корпуса гидравлического привода, как уже было сказано в первом разделе, можно получить двумя способами: из проката из сортового прутка или толстостенной горячекатаной трубы [11].

Использование штамповки нецелесообразно из-за малой серии выпуска и небольших перепадов диаметров.

Выбор между прокатом прутком и трубой можно выполнить сравнительным качественным анализом (рисунок 2).

Схемы заготовок из проката прутка и трубы показаны на рисунке 2.

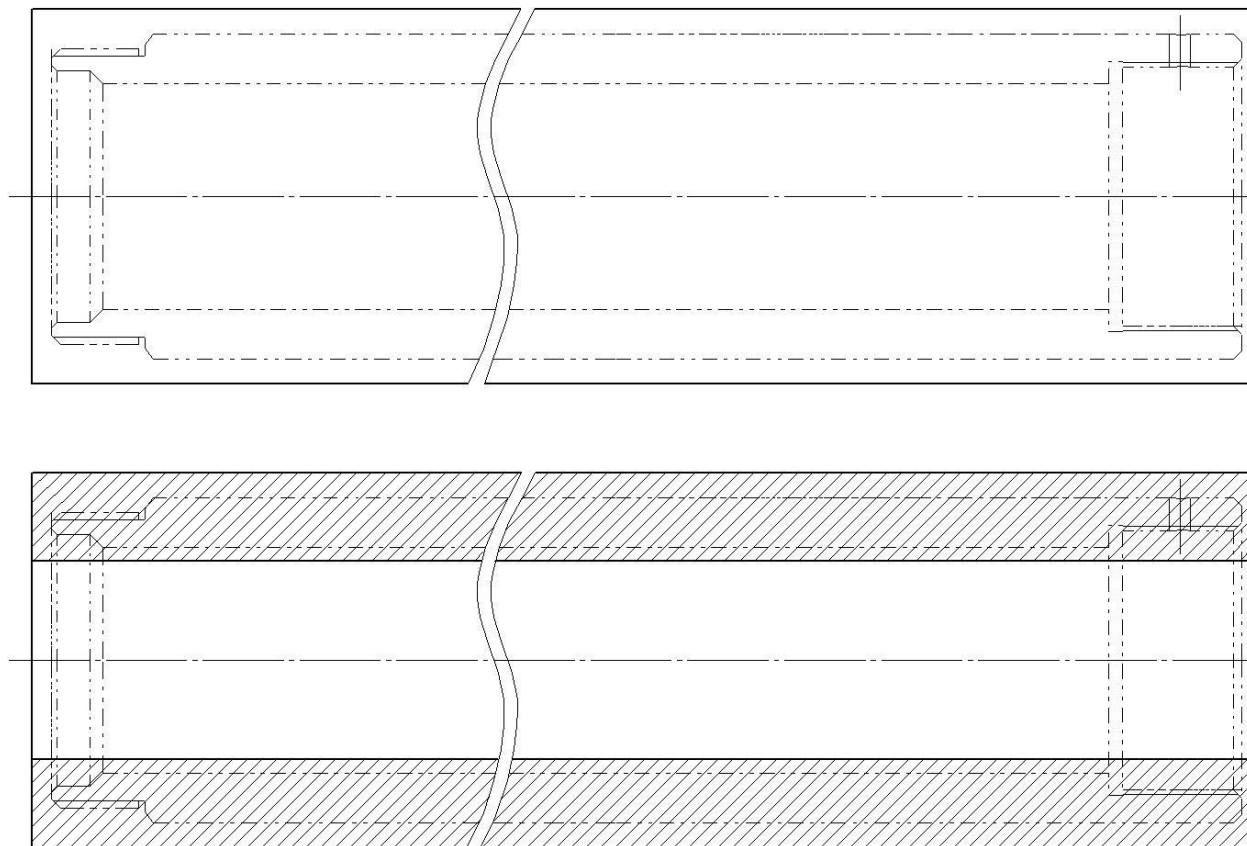


Рисунок 2 - Схемы заготовок корпуса

Стоимость материала 40ХНМА, среднелегированной стали – высокая. Масса цельного прутка длиной 1 м при диаметре 100 мм равно 61,7 кг. Масса 1 метра горячекатаной трубы диаметром 102 мм равна 46,2 кг. Разница получается на 1 м почти 20 кг. С учетом общей длины детали 800 мм, разница в расходе материала очень существенная. При этом необходимо учесть, что для прутка обработку отверстия необходимо будет проводить первоначально сверлением. Причем с учетом диаметра сверления, наиболее подходящий метод обработки - эжекторное сверление (рисунок 3) с формированием в виде отхода на данном переходе прутка, вырезанием его

режущими пластинами сверла. Это требует специализированного оборудования и инструмента. Также будет большой расход инструментального материала и дополнительное время обработки, что значительно повысит трудоемкость изготовления корпуса [13].

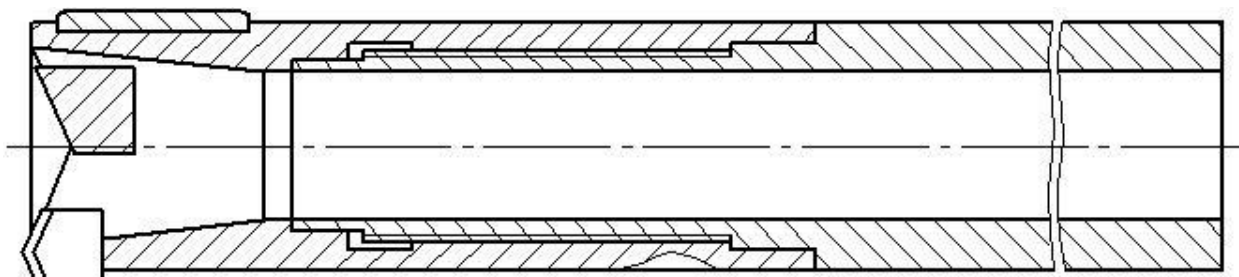


Рисунок 3 – Схема эжекторного сверла

Предлагается использовать для исходной заготовки горячекатаный прокат ГОСТ 8731 74. Есть два диаметра наиболее близкие к размеру наружного диаметра детали 94 мм: наружный диаметр трубы для сортового проката размерами 95 или 102 мм [11].

Если использовать 95мм, то припуск на сторону получается 0,5 мм, что даже для однократной обработки очень мало. С учетом общей длины детали это может привести к черноте после обработки (не снятому материалу) из-за искривления исходной заготовки. Поэтому для исключения брака при обработке используем трубу диаметром 102 мм с толщиной стенки 24 мм. Это делает внутреннее отверстие в трубе равным 60 мм. Для отверстия диаметром 65 мм припуск 2,5 мм на сторону является достаточным. Для обоснования этого вывода в следующих подразделах проведем расчет припуска аналитически.

Расстановка станков осуществляется по операциям типового технологического процесса для детали, характерной для изготовления на данном участке. Разработка технологии введется в маршрутно-операционном виде [21].

### **2.3 Проектирование заготовки**

Для проектирования заготовки выбираем наибольший ближайший диаметр, который подходит с точки зрения обеспечения достаточного припуска на обработку наружной поверхности (102 мм). Далее подбирается толщина стенки трубы (24 мм).

Так как предполагается использовать мерные заготовки, их будут получать отрезкой на круглопильных станках резкой дисковой фрезой большого диаметра с твердосплавными зубьями. Припуск на сторону принимаем равным 2 мм.

Далее на операциях механической обработки черновым и чистовым подрезанием будет обеспечена необходимая точность и качество поверхности торцов, заданные по чертежу.

Предельная степень коробления заготовки принимается 1,2 мм на длине данной заготовки 804 мм. Допуск на отрезку принимаем равным 0,8 мм.

Точность проката трубы в данном случае равна 1% от диаметра трубы, что составляет допуск на размер 1,02 мм, а для отверстия 0,06 мм. Данные отклонения для горячекатаной трубы очень маленькие. Скорректируем их по допускам на сортовой прокат 1,6 мм для отверстия и 2,3 мм для наружной поверхности.

### **2.4 Выбор методов обработки поверхностей**

При выборе технологических переходов при обработке корпуса гидравлического привода учитываем тип исходной заготовки - горячекатаный прокат и технические требования [19], заданные по чертежу. Руководствуемся квалитетами точности размера и шероховатостью поверхности.

При обработке данной детали необходимо также учесть ее небольшую жесткость, что требует введения дополнительных переходов.

Основными группами поверхностей данной детали являются наружная цилиндрическая поверхность, выполненная свободной с минимальными требованиями. Для ее обработки можно использовать двухкратное точение - черновое и чистовое. Для обработки отверстия необходимо использовать многопереходный процесс, который включает черновое, получистовое и чистовое растачивания. В качестве отделочной операции можно рассмотреть альтернативные варианты выполняемые методом внутреннего шлифования, хонингования или использование инструмента, работающего методом поверхностной пластической деформации. Для данного перехода деформирующими элементами можно задействовать раскатники (шариковые или роликовые).

Обработку данным способом можно совместить с одновременным процессом растачивания. Это значительно сократит обработку, повысит ее точность за счет обеспечения положения режущих и деформирующих элементов на одной оси обрабатываемого отверстия.

Для обработки концевых конструктивных элементов (резьбы и канавки) необходимо задействовать растачивание расточной головкой (одно или двухрезцовой) использовать обработку канавочным инструментом, как для обработки внутренней канавки под выход резьбового внутреннего резца, так и для наружной обработки также для выхода резьбового резца.

Резьбовые участки нарезаются только резцом. Обработка радиального отверстия заключается в сверлении с последующим нарезанием резьбы.

## **2.5 Расчет припусков на обработку**

Припуск на самую точную поверхность диаметром 65H7 находится по [11] следующим образом.

Для обработки отверстия выберем много переходный процесс, который включает комбинированное черновое и чистовое растачивания.

Сначала необходимо найти минимальный припуск

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

где  $a_{i-1}$  – суммарное значение шероховатости необработанной поверхности и глубины дефектного слоя от предыдущего перехода, мкм;

$\Delta_{i-1}$  – пространственные отклонения заготовки, мкм;

$\varepsilon_i$  – погрешность установки на самом переходе, мкм [10].

Для определения шероховатости и глубины дефектного слоя используются табличные данные [10]. Для нахождения пространственных отклонений  $\Delta_{i-1}$  используется формула

$$\Delta_{i-1} = 0,25Td, \quad (3)$$

где  $Td$  – допуск соответствующего перехода, мкм.

Также необходимо учесть коробление обрабатываемой поверхности и ее смещение относительно базовой наружной поверхности

$$\Delta_3 = \sqrt{\Delta_{кор}^2 + \Delta_{см}^2}; \quad (4)$$

где  $\Delta_{кор}$  – коробление отверстия, мкм;

$\Delta_{см}$  – смещение проката, мкм.

