



## Аннотация

Технологический процесс изготовления шпинделя шлифовальной бабки. ТГУ - Тольятти. 2020

Целью работы является разработка технологии по изготовлению шпинделя шлифовальной бабки. Деталь крупногабаритная, высокоточная и ответственная и изготавливается в условиях среднесерийного производства. Уровень проектирования технологического процесса изготовления такой детали зависит от прогрессивности методов обработки, степени совершенства применяемых средств технологического оснащения, обоснованности назначенных или рассчитанных режимов резания и норм времени. Из-за особенностей формы детали, материала 40X и типа производства предлагается изготавливать деталь шпиндель из штамповки. Для ускорения процесса изготовления основной упор при проектировании сделан на токарной операции. Предлагается использовать токарный станок с ЧПУ LB45II-M Sx3000 с системой управления OSP-P200L. Особенности выполнения операций – использование двух оппозитных шпинделей с использованием самоцентрирующих люнетов. Это позволяет обойтись без отдельной операции подрезки или фрезерования и обработки чистовых баз на станке типа фрезерно-центровального. Для снятия значительного припуска используется высокопроизводительный инструмент. Особенностью детали является большое количество ступенек, с различными полями допусков и малой шероховатостью. При проектировании операций использовались системы автоматизированного проектирования для формирования технологических карт, расчета режимов резания, позволяющие ускорить этот процесс. Спроектирована оснастка, включая приспособление и инструмент для токарной операции. Выполнены экономические расчеты по обоснованию предложенных изменений базового технологического процесса. Меры по защите и охране труда обеспечивают безопасность внедрения технологии.

## Содержание

Введение.....	5
1 Анализ состояния вопроса .....	6
1.1 Служебное назначение корпуса.....	6
1.2 Классификация поверхностей.....	7
1.3 Анализ технологичности .....	8
2 Технологическая часть работы .....	10
2.1 Выбор типа производства.....	10
2.2 Выбор и проектирование заготовки .....	10
2.3 Расчет припусков на обработку .....	12
2.4 Разработка технологического маршрута и схем базирования.....	13
2.5 Выбор баз. Обоснование схем базирования .....	17
2.6 Выбор средств технологического оснащения .....	17
2.7 Проектирование операций.....	19
3 Проектирование специальных средств оснащения .....	27
3.1 Подготовка данных для расчета приспособления .....	27
3.2 Расчет сил резания.....	27
3.3. Расчет усилия зажима .....	28
3.4 Расчет зажимного механизма.....	31
3.5 Расчет точности приспособления .....	32
3.6 Описание конструкции приспособления .....	32
3.7 Расчёт и проектирование сверла для глубокого сверления .....	34
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	36
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.....	36
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	36
4.3 Методы и технические средства снижения рисков .....	37
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	39
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта .....	39
4.6 Выводы по разделу.....	40

5 Экономическая эффективность работы .....	43
Заключение .....	48
Список используемых источников.....	50
Приложение А Технологическая документация.....	54
Приложение Б Спецификация приспособления .....	61
Приложение В Спецификация инструмента .....	63

## Введение

Особое место в технологических процессах машиностроительного производства занимают шлифовальные инструментальные головки различного назначения. Они позволяют проводить высокоточные, производительные технологические переходы. Надежность работы таких узлов определяет надежность работы технологического оборудования. Главным элементом в них является шпиндель. Он имеет высокие требования по точности и качеству поверхности, требует использования методов упрочнения, контроля.

Для изготовления такой детали используется сталь 40ХМ. Из нее изготавливают сортовые прутки, которые можно использовать как заготовку для шпинделя. Условия производства определяются годовым объемом выпуска – 500 деталей в год. При массе 124,2 кг область производства – среднесерийная.

Для принятых условий обработки целесообразно использовать автоматизированные станки с ЧПУ. При универсальности (фрезерные переходы, сверление и обработка другим осевым инструментом, нарезание резьбы резцами) они обеспечивают высокую производительность за счет концентрации переходов и использования максимальных режимов резания. Для современного высокоскоростного оборудования лезвийная обработка ведется в области скоростей 200-700 м/мин. При последовательной концентрации технологических переходов, когда они следуют друг за другом, суммарная трудоемкость складывается из основного времени всех переходов. Использование предельных скоростей при соответствующей величине подачи с учетом оптимальных затрат на инструмент гарантируют заданную производительность даже для протяженных поверхностей шпинделя. Проектирование современных технологий подразумевает не только технические расчеты, но обеспечение требований по экологичности и экономическое обоснование.