Само коробление проката без правки

$$\Delta_{кор} = \Delta_{y\partial} \cdot \ell; \quad (5)$$

где  $\Delta_{y\partial}$  – удельное коробление проката, мкм;

$l$  – размер заготовки при резце (половина длины детали).

$$\Delta_{кор} = 1,4 \cdot 804 = 1162 \text{ мкм.}$$

$$\Delta_3 = \sqrt{1162^2 + 300^2} = 1200 \text{ мкм.}$$

Остаточные пространственные погрешности после переходов механической обработки приведены в таблице 1.

Расчет размеров ведем по минимальному диаметру, переходя к максимальному через допуск.

$$D_{\max}^{i-1} = D_{\max}^i - 2Z_{\min}^i, \quad (6)$$

где  $D_{\max}^i$  - минимальный размер на данном переходе, мм;

$D_{\max}^{i-1}$  - минимальный размер на предыдущем переходе, мм.

$$D_{\min}^i = D_{\max}^i - T^i, \quad (7)$$

где  $T^i$  - допуск на размер на данном переходе, мм.

Максимальный припуск  $Z_{\max}^{np}$

$$z_{\max}^i = D_{\min}^{i-1} - D_{\min}^i. \quad (8)$$

Результаты занесем в таблицу 1 и на рисунок 4.

## 2.6 Разработка технологического маршрута

По [9] для типовой детали втулка разработаем технологический процесс изготовления корпуса гидравлического привода для условий среднесерийного производства (таблица 2).

000 Фрезерно-отрезная.

005 Токарная.

010 Закалка.

Таблица 1 - Расчет припусков и размеров по переходам

Переход	Элемент припуска, мкм			Допуск $\delta$ , мкм	Предельный размер, мм		Предельное значение, мм	
	Rz и T	$\rho$	$\varepsilon$		$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}^{np}$	$2Z_{\max}^{np}$
Заготовка	350	1200	-	1900	59,4	61,3	-	-
Растачивание черновое	120	72	120	300	64,1	64,4	3,1	4,7
получистовое	45	60	20	74	64,744	64,818	0,389	0,615
Чистовое точение	30	48	10	30	65	65,03	0,212	0,256

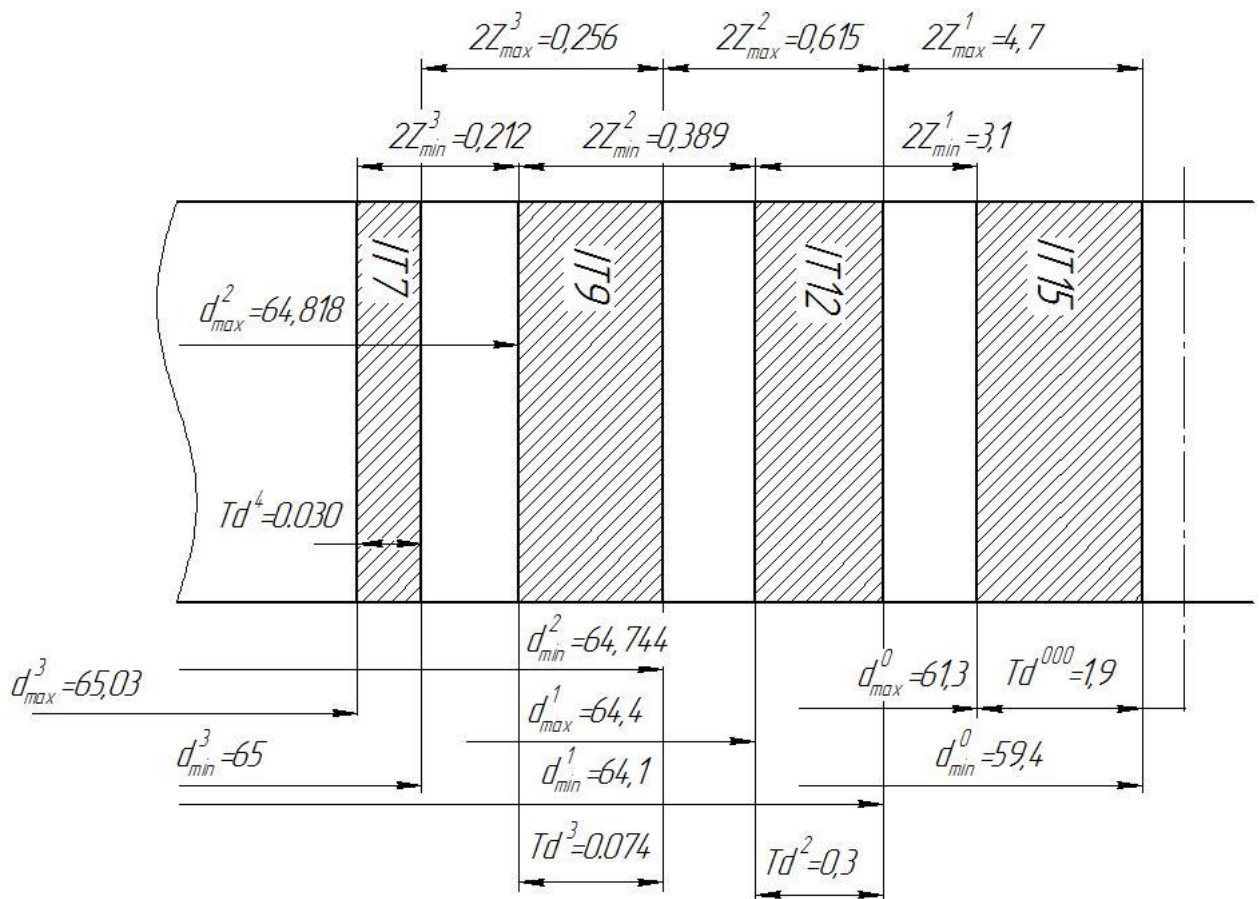


Рисунок 4 – Схема припусков



Таблица 2 - Технологический маршрут

№ опер	Наименование операции	IT	Ra,мкм	Модель станка
000	Заготовительная отрезная	15	20	Круглопильный автомат 8Б672
005	Токарная	12, 9	6,3 2,5	Токарно-фрезерный центр 1728С
015	Термообработка	-	-	
020	Токарная	7	1,25	Токарно-фрезерный центр 1728С
025	Моечная	-	-	-
030	Контрольная	-	-	-

015 Токарная.

020 Промывка.

025 Контроль.

В данной технологии предлагается заменить шлифование отверстия в базовом варианте, как малопроизводительный процесс, на комбинированную обработку расточным инструментом для глубоких отверстий (отношение длины к диаметру более 5) с использованием методов поверхностного пластического деформирования (ППД).

Расчет припуска остается в силе. Только припуск на чистовой переход будет считаться таковым для комбинированного растачивания с ППД.

Основные операции технологического маршрута представлены на плане обработки (лист 2), где также показаны схемы базирования, выбранные в соответствии с принципами единства и постоянства баз [10].

## **2.7 Выбор оборудования и средств технологического оснащения**

Оборудование [9]:

005 Фрезерно-отрезная. Круглопильный автомат 8Б672.

010 Токарная. Токарный центр 1728С.

015 Закалка. Печь.

020 Токарная. Токарный центр 1728С.

025 Промывка

030 Контроль

Оснастка [15]:

005 Фрезерно-отрезная. Тиски. 1. Отрезать заготовку. 2257-0161 Пила ГОСТ 4047-82 [16].

010 Токарная. Патрон 7102-0081 ГОСТ 24351-80. Люнет SLZB 1152.

015 Закалка. Ванна закалочная.

020 Токарная. Патрон 7102-0081 ГОСТ 24351-80. Люнет SLZB 1152.

025 Промывка.

030 Контроль.

Режущий инструмент по переходам [13]:

005 Фрезерно-отрезная. 1. Отрезать заготовку. 2257-0161 Пила ГОСТ 4047-82.

010 Токарная. 1. Установить заготовку.

2. Точить заготовку. PCLNR 2525M16 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82.

4. Точить заготовку. PCLNR 2525M16 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82.

5. Расточить кольцевую выточку. К.01.4980.000-03 Резец T15K6 ТУ 2-035-1040-86.

6. Расточить канавку. 2145-0062 2 Резец BK6M ГОСТ 18063-72.

7. Нарезать резьбу. 2662-0003 Резец T15K6 ГОСТ 18885-73.

8. Переустановить и закрепить заготовку.

9. Точить заготовку. PCLNR 2525M16 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82.

10. Расточить кольцевую выточку. К.01.4980.000-03 Резец T15K6 ТУ 2-035-1040-86.

11. Сверлить отверстие предварительно. 2301-1001 Сверло диаметр 6 P6M5 ГОСТ 19547-74. ШЦ-I-125-0,1 Штангенциркуль ГОСТ 166-89 [14].

12. Расточить заготовку. 2141-0004 Резец BK4 ГОСТ 18883-73.

13. Нарезать резьбу . 2666-0003 Резец T15K6 ГОСТ 18885-73.

020 Токарная. Патрон 7100-0011 ГОСТ 2675-80. Люнет SLZB 1152.1.

Расточить отверстие необходимо при помощи головки расточной комбинированной.

## **2.8. Разработка технологических операций**

Первая операция - отрезка проката из толстостенной трубы стоит из одного установка с один переходом.

На следующей токарной операции обработка проводится за два установка. Сначала на установке А идет обработка последовательно по наружной и внутренней поверхностям начерно, за исключением небольшого участка под кулачками зажимного патрона, где поверхность не обрабатывается.

Затем на этом же установке последовательно проводится обработка наружной и внутренней поверхностей начисто. Дополнительно обрабатывается выточка под резьбу, протачивается канавка под выход резьбового инструмента, нарезается резьба.

На втором установке обрабатывается начерно и начисто участок под кулачками, соответствующий по расстоянию длине участка под резьбу. Обрабатывается канавка под выход резьбового наружного инструмента и обрабатывается расточка в отверстии. Далее нарезание наружной резьбы.

После термической операции проводятся резьбошлифовальная по окончательному обработке резьбовой поверхности.

На токарной чистовой операции проводится за один установка за один переход окончательная обработка внутренней поверхности комбинированным методом. Последовательность переходов представлена на листах технологических наладок (токарная) (смотри лист 3). Содержание остальных операций (смотри Приложение А) занесено в маршрутную карту.

## 2.9 Выбор схемы базирования

На всех операциях технологического процесса используется однотипная схема установки в самоцентрирующих люнетах по сечениям близким к краям, а передача крутящего момента производится при помощи самоцентрирующего трех кулачкового патрона [17].

Схема базирования приведена на рисунке 5.

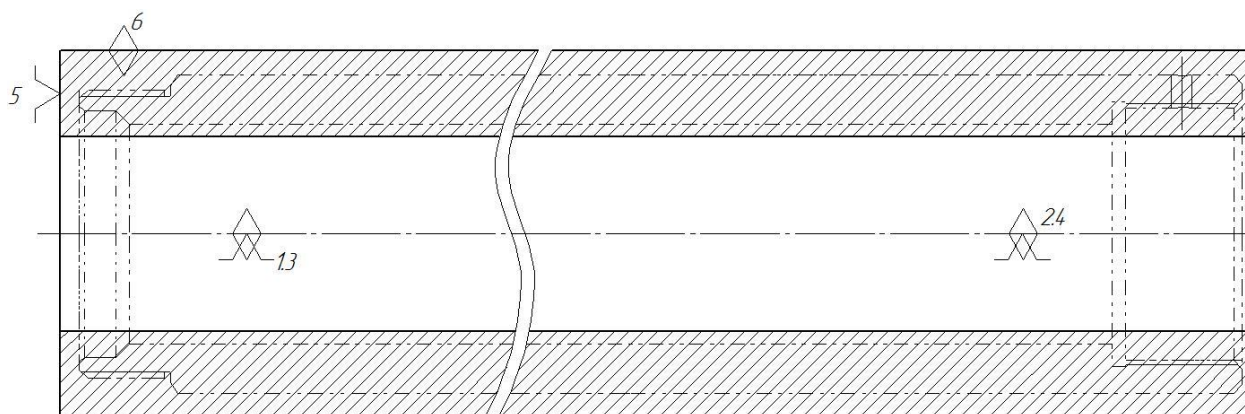


Рисунок 5 – Схема базирования

## 2.10 Расчет режимов резания

Расчет режимов резания расчетно – аналитическим способом ведется по методике в [8].

Глубину резания берем из расчета припуска.

Подача  $S$  для черновой обработки выбирается максимально возможной по условиям прочности и жесткости, для чистовой – по шероховатости.

Скорость резания по [8]:

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

где  $C_v, m, x, y$  – коэффициент и показатели степеней по [21];

$T$  – норма стойкости инструмента, мин;  
 $t, S$  - глубина резания и подача, мм и мм/об;  
 $K_V$  – поправочный коэффициент.

По всем переходам назначаем стойкость  $T=30$  мин.  
Коэффициент из формулы (9)

$$K_V = K_v \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \quad (10)$$

где  $K_{mv}$  - учитывает материал заготовки;

$K_{nv}$  - состояние поверхности заготовки;

$K_{uv}$  - материал инструмента.

Первый из них

$$K_{mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{nv} \quad (11)$$

где  $K_r$  – определяется по группе материала;

$\sigma_B$  - предел прочности материала заготовки, МПа.

Назначаем все значения по [8]. Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000v}{\pi D}, \text{ об/мин} \quad (12)$$

где  $v$  – скорость резания, м/мин;

$D$  – диаметр, мм.

Мощность резания

$$N = \frac{P_{zv}}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт} \quad (13)$$

где  $P_z$  – тангенциальная сила резания, Н.

$$P_z = 10C_p \cdot t^x S^y v^n K_p, \quad (13)$$

где  $C_p, x, y, n$  - коэффициент и показатели степени по [8];

$K_p$  – коэффициент.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{qp} \cdot K_{jp} \cdot K_{lp} \cdot K_{rp} \quad (14)$$

где все коэффициенты учитывают условия перехода и определяются по [8].

Рассчитанные по выше приведенным формулам параметры режима обработки по операциям и переходом показаны в таблицах 3 – 9.

Таблица 3 – Режим резания для 005 отрезной

Параметр	Размерность	Параметр перехода отрезка
Глубина резания	мм	3
Скорость резания	м/мин	26
Подача	мм/об	0,1
Проходы	-	1
Обороты шпинделя	об/мин	95
Основное время	мин	0,19
Вспомогательное время	мин	0,9
Оперативное время	мин	1,19
Время обслуживания и отдыха	мин	0,07
Подготовительно-заключительное время	мин	15
Партия запуска	шт.	12
Штучное время	мин	1,26
Штучно-калькуляционное время	мин.	2,51

По условию, мощность резания не должна превышать мощность станка. По паспорту мощность станка 1728С 11кВт и условие следующее

$$N_{\phi} < H_{нач}. \quad (15)$$

Основное время определяется по формуле:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S}, \text{ мин} \quad (16)$$

где L – длина резания, включая врезание  $u=1$  мм и перебег  $\Delta = 2$  мм.

Таблица 4 – Режим резания для 005 токарной операции

Параметр	Размерность	Параметры перехода			
		Точение черновое	Растачивание черновое	Точение чистовое	Растачивание чистовое
Глубина резания	мм	3	3	1,5	0,3
Скорость резания	м/мин	132	105	105	189
Подача	мм/об	0,5	0,6	0,4	0,18
Проходы	-	1	1	1	1
Обороты шпинделя	об/мин	412	514	640	808
Мощность	кВт	11,2	-	-	-
Минутная подача	мм/мин	206	309	206	115
Удельная производительность	мм <sup>3</sup> /мин	175	-	-	-
Основное время	мин	3,5	2,6	0,5	6,5
Вспомогательное время	мин	5,4			
Оперативное время	мин	21,04			
Время обслуживания и отдыха	мин	1,26			
Подготовительно-заключительное время	мин	25			
Партия запуска	шт.	12			
Штучное время	мин	22,71			
Штучно-калькуляционное время	мин.	24,38			

В следующих таблицах 8, 9 приведены режимы резания на выполнение чистовых операций. Следует учесть, что данные режимы будут скорректированы в следующем разделе, где будет проектироваться комбинированный инструмент для одновременного растачивания и

поверхностного пластического деформирования обрабатываемого отверстия.  
На последней операции соответственно поменяются нормы времени.

Таблица 5 – Режимы резания на 005 операцию (чистовые переходы)

Параметр	Размерность	Параметры перехода			
		Растачивание чистовое	Точение черновое	Точение чистовое	Точение канавки
Глубина резания	мм	0,3	1,5	0,3	0,5
Скорость резания	м/мин	165	132	165	165
Подача	мм/об	0,25	0,18	0,18	0,18
Проходы	-	1	1	1	1
Обороты шпинделя	об/мин	808	494	618	918
Минутная подача	мм/мин	202	89	111	111
Основное время	мин	6,5	0,2	0,67	0,65

Таблица 6 – Режим резания для 005 токарной операции (резьбовые переходы)

Параметр	Размерность	Параметры перехода			
		Нарезание резьбы М75	Растачивание выточки	Растачивание канавки	Нарезание резьбы М75
Глубина резания	мм	2	0,5	0,5	2
Скорость резания	м/мин	124	165	105	98
Подача	мм/об	2	0,18	0,18	2
Проходы	-	1	1	1	1
Обороты шпинделя	об/мин	526	700	700	367
Минутная подача	мм/мин	1053	126	126	734
Основное время	мин	0,33	0,13	0,04	0,45

Для средне-серийного производства для операции считается штучно-калькуляционное время с учетом дополнительного времени на подготовительные и заключительные работы по партии запуска  $T_{п-з}$ :

$$T_{ш-к} = \frac{T_{n-3}}{n} + T_{шт} , \quad (17)$$

где  $T_{п-з}$  - подготовительно-заключительное время, мин;



$T_{шт}$  - штучное время, мин;

$n$  –деталей в партии, шт.

Таблица 7 – Режим резания для 005 токарной операции

Параметр	Размерность	Сверление отверстия 8 мм
Глубина резания	мм	4
Скорость резания	м/мин	47
Подача	мм/об	0,15
Проходы	-	1
Обороты шпинделя	об/мин	1870
Минутная подача	мм/мин	281
Основное время	мин	0,05
Обороты шпинделя	об/мин	93

Таблица 8 – Режим резания для 015 резбошлифовальной операции

Параметр	Размерность	Шлифование
Глубина резания	мм	0,2
Скорость резания	м/мин	25
Подача	мм/об	2
Проходы	-	5
Минутная подача	мм/мин	186
Обороты шпинделя	об/мин	93
Основное время	мин	1,6
Вспомогательное время	мин	2,1
Оперативное время	мин	3,7
Время обслуживания и отдыха	мин	0,22
Подготовительно-заключительное время	мин	20
Партия запуска	шт.	12
Штучное время	мин	3,92
Штучно-калькуляционное время	мин.	5,6

Штучное время:

$$T_{шт} = T_o + T_e + T_{об} + T_{ом}, \quad (18)$$

где  $T_o$  - основное или машинное время, мин;

$T_e$  - время на вспомогательные переходы, мин;

$T_{об}$  - время обслуживания станка, мин;

$T_{от}$  - время отдыха, мин.

Таблица 9 – Режим резания для 020 токарной чистовой операции

Параметр	Размерность	Комбинированное растачивание
Глубина резания	мм	0,2
Скорость резания	м/мин	25
Подача	мм/об	2
Проходы	-	5
Минутная подача	мм/мин	186
Обороты шпинделя	об/мин	926
Основное время	мин	4,1
Вспомогательное время	мин	1,8
Оперативное время	мин	5,9
Время обслуживания и отдыха	мин	0,35
Подготовительно- заключительное время	мин	20
Партия запуска	шт.	12
Штучное время	мин	6,25
Штучно-калькуляционное время	мин.	7,7

Время вспомогательных переходов

$$T_g = T_{y.c.} + T_{z.o.} + T_{yn} + T_{uz}, \quad (19)$$

где  $T_{y.c.}$  - время установки и снятия заготовки, мин;

$T_{z.o.}$  - время фиксации и раскрепления заготовки, мин;

$T_{yn}$  - время управления, мин;

$T_{uz}$  - время контроля, мин.

По [9] принимаем следующие нормы. С учетом типа производства вспомогательное время уточняется

$$T_g = T_g \cdot k, \quad (20)$$

где  $k$  – коэффициент среднесерийного производства.

Для указанного типа производства последние слагаемые формулы (18)  $T_{об}$  и  $T_{от}$  таблично не определяются. Они находятся в процентах от оперативного времени, которое считается как

$$T_{оп} = T_o + T_v. \quad (21)$$

Время обслуживания

$$T_{об} = T_{оп} \cdot n_{от}/100, \quad (22)$$

где  $n_{от}$  – доля времени на обслуживание от оперативного,  $n_{от} = 3\%$ .

$$T_{об} = T_{оп} \cdot n_{от}/100, \quad (23)$$

где  $n_{от}$  – доля времени на отдых от оперативного времени,  $n_{от} = 3\%$ .

Партия запуска

$$n = N \cdot a/254, \quad (24)$$

где  $a$  – периодичность запуска, дни;

$N$  – годовой объем выпуска по заданию, 500 шт.

### **Вывод по разделу**

В разделе спроектирован технологический маршрут изготовления корпуса гидравлического привода, включая выбор заготовки – трубчатого проката. При проектировании заготовки использовались как табличные припуски, так и полученные расчетом. На отверстие размеры и припуски определялись аналитически. Также выбрано оснащение и оборудование. Спроектированные операции содержат все технологические переходы, выбранные для отдельных поверхностей корпуса, а также рассчитаны режимы резания и определены штучные времена выполнения операций.