## **1 Анализ состояния вопроса**

### **1.1 Служебное назначение корпуса**

Шпиндель шлифовального станка предназначен для передачи крутящего момента с привода главного движения станка на абразивный круг. Деталь ответственная и высокоточная [1]. Она работает в условиях значительных циклических и статических нагрузок при высокой скорости вращения.

Деталь устанавливается в систему роликовых подшипников. Передача крутящего момента на шпиндель производится при помощи торцевой муфты, которая соединяет его с приводом главного движения станка. Данная муфта устанавливается на концевой части шпинделя и при помощи шпоночного соединения производит передачу крутящего момента. Для подачи смазочно-охлаждающей жидкости используется центральное отверстие шпинделя, которое на выходе со стороны круга имеет ступенчатую форму. В это отверстие вставляется заглушка.

Подшипниковые узлы включают в себя спаренные роликовые подшипники с одной стороны, которые через промежуточное кольцо прижимаются дистанционными втулками с упором в торец шпинделя. Для этого используется регулировочная гайка, которая через пружины дистанционных втулок производит поджим подшипников к левому торцу шпинделя.

Для исключения попадания загрязнений пыли, стружки внутрь шлифовальной бабки, подшипник защищается крышкой с использованием сальникового уплотнения. Для фиксации шлифовального инструмента используется система крепежных отверстий по установочному буртику и базовой пластине, которая на него надевается. Для дополнительной защиты от попадания смазочно-охлаждающей жидкости со стружкой используется защитный кожух, который крепится на торце шпинделя со стороны крышки.

С учетом условий работы, служебного назначения (высокие требования по точности вращения шпинделя) необходимо использовать материал, который имеет необходимые параметры по прочности, износостойкости и усталостной выносливости. Материал шпинделя сталь 40ХН ГОСТ 4543-71.

Он имеет следующие основные параметры [13]:

- степень обрабатываемости – нормальная (твердый сплав коэффициент 1,2 и быстрорежущий сплав 0,95);
  - предел прочности после нормализации  $\sigma_B = 610$  Мпа;
  - плотность 7800 кг/м<sup>3</sup>;
  - твердость при сечении до 100 мм не более НВ 165;
- После закалки твердость HRC 42..48.

## 1.2 Классификация поверхностей

С учетом описанного выше служебного назначения шпинделя систематизируем поверхности с учетом их функционального назначения (рисунок 1, таблица 1).

Таблица 1.1 - Классификация элементов шпинделя

Вид	Номер
1 Исполнительная	18-20, 1, 2, 41-47, 35
2 Конструкторская база	-
2.1 Основная	5, 22, 30
2.2 Вспомогательная	18-20, 1, 2, 41-47, 4, 23, 26, 27, 38, 11, 31, 32, 35, 33
3 Свободная	Остальные