### 3 Разработка специальной технологической оснастки

#### 3.1 Проектирование приспособления

##### 3.1.1 Сбор данных

Для установки корпуса гидравлического привода на всех операциях, как сказано в разделе 2, был выбран самоцентрирующий люнет. Для его проектирования необходимо рассчитать предельные усилия резания, возникающие на переходах при обработке заготовки. Данные переходы выполняются на черновом этапе токарной обработки. При этом припуск максимальный и снимается и по наружной и по внутренней поверхностям. Но, поскольку на наружной поверхности припуск больше, диаметр также больше, возникающий момент резания соответственно будет также больше, по сравнению с моментом резания при растачивании. Поэтому расчет силовых параметров будет проведен только для условий наружной обработки точением [1].

Операционный эскиз операции 005 показан на рисунке 6.

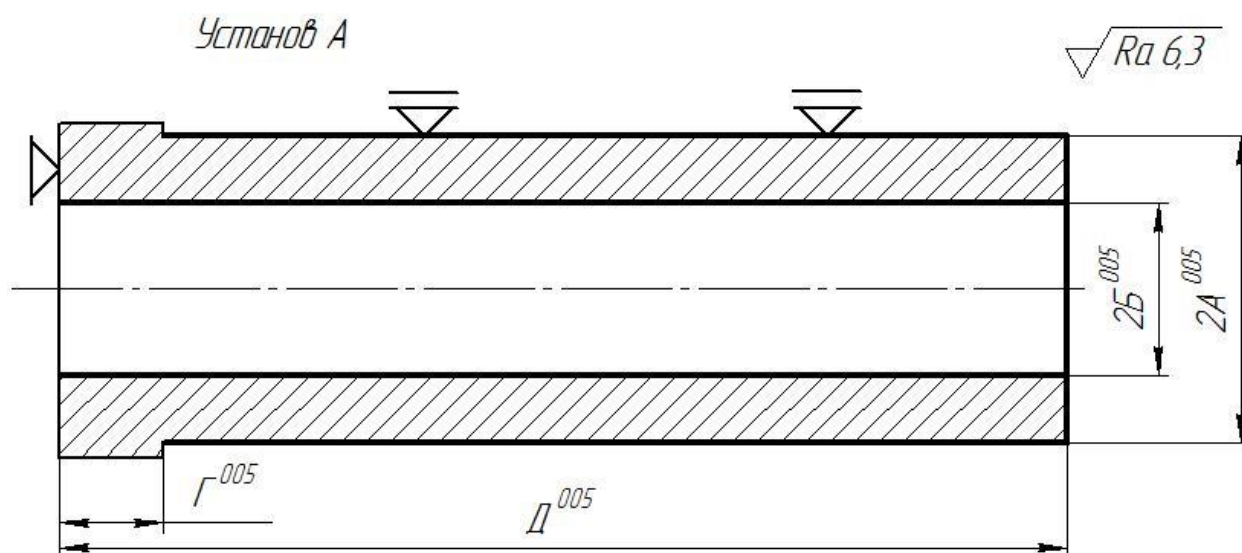


Рисунок 6 - Операционный эскиз

Материал заготовки – сталь 40ХНМА, твердость HB 235.

Заготовки – горячекатаный трубчатый прокат.

Резец – . PCLNR 2525M16 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82.

Токарно-фрезерный центр 1728С.

Рассчитанная сила резания в разделе 2.10 сила резания, выраженная из мощности

$$P_z = \frac{N \cdot 1020 \cdot 60}{v}, \quad (25)$$

где N – мощность резания (таблица 4);

v – скорость резания, м/мин.

$$P_z = \frac{11,2 \cdot 1020 \cdot 60}{132} = 5193 \text{ Н.}$$

Люнет по универсальности применения относится к универсальным безналадочным приспособлениям [4].

### 3.2.2 Расчет силы зажима

Радиальная составляющая силы резания  $P_y$  старается сместить заготовку по радиусу. Этому препятствуют установочно-зажимные элементы люнета. К ним относят опорные ролики с рычагами (рисунок 7).

На рычаге 3 на опорной оси 4 закрепляется поворотный рычаг 2. Он образует призматическую схему установки заготовки с одной стороны (симметрично действует второй рычаг) за счет двух опорных роликов 1. Для фиксации заготовки в радиальном направлении рычаги 2 зафиксированы на опорной оси 4 от поворота. Смещения в радиальном направлении определяются конструктивной жесткостью опорного элемента. В расчете силы закрепления мы можем радиальной составляющей пренебречь.

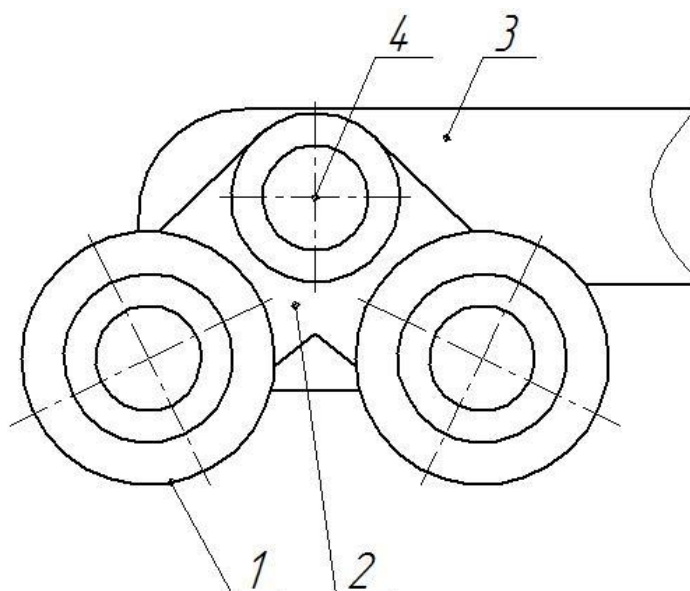


Рисунок 7 - Схема опорного рычага

На рисунке 8 показана схема действия сил резания и закрепления.

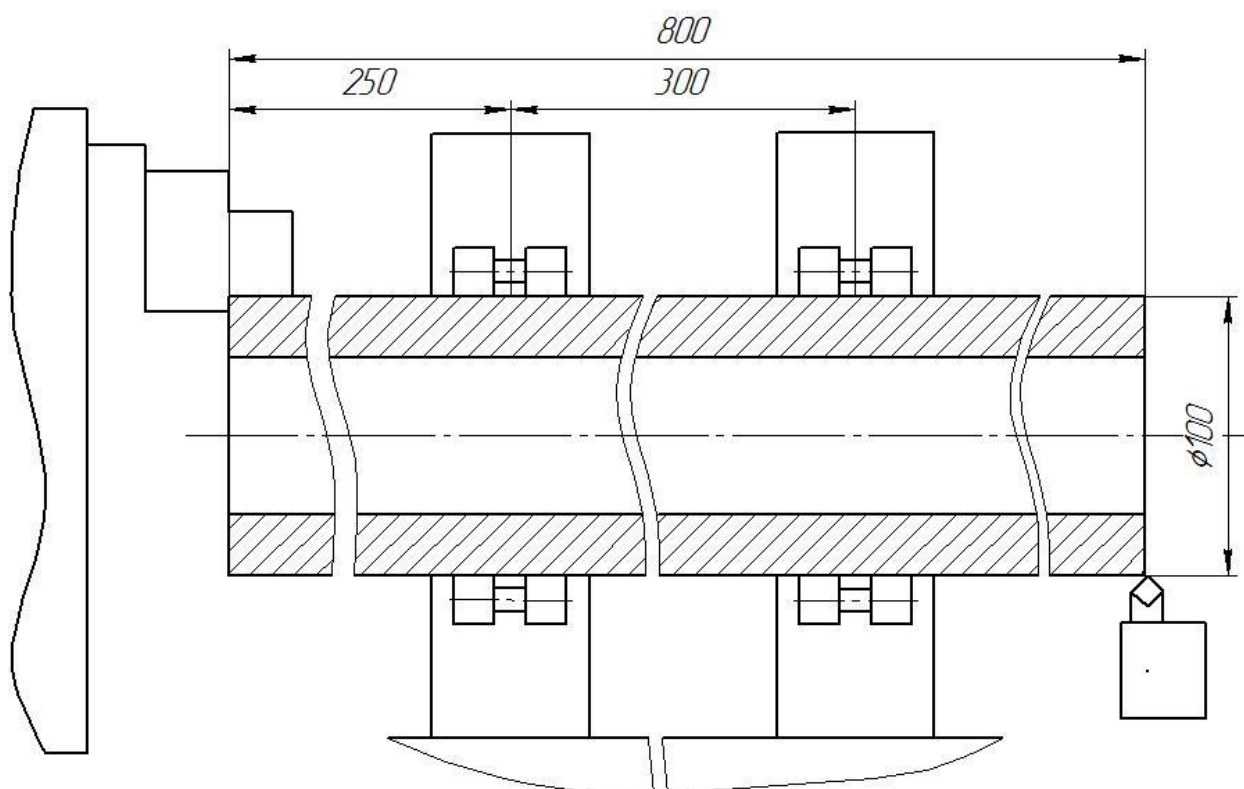


Рисунок 8 – Схема расчета силы зажимы

Резец находится в крайнем положении. Тангенциальная сила резания стремится повернуть заготовку в кулачках трех кулачкового самоцентрирующего патрона. С точки зрения противодействия этим силам необходимо учесть конструктивную жесткость опорных элементов – рычагов.

В расчете сила зажима должна, с учетом коэффициента безопасности, превышать тангенциальную составляющую силы резания для исключения смещения опорных рычагов.

Тогда усилие зажима

$$W_1 = K \cdot P_z, \quad (26)$$

где

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (27)$$

где  $k_0$ - коэффициент гарантированного запаса ( $k_0=1.5$ );

$k_1=1,2$  – коэффициент, учитывающий характер обработки (черновая);

$k_2=1,0$  – коэффициент, учитывающий износ инструмента;

$k_3=1,0$  – для непрерывного резания;

$k_4=1,0$  – для механизированного зажима;

$k_5=1,0$  – для эргономичного зажима;

$k_6=1,0$  – для зажимного механизма с установкой заготовки на пластины.

$$W_1 = 2.5 \cdot 5193 = 12983H.$$

Для винтового зажимного приспособления номинальный диаметр винта  $d$

$$d = 1.4 \sqrt{W_1 / \sigma_p}, \quad (28)$$

где  $\sigma_p$  - напряжения растяжения винта, Мпа.

$$d = 1.4\sqrt{12983/100} = 15,9\text{мм}.$$

С учетом того, что обработка проводится в серийном производстве, где номенклатура обрабатываемых деталей широкая, и режимы обработки могут быть более тяжелыми, округление проводим не до ближайшего большего значения, а до М30х3,5.

Момент крутящий определяется по формуле

$$M_{кр} = 0,2 \cdot W_1 \cdot d = 0,2 \cdot 12983 \cdot 0,030 = 77,9\text{Н} \cdot \text{м}.$$

Соответственно, подбирается шаговый двигатель по крутящему моменту. По условию против само откручивания  $\eta < 0,4$ , где  $\eta$  - для данных условий обработки равен 0,351.

Конструкция разработанного устройства представлена на листе.

Использование предложенных способов и устройств для стабилизации оси заготовки дало возможность повысить производительность обработки на токарной обработке (см.п. Расчет экономической эффективности).

### 3.2.3 Описание люнета

Люнет предназначен для базирования и закрепления корпуса втулки на токарных и шлифовальных операциях.

Люнет двух рычажный самоцентрирующий предназначен для центрирования заготовки в двух сечениях, чтобы компенсировать действие радиальной составляющей силы резания.

Люнет состоит из корпуса 1. В отверстиях корпуса 1 установлен винт с разнонаправленной резьбой. Он устанавливается в опорных втулках 6 снизу и 19 сверху. Сверху опора 19 фиксируется пластиной 10, внизу пластиной 11 опора 6. По краям винта 4 установлены две направляющие 3. По ним перемещаются верхний и нижний рычаги 2. На консольной части рычагов 2



на осевой опоре 9 установлены качающиеся опоры 8. По краям опор 8 на шейках по игольчатым подшипникам 14 установлены опорные ролики 7. В осевом направлении они подпираются осевыми упорными подшипниками 15 и фиксируются шайбами 17. Для обеспечения смазки подшипников служат внутренние каналы в опорах 8, которые герметизируют винтами 18. Сбоку корпус 1 закрывается крышкой и прижимается при помощи винтов.

Люнет работает следующим образом. Электромеханический шаговый привод (не показан) вращает винт 4. За счет разно направленной резьбы происходит одновременное перемещение к центру двух рычагов 2 до упора опорных роликов 7 по поверхности зажимаемой заготовки. В момент фиксации момент на двигателе возрастает и происходит его отключение. При вращении зафиксированной заготовки, при выполнении обработки, инструмент проходит в рабочей зоне, в которой опорные ролики 7 не мешают ему и воспринимают радиальную нагрузку.

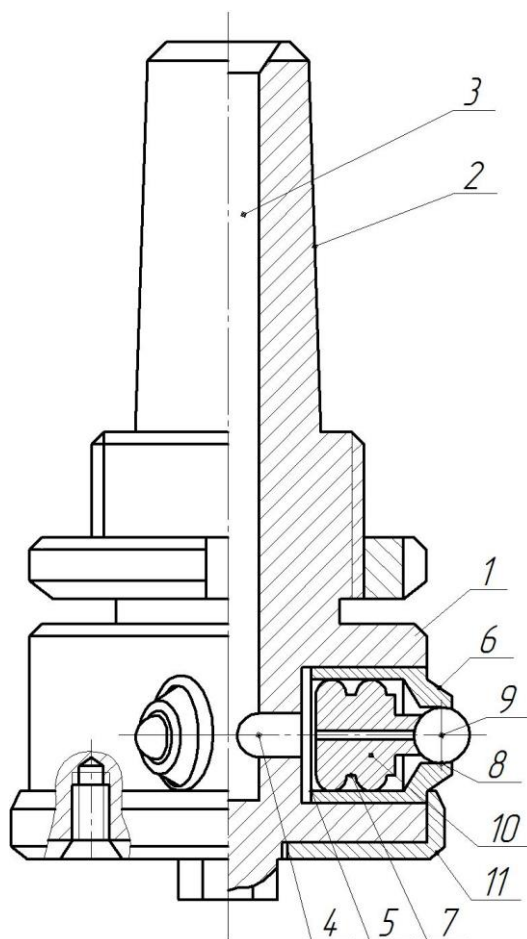
При прохождении зоны резания с формированием ступенчатого участка заготовки, за счет возможности поворота опорных роликов на опорах 8, происходит непрерывный контакт опорных роликов 7 с базовой поверхностью. Это обеспечивает непрерывную, надежную и точную фиксацию заготовки в течение всего процесса обработки.

### **3.2 Проектирование комбинированного режущего инструмента**

Так как операция шлифования заменяется на комбинированное растачивание с использованием методов ППД, необходимо рассмотреть прогрессивные технические решения [13].

Цель предложенных изменений в технологии — комплексное повышения качества обработки за счет снижения шероховатости, упрочнения поверхности, повышения производительности, повышения точности расположения и формы обработанного отверстия.

Деформирующие элементы делятся на две категории: с вращающимися элементами и неподвижными элементами. Вращающиеся элементы деформирующего инструмента могут быть выполнены в виде или роликов или шариков. Одним из главных условий обеспечения эффективности применения такого инструмента является возможность регулирования усилия прижатия деформирующего элемента к обрабатываемой поверхности. Например, по устройству из авторского свидетельства №1416297 (рисунок 9) в корпусе 2 с коническим хвостовиком установлены в радиальных отверстиях поджимные поршни 10.

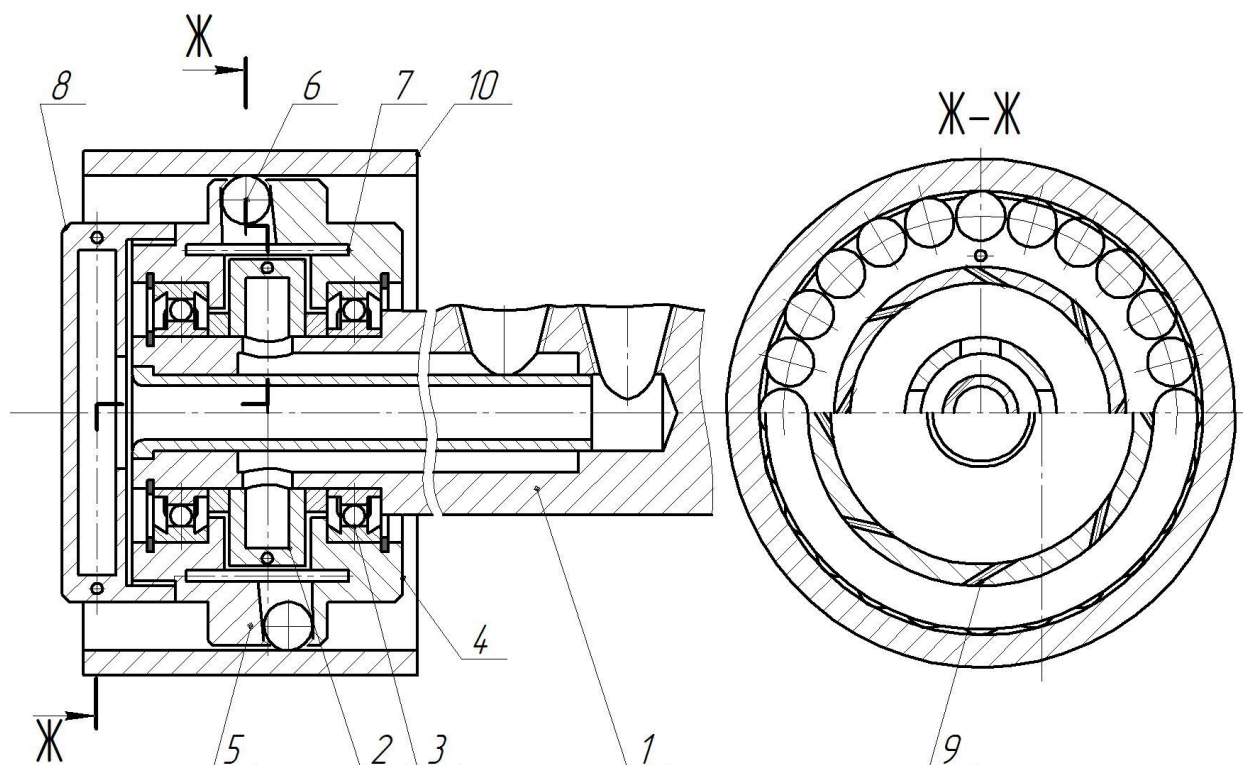


1 – корпус; 2 – хвостовик; 3 – отверстие; 4 – отверстие радиальное; 5 - направляющая ставка; 6 - державка шарика; 7 – направляющая; 8 - базовое отверстие под шарик; 9 - деформирующий шарик; 10 - поджимной поршень; 11 - фиксирующая втулка

Рисунок 9 - Устройство по авторскому свидетельству №1416297

На них оказывается давление рабочей среды, которая подается через центральное отверстие 3 и радиальные каналы 4. Сами деформирующие шарики 9 зафиксированы в обоймах 6, которые фиксируют деформирующие элементы 9 в корпусе 2 и обеспечивают внутренние перемещения поршня 10. Попутно через узкие отверстия в поршне 10 происходит подача рабочей среды непосредственно на деформирующие элементы 9. Дополнительные элементы в виде крышки 11 обеспечивают фиксацию обойм 6 по периметру.

Основная цель таких устройств инструментов - это повышение точности и качества обработанной поверхности, а также возможность расширения технологических возможностей спроектированного инструмента. Например, в устройстве раскатника (рисунок 10) с корпусом 1 внутри которого имеется система каналов для подачи рабочей среды.



1 – корпус - державка; 2 – втулка, распределяющая давление; 3 – подшипник; 4 - правый корпус; 5 - левый корпус; 6 - деформирующий элемент; 7 - соединительный штифт; 8 - торцевая крышка; 9 – лопатки; 10 – заготовка

Рисунок 10 - Эскиз раскатника №1632753

В самом корпусе через два штуцерных отверстия идёт с одной стороны подача с другой приём отработавшей рабочей среды. На корпусе на шариковых подшипниках установлен поворотный корпус 5, в винтовых пазах которого вращаются деформирующие шарики 6. За счёт винтового расположения шариков 6 в пазах корпусов 5 и 4, которые соединяются друг с другом при помощи штифтов 7, происходит кроме вращательного движения ещё и осевое перемещение шарика 6 по обрабатываемой поверхности заготовки. За счёт этого возможно нанесение сложного микрорельефа, который будет обладать более высоким эксплуатационными свойствами.

Борштанга предназначена для обработки глубоких отверстий за счет комбинированного растачивания и поверхностного пластического деформирования. Использование деформирующей части имеет двойное назначение.

Инструмент состоит из рабочей части ,1 корпуса 4, борштанги 11. Корпус 1 имеет две режущих пластины 2, которые закрепляются в корпусе при помощи прихвата 3, которые фиксируются винтами в рабочей головке 1. В корпусе 4 устанавливается по цилиндрической шейке. Крутящий момент на нее передается через шпонки 14, которые винтами 24 закрепляются на корпусе 4. Для исключения попадания стружки в область направляющих деформирующих шариков 8 установлено фторопластовое кольцо 13. На корпусе 4 установлен ряд деформирующих шариков 8 в сепараторах, которые составлены из конических колец 6. Для фиксации шариков 8 в пазах используется кольца, которые фиксируются в конических кольцах 6 штифтами 7. Вылет деформирующих шариков 8 регулируется за счет сближения или раздвижения сепараторов 6 при помощи тарельчатой пружины 16, степень сжатия которой регулируется гайкой 9, которая фиксируется контргайкой 10. Сам корпус 4 устанавливается в борштангу 11 по цилиндрической шейке и закрепляется гайкой.

Инструмент работает следующим образом. С учетом установленного диаметра режущих пластин настраивается вылет деформирующих шариков 8

за счет вращения опорной гайки 9 и соответствующего сжатия тарельчатых пружин 16. Далее установленный натяг пружин фиксируется контргайкой 10. Корпус 4 закрепляется в борштанге 11. Рабочая головка 1 с настроенными на заданный вылет режущими пластинами 2 и зафиксированные прихватами по цилиндрической шейке устанавливается в корпус 4. Борштанга 11 закрепляется в суппорте станка. Через штуцер подключается система подачи СОЖ. Включается рабочая подача. Инструмент работает через направляющую опору. При заходе в обрабатываемое отверстие резцы работают одновременно, что позволяет уравновесить поперечную силу резания и исключить поперечную деформацию инструмента. Дополнительную жесткость расточному инструменту в отверстии придает набор деформирующих шариков 8, которые входят в обработанное растачиванием отверстие с заданным натягом. При вращении шариков по обрабатываемому отверстию происходит поверхностное пластическое деформирование с калибровкой размера и повышением степени наклепа, а также снижением шероховатости обработанной поверхности.

Это дополнительно повышает точность растачивания, а также поверхностное пластическое деформирование значительно повышает эксплуатационные свойства обрабатываемой заготовки.

### **Вывод по разделу**

Выполнено проектирование необходимой для всех операций оснастки – самоцентрирующего люнета с винтовым зажимом, необходимого для повышения точности установки, уменьшении деформаций при резании. Для обеспечения технических условий по отверстию разработана борштанга, совмещающая процесс растачивания и раскатывания с регулируемым усилием прижима деформирующих шариков. Спецификации на приспособление в Приложении Б, на инструмент - в Приложении В.

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

Необходимо на основе анализа технологии изготовления корпуса гидравлического привода и выявленных вредных факторов предусмотреть меры защиты от них. Работа: «Технологический процесс изготовления корпуса гидравлического привода». Последовательность этапов разработки мер защиты выполнена по [3].

### 4.1 Планировка рабочего места

Разрабатывается технология изготовления корпуса гидравлического привода в условиях среднесерийного производства. Для этих условий представлена планировка рабочего места изготовления аналогичных корпусов на рисунке 11.

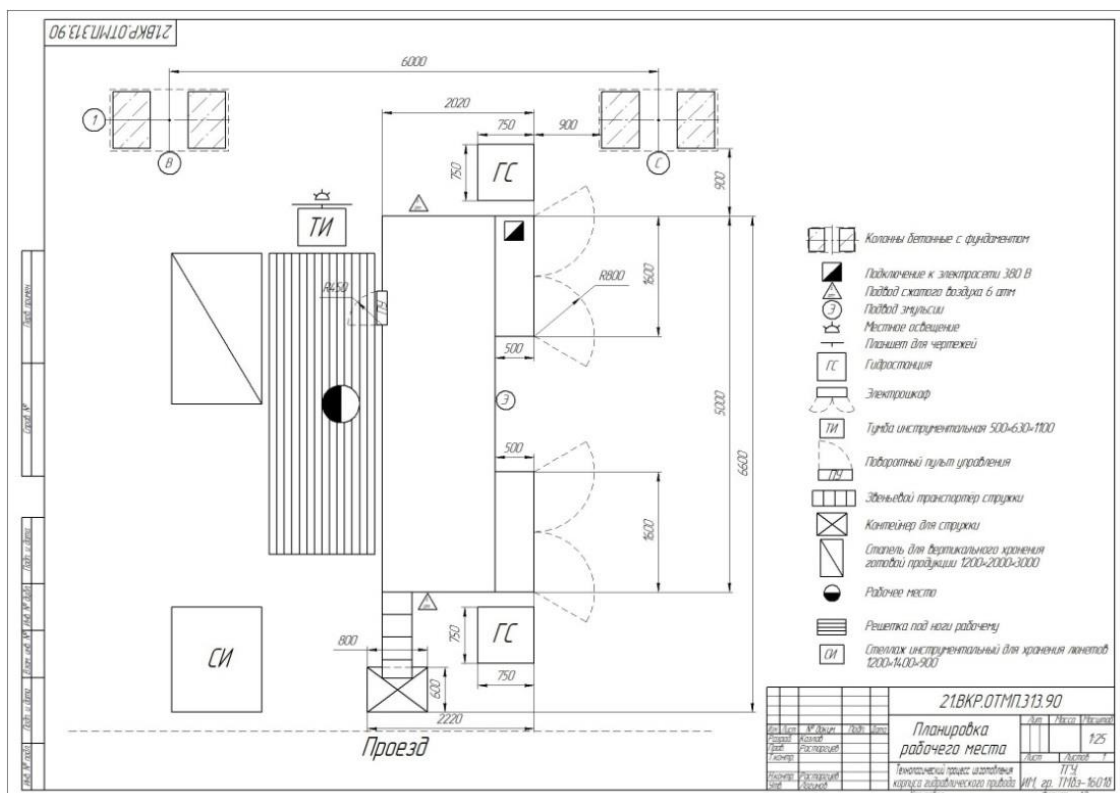


Рисунок 11 – Участок обработки корпуса привода в виде втулки

## 4.2 Оборудование

По разработанной технологии в соответствии с операциями изготовления корпуса используется оборудование.

На заготовительной производится отрезка на круглопильном автомате 8Б672. Это проводится в механическом цехе. Все операции механической обработки проводятся на токарном центре 1728С. Для термической обработки деталь отправляют в термический цех. В конце технологии после мойки в моечной машине проводится контроль на контрольном столе. Выбранные станки и их количество представлено в таблице 10.

Таблица 10 –Список обрабатывающих станков

Оборудование	Количество, шт
Круглопильный полуавтомат 8Б672	1
Токарно-фрезерный центр 1728С	1
Моечная машина	1
Итого:	3

В таблице 11 для всех операций указано место их выполнения и содержание переходов на соответствующих операциях.

Таблица 11 – Маршрут по обработке вала дробилки

Цех	Операция	Наименование	Оборудование	Содержание
1	2	3	4	5
Механический	005	Заготовительная	Круглопильный п8Б672	Отрезка проката
Механический	010	Токарная	Токарно-фрезерный центр	Точение черновое Точение чистовое Растачивание отверстия черновое и чистовое Растачивание канавки Точение канавки

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4	5
-	-	-	1728С	Нарезание резьбы внутренней Нарезание резьбы наружной Сверление радиального отверстия
Термический	015	Термообработка	Печь	Закалка
Механический	020	Токарная	Токарный центр 1728С	Комбинированное растачивание
Механический	025	Моечная	Моечная машина	Мойка с сушкой
Механический	030	Контрольная	Контрольный стенд	Контроль

### 4.3 Анализ вредных производственных факторов

В технологии проектирование ведется для токарной операции, так как все переходы выполняются на них. Перечень вредных факторов в таблице 12.

Таблица 12 – Опасные и вредные производственные факторы

Операции	Вредные производственные факторы	Мероприятия, для снижения вредных воздействий
Токарная	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Испарение СОЖ</li> <li>2. Стружечная пыль</li> <li>3. Шум</li> <li>4. Острые кромки</li> <li>5. Подвижные части механизмов</li> <li>6. Электрическое напряжение</li> <li>7. Высокая температура</li> </ol>	Использование: ограждения рабочей зоны станка; общей и местной вентиляция; беруши с перчатками; виброгасящих устройств; заземления; использование СОЖ

### Выводы по разделу

В разделе с учетом используемого оборудования и содержания операций для определенных вредных производственных факторов предложены меры по снижению их вредного влияния.



## 5 Экономическая эффективность работы

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

Для выполнения поставленной цели данного раздела, необходимо подвести итог проделанной работе по данной теме. При написании бакалаврской работы было предложено изменение инструмента на расточной операции. До совершенствования операции технологического процесса изготовления детали «Корпус гидравлического привода», растачивание поверхностей происходило двумя инструментами: борштангой и роликовой раскаткой, после – одним комбинированным инструментом. С технологической стороны было достигнуто сокращение основного времени выполнения этих процессов, что соответственно привело к уменьшению штучно-калькуляционное время выполнения операции на 31,85 % (с 11,3 минут до 7,7). Далее предстоит проверить эффективность с точки зрения экономической целесообразности применения данных изменений.

Все необходимые технические параметры выполнения операции, такие как: машинное и штучное время, модель оборудования, наименование инструмента и оснастки, были взяты из предыдущих разделов бакалаврской работы. Для сбора информации по остальным параметрам, необходимым для расчета, а именно: мощность и занимаемая площадь оборудования, цены оснастки и инструмента, часовые тарифные ставки, тарифы по энергоносителям и многое другое, использовались разные источники:

- паспорт станка;
- учебно-методическое пособие по выполнению экономического раздела выпускной квалификационной работы для студентов, обучающихся

по специальности 15.03.03 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»;

- данные предприятия по тарифам на энергоносители;
- сайты с ценами на оборудование, оснастку и инструмент и другие источники.

Кроме перечисленных источников для расчета применялось программное обеспечение Microsoft Excel, с помощью которого были произведены такие расчеты как:

- «капитальные вложения по сравниваемым вариантам;
- технологическая себестоимость изменяющихся по вариантам операций;
- калькуляция себестоимости обработки детали по вариантам технологического процесса;
- приведенные затраты и выбор оптимального варианта;
- показатели экономической эффективности проектируемого варианта техники (технологии)» [6, с. 15-23].

Далее, представлены основные результаты проведенных расчетов. На рисунке 12, показаны значения, из которых складываются капитальные вложения, их величина составит 35 979,48 рублей.

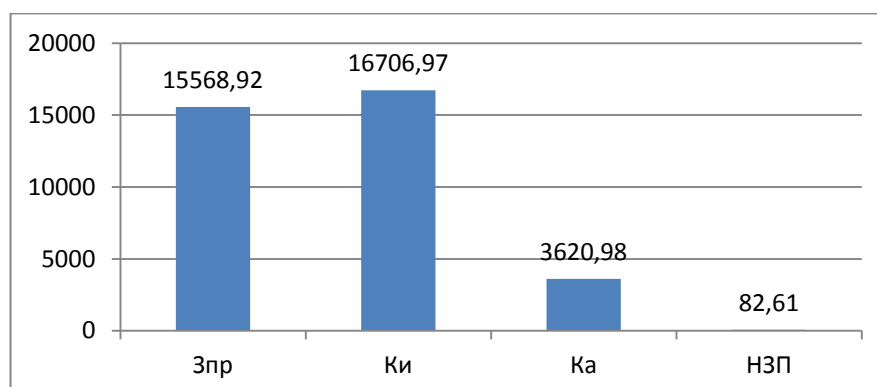


Рисунок 12 – Величина затрат, входящих в капитальные вложения, предложенного проекта, руб.

Анализируя, представленные на рисунке 12, данных, можно сделать вывод о том, что самыми капиталоемкими затраты являются:

- затраты на инструмент ( $K_{И}$ ), величина которых составила 46,43 %;
- затраты на проектирование ( $Z_{ПР}$ ), с величиной 43,27 % от всей величины капитальных вложений.

- прямые капитальные вложения в перепрограммирование оборудования под изменившуюся траекторию движения инструмента ( $K_A$ ), величина которых составляет 42,56 % от общей суммы капитальных вложений

Все остальные значения имеют значения около 10 % и ниже, так прямые капитальные вложения в перепрограммирование оборудования под изменившуюся траекторию движения инструмента ( $K_A$ ), составляет 10,06 %, и 0,23 % это – величина незавершенного производства ( $НЗП$ ).

На рисунке 13 представлены показатели, из которых складывается технологическая себестоимость детали «Корпус гидравлического привода», по двум сравниваемым вариантам технологического процесса. В состав технологической себестоимости не включена величина основных материалов за вычетом отходов, это связано с тем, что в процессе совершенствования технологического процесса, способ получения заготовки не метался, поэтому расходы на материал остаются без изменения.

Анализируя диаграмму на рисунке 13, видно, что максимальное влияние на технологическую себестоимость оказывает величина расходов на содержание и эксплуатацию оборудования ( $P_{Э.ОБ}$ ), применяемого на этой операции. В базовом варианте доля этого показателя составила 76,72 %, а в проектируемом варианте – 76,58 %.

Кроме расходов на содержание и эксплуатацию оборудования, есть еще два показателя, которые оказывают существенное влияние на величину технологической себестоимости, это:

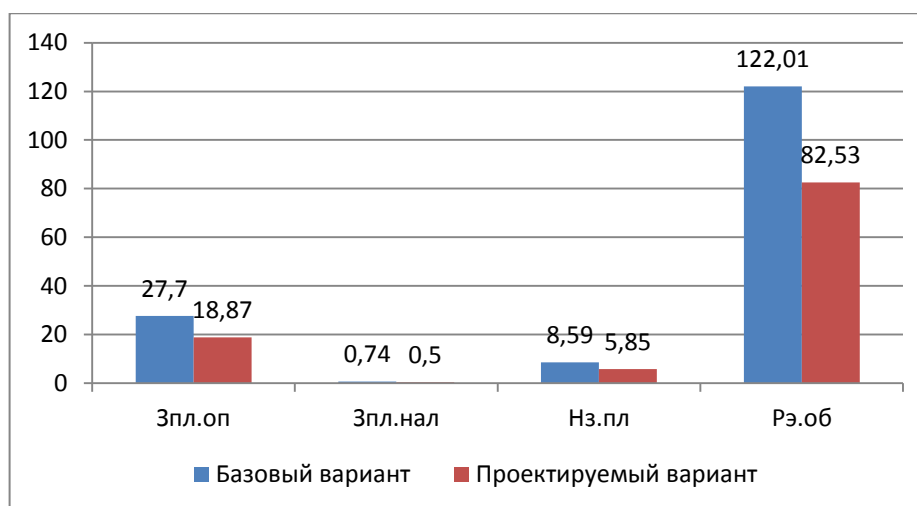


Рисунок 13 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали «Корпус гидравлического привода», по вариантам, руб.

– заработная плата рабочего оператора ( $Z_{пл.оп}$ ), с объемом величины в базовом варианте 17,42 %, а в проектируемом – 17,52 % от всего значения технологической себестоимости;

– начисления на заработную плату ( $H_{з.пл}$ ), которые напрямую зависят от величины основной заработной платы, доля этого показателя для базового варианта составила 5,4 %, а в проектируемом – 5,43 %, от размера технологической себестоимости.

Величина заработной платы наладчика ( $Z_{пл.нал}$ ) существенного влияния на величину технологической себестоимости не оказывает, т. к. в обоих вариантах ее доля составляет менее 0,5 %, а именно, в базовом варианте – 0,46 %, а в проектируемом – 0,47 %.

Данные показатели позволили сформировать значение полной себестоимости. Результаты калькуляции себестоимости обработки детали «Корпус гидравлического привода» по анализируемой операции технологического процесса, представлены на рисунке 14.

Согласно рисунку 14, значение полной себестоимости ( $C_{полн}$ ) для базового варианта составило 263,34 рубля, а для проектируемого варианта – 178,83 рубля. Значения по вариантам отличаются, а это значит, что

появляются условия для получения ожидаемой прибыли от снижения себестоимости.

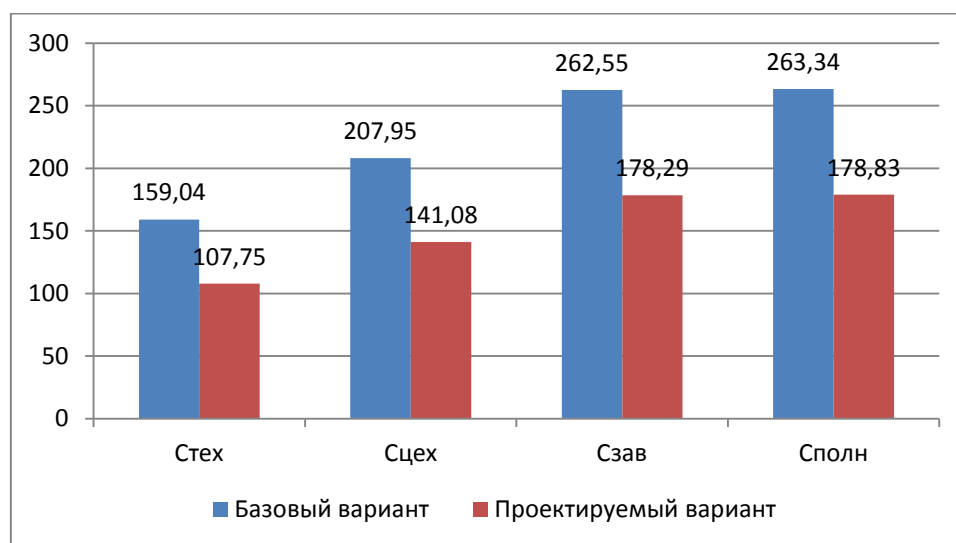


Рисунок 14 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

Дальнейшие расчеты показали, что капитальные вложения, в размере 35 979,48 рублей, окупятся в течение 2-х лет. Такой срок является допустимым для совершенствований технологического характера. Однако прежде чем говорить об эффективности этих совершенствований, необходимо проанализировать такой экономический показатель как интегральный экономический эффект или чистый дисконтируемый доход. Величина данного значения, по результатам расчетов, составляет 5 413,17 рублей со знаком «плюс», что доказывает эффективность предложенного мероприятия. А это значит, что на каждый вложенный рублю будет получен доход 1,15 рублей.

### **Выводы по разделу**

В разделе рассчитана экономическая эффективность спроектированного инструмента.

## Заключение

В представленной работе спроектирована технология изготовления корпуса гидравлического привода в виде тонкостенной длинномерной втулки.

В первом разделе для исходных данных в виде рабочего чертежа и сборочной схемы выполнен анализ исходных данных и условий работы корпуса втулки в гидравлическом приводе. Сделан технический контроль и проанализирована конструкция корпуса по технологичности, а также рассмотрены вопросы установки и базирования, обрабатываемости заготовки корпуса втулки.

Во втором разделе, связанном с проектированием технологической части, выбран среднесерийный тип производства. На основе конструкции и материала выбран метод получения исходной заготовки путем сравнения двух вариантов (проката и штамповки). Для заданных параметров с чертежа и выбранной заготовки выбраны технологические переходы на каждую поверхность и из них спроектирован технологический процесс.

Технологические операции технологического маршрута включают в себя ряд последовательных переходов. После заготовительной операции на токарной операции проводится черновая и чистовая обработка по наружному контуру точением, а также черновая обработка отверстия.

На первом этапе изготовления детали обрабатываются также резьбовые элементы, как наружные, так и внутренние, а также радиальное отверстие.

После термообработки идет окончательная обработка отверстия. При этом используется комбинированный режущо-деформирующий инструмент. Все операции спроектированы с расчетом режимов резания и штучного времени.

В конструкторской части работы спроектировано приспособление для закрепления заготовки на операциях по ее обработке – самоцентрирующий люнет. Он имеет механизированный привод. Обеспечивается точное

центрирование с повышением жесткости заготовки. При этом люнет дает возможность обработки в сечении, где установлен люнет.

Спроектирован на основе патентных исследований инструмент для комбинированной обработки центрального отверстия с использованием режущо-упрочняющей обработки. Шарики, вылет которых регулируется тарельчатой пружиной, обеспечивают точное центрирование режущей двухрезцовой головки в отверстии. Также раскаткой проводится упрочнение поверхности.

В разделе по охране труда на основе анализа вредных факторов предлагаются меры по защите окружающей среды и здоровья работников для спроектированных операций.

В экономическом разделе на основе сравнения базового и проектного вариантов получено обоснование предложенного изменения по замене способа обработки и применяемого инструмента.

## Список используемых источников

1. Антонюк В. Е. Конструктору станочных приспособлений : справ. пособие / В. Е. Антонюк. - Минск : Беларусь, 1991. - 400 с.
2. Бушуев В. В. Практика конструирования машин : справочник / В. В. Бушуев. - Москва : Машиностроение, 2006. - 448 с.
3. Горина Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы "Безопасность и экологичность технического объекта" : электрон. учеб.-метод. пособие / Л. Н. Горина, М. И. Фесина ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Управление промышленной и экологической безопасностью" . - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2018. - 41 с.
4. Горохов В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учебник для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 301 с.
5. Зубарев Ю. М. Специальные методы обработки заготовок в машиностроении : учеб. пособие для студентов машиностр. вузов / Ю. М. Зубарев. - Гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 400 с.
6. Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова, – Тольятти : ТГУ, 2015. - 46 с.
7. Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с.
8. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке : учебное пособие / В. М. Кишуров, М. В. Кишуров, П. П. Черников, Н. В. Юрасова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 216 с.



9. Обработка металлов резанием : справочник технолога / А. А. Панов [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2004. - 784 с.
10. Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин [Текст] : учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с. : ил. - Библиогр.: с. 50. - 28-58.
11. Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с.
12. Расторгуев Д. А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления [Электронный ресурс] : электронное учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2017. - 34 с.
13. Режущий инструмент [Текст] : учеб. для вузов / Д. В. Кожевников [и др.] ; под ред. С. В. Кирсанова. - Гриф УМО. - Москва : Машиностроение, 2004. - 511 с.
14. Строителев В. Н. Методы и средства измерений, испытаний и контроля [Текст] : учеб. для вузов / В. Н. Строителев ; [редкол.: В. Н. Азаров (председ.) и др.]. - Москва : Европ. центр по качеству, 2002. - 150 с.
15. Станочные приспособления / В. В. Клепиков [и др.]. - Гриф УМО. - Москва : Форум, 2016. - 318 с.
16. Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 1 / А. И. Астахов [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 591 с.
17. Схиртладзе А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие. Т. 1 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 547 с.

18. Схиртладзе А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие. Т. 2 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 518 с.

19. Heinz, Tschätsch Applied Machining Technology / Tschätsch Heinz – Springer-Verlag : Berlin, Heidelberg, 2009. – p. 396

20. Grote K.-H., Antonsson E.K. Springer Handbook of Mechanical Engineering / K.-H Grote, E.K. Antonsson – New York : Springer Science - Business Media, 2008.

21. Nee A. Y. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / A. Y. C. Nee – London : Springer Reference, 2015.

## Приложение А

### Маршрутная и операционные карты

Таблица А.1 - Маршрутная и операционные карта

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1																	
Дуоб.																	
Взам.																	
Подп.																	
										1	1						
Разраб.	Козлов Р.Д.																
Проверил	Расторгуев Д.А.																
Утвердил	Логинов Н.Ю.																
Н. контр.	Расторгуев Д.А.			Корпус втулка													
M 01	Труба 105 ГОСТ 2590-88 / Сталь 40ХНМА ГОСТ 4543-71																
	Код	FB	MD	EH	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	МЗ							
M 02		кг	22,8	1	1	0,75	Прокат	94x8000	1	36,8							
A	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции			Обозначение документа									
B	Код, наименование оборудования						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит.	Тпз.	Тшт.
A03	000 4286 Фрезерно-отрезная																
B04	Круглопильный автомат 8Б672																
A05	005 4110 Токарная																
B06	LVT400-M																
A07	010 5030 Закалка																
B08																	
A09	015 4132 Внутришлифовальная																
B10																	
A11	66	020 0200 Контроль															
B12																	
T13	ШЦ-I-125-0,1 Штангенциркуль ГОСТ 166-89																
A14	025 0125 Промывка																
B15																	
16																	
МК	Маршрутная карта																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3										
Дубл.										
Взам.										
Подл.										
									3	1
Разраб.	Козлов Р.Д.									
Проверил	Расторгуев Д.А.									
Утвердил	Логинов Н.Ю.									
Н. контр.	Расторгуев Д.А.		Корпус втулка							
Наименование операции		Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД	
Токарная		Сталь 40ХНМА ГОСТ 4543-71	НВ=269	кг	22,8	94x800		36,8	1	
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	Тв	Тпз.	Тшт.	СОЖ		
Токарный центр LVT400-М						5	17,59			
P		ПИ	D или B	L	t	i	s	n	v	
T01	Патрон 7102-0081 ГОСТ 24351-80									
T02	Люнет 6046-0002 ГОСТ 21189-75									
O03	1.									
O04	2. Установить заготовку									
O05	3. Точить заготовку									
									11,76	
T06	PCLNR 2525M16 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82									
P07	-	96	805	2	2	0,539	254	76,6		
O08	4. Точить заготовку									
									3,97	
T09	PCLNR 2525M16 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82									
P10	-	95	805	0,5	1	0,378	536	160		
O11	5. Расточить кольцевую выточку									
T12	K.01.4980.000-03 Резец T15K6 ТУ 2-035-1040-86									
O13	6. Расточить канавку									
									0,05	
OK	Операционная карта									

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

											ГОСТ 3.1404-86 Форма							
Дубл.																		
Взам.																		
Подл.																		
												2						
												АСКОН 60100.	010					
Р											П	Д или В	L	t	i	s	n	v
T01	2145-0062 2 Резец ВК6М ГОСТ 18063-72																	
P02	-	85										8	2,5	1	0,522		315	84,1
O03	7. Нарезать резьбу													1,42				
T04	2662-0003 Резец Т15К6 ГОСТ 18885-73																	
P05	-	75										65	0,18	6	2		275	64,8
O06	8. Переустановить и закрепить заготовку																	
O07	9. Точить заготовку													0,96				
T08	PCLNR 2525M16 Резец Т15К6 ТУ 2-035-892-82																	
P09	-	85										65	2	3	0,53		383	102,3
O10	10. Расточить кольцевую выточку																	
T11	K.01.4980.000-03 Резец Т15К6 ТУ 2-035-1040-86																	
O12	11. Сверлить отверстие предварительно													3,76				
T13	2301-1001 Сверло $\pm 6$ P6M5 ГОСТ 19547-74																	
T14	ШЦ-I-125-0,1 Штангенциркуль ГОСТ 166-89																	
O15	12. Расточить заготовку													3,35				
T16	2141-0004 Резец ВК4 ГОСТ 18883-73																	
O17	13. Нарезать резьбу													1,28				
T18	2666-0003 Резец Т15К6 ГОСТ 18885-73																	
OK	Операционная карта																	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

											ГОСТ 3.1404-86 Форма		
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
											3		
											АСКОН 60100. 010		
<i>P</i>				<i>П</i>	<i>И</i>	<i>D или B</i>	<i>L</i>	<i>t</i>	<i>i</i>	<i>s</i>	<i>n</i>	<i>v</i>	
P01				-		85	65	0,22	5	2	254	67,8	
02													
03													
04													
05													
06													
07													
08													
09													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
OK	Операционная карта												



# Продолжение Приложения А

## Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1105-84 Форма 7а

Шуап.																						
Взам.																						
Илодл.																						
3																						
005																						
КЭ	Карта эскизов																					





Приложение Б

Спецификация на приспособление

Таблица Б.1 – Спецификация приспособления

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
							Перв. примен.
				Документация			
A1			21.ВКР.ОТМП.313.50.00.000СБ	Сборочный чертеж			
				Детали			
		1	21.ВКР.ОТМП.313.50.00.001	Корпус	1		
		2	21.ВКР.ОТМП.313.50.00.002	Рычаг	2		
		3	21.ВКР.ОТМП.313.50.00.003	Вал	2		
		4	21.ВКР.ОТМП.313.50.00.004	Винт	1		
		5	21.ВКР.ОТМП.313.50.00.005	Втулка опорная	1		
		6	21.ВКР.ОТМП.313.50.00.006	Втулка	2		
		7	21.ВКР.ОТМП.313.50.00.007	Ролик	6		
		8	21.ВКР.ОТМП.313.50.00.008	Рычаг	3		
		9	21.ВКР.ОТМП.313.50.00.009	Ось	3		
		10	21.ВКР.ОТМП.313.50.00.010	Крышка	1		
		11	21.ВКР.ОТМП.313.50.00.020	Крышка	1		
		12	21.ВКР.ОТМП.313.50.00.019	Кольцо	6		
		13	21.ВКР.ОТМП.313.50.00.018	Шайба	6		
		14	21.ВКР.ОТМП.313.50.00.017	Ролик	360		
		15	21.ВКР.ОТМП.313.50.00.015	Шарик	200		
		16	21.ВКР.ОТМП.313.50.00.016	Кольцо	12		
		17	21.ВКР.ОТМП.313.50.00.017	Шайба	6		
		18	21.ВКР.ОТМП.313.50.00.018	Заглушка	6		
			21.ВКР.ОТМП.313.50.00.000СП				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Козлов Р.Д.			Лит.	Лист	
Проб.		Расторгуев Д.А.			Д1	1	
Н.контр.		Расторгуев Д.А.			Листов		
Утв.		Логинов Н.Ю.			2		
				Люнет		ТГУ ТМбз-1601а	

Копировал

Формат А4

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	21.ВКР.ОТМП.313.50.00.000СП		
																	Лист	2	
									<i>Стандартные изделия</i>										
							19		Винт А 2 М16 x 125-6g x 25-58.35X01 ГОСТ 11738-84	1									
							20		Винт 2 М8 x 125-6g x 16.58.35X01 ГОСТ Р 11738-84	2									
							21		Шайба 18 / 1 65Г 029 ГОСТ 6402-70	1									
							22		Шайба А 2.18.08X18H12Т.Тш9 ГОСТ 11371-78	1									
							23		Шпонка 2-12 x 10 x 15 ГОСТ 23360-78	2									

Приложение В

Спецификация на инструмент

Таблица В.1 – Спецификация приспособления

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание						
							Изм./лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Перв. примен.				Документация								
			A1	21.ВКР.ОТМП.313.65.00.000.СБ	Сборочный чертеж	1						
					Детали							
				1	21.ВКР.ОТМП.313.65.00.001	Расточная головка	1					
				2	21.ВКР.ОТМП.313.65.00.002	Режущая пластина	2					
				3	21.ВКР.ОТМП.313.65.00.003	Прихват	2					
				4	21.ВКР.ОТМП.313.65.00.004	Кольцо защитное	1					
				5	21.ВКР.ОТМП.313.65.00.005	Втулка упорная	1					
				6	21.ВКР.ОТМП.313.65.00.006	Конус	5					
				7	21.ВКР.ОТМП.313.65.00.007	Штифт	10					
				8	21.ВКР.ОТМП.313.65.00.008	Шарик	40					
Справ. №				Стандартные изделия								
				9	21.ВКР.ОТМП.313.65.00.009	Гайка	1					
				10	21.ВКР.ОТМП.313.65.00.010	Гайка стопорная	1					
				11	21.ВКР.ОТМП.313.65.00.011	Барштанга	1					
				12		Винт 2М4 х0,25-6д х5,58,35Х01 ГОСТ Р 11738-84	2					
				13		Шайба А 2,0,108Х18Н12Т.Тш9 ГОСТ 11371-78	1					
				14		Шайба А 5,0,108Х18Н12Т.Тш9 ГОСТ 11371-78	1					
				15		Винт 2 М10 х 125-6д х 16,58,35Х01 ГОСТ Р 11738-84	2					
			Подп. и дата			21.ВКР.ОТМП.313.65.00.000.СП						
						Изм./лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Лист	Листов
						Разраб.	Козлов Р.Д.			Д1	1	2
Пров.	Расторгуев Д.А.						ТГУ ТМбз-1601					
Взам. инв. №												
								Инд. № дробл.				
Инд. № подл.												
								Н.контр.	Расторгуев Д.А.			
Подп. и дата												
								Утв.	Логинев Н.Ю.			

Копировал

Формат А4