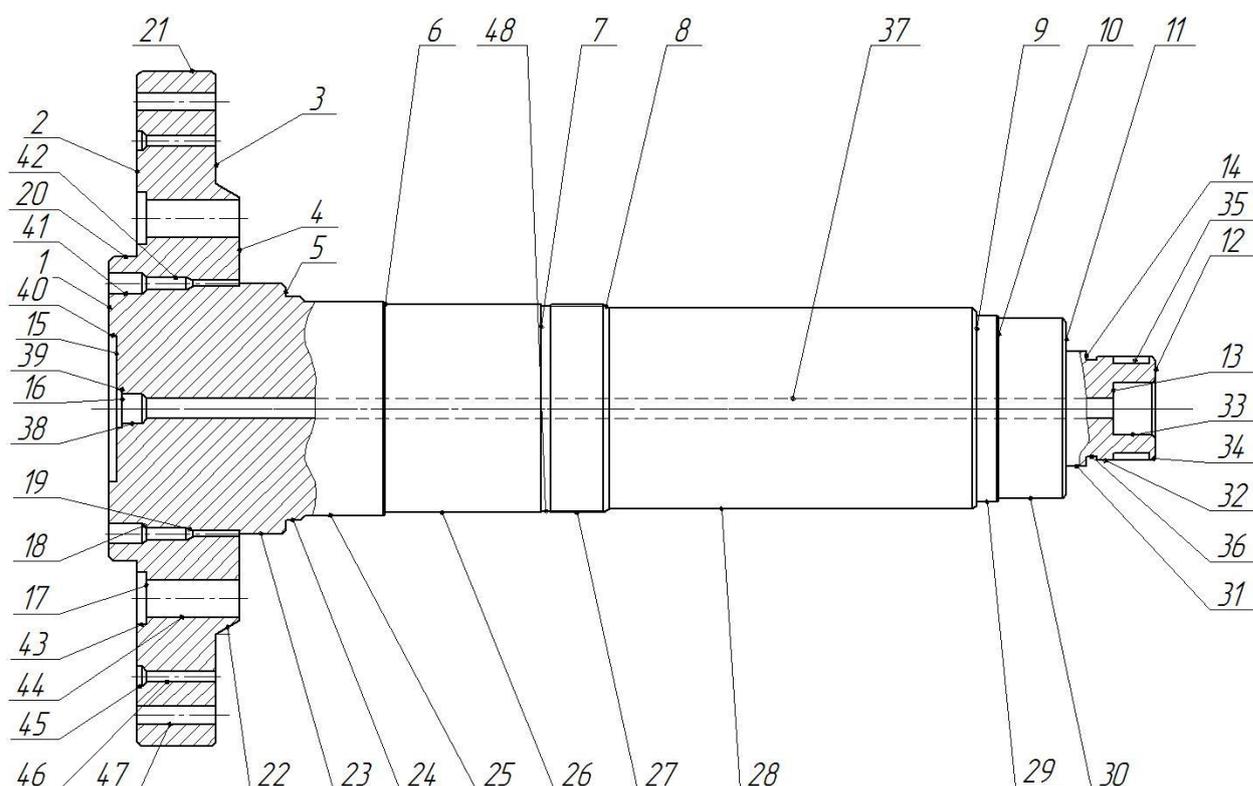


Рисунок 1 –Шпиндель

### 1.3 Анализ технологичности

С точки зрения технологичности деталь имеет несколько признаков не технологичности. Первое, это габариты детали: ее размеры составляют в длину 660 мм при основном диаметре 126 мм. Это приводит к значительной массе детали. При этом по служебному назначению, она имеет частоту вращения в районе  $2500 \text{ мин}^{-1}$ . Это требует задания и выполнения высоких требований по точности поверхностей, точности их расположения, формы, сбалансированности [7, 8]. С учетом этого большая часть поверхностей выполняется по 6 качеству.

К элементам не технологичности также необходимо отнести наличие глубокого центрального осевого отверстия, которое проходит по всей длине детали. Кроме этого во фланце шпинделя имеется набор разнообразных отверстий по виду и размеру. Здесь и гладкие цилиндрические отверстия,

ступенчатые отверстия различной конфигурации. Это приводит к необходимости использования широкой номенклатуры режущего осевого инструмента, сверл зенкеров, зенковок, цековок.

С точки зрения установки данная деталь также относится к категории не технологичных заготовок. При значительной массе и высоких требованиях к точности необходимо использовать загрузочно-разгрузочные механизированные устройства типа кран балок или погрузчиков. Для обращения с заготовкой непосредственно на станке желательно использовать механизированные схваты или манипуляторы.

Большая протяженность поверхностей приводит к большому времени выполнения операций и высокому расходу режущего инструмента.

Поверхности шпинделя стандартизированы и унифицированы. Деталь не имеет фасонных поверхностей. С учетом среднесерийного типа производства данную деталь можно обработать на автоматизированных высокоскоростных станках с ЧПУ. Это позволит сконцентрировать технологические переходы на одной операции, уменьшить количество технологического оборудования, задействованного в технологии изготовления детали, снизить потери на транспортировку и хранение. Обработка шпинделя на одном станке позволяет уменьшить погрешности, связанные с переустановкой заготовки на операции и приводит к повышению точности относительного расположения поверхностей, обработанных с одного установа или с разных установов, но на одном станке [14, 25, 26].

### **Выводы по разделу**

Выполнен всесторонний анализ технических требований и конструктивных особенностей шпинделя с точки зрения обеспечения технологичности.

## 2 Технологическая часть работы

### 2.1 Выбор типа производства

Производство - среднесерийное. Вывод этот по заданию с объемом выпуска шпинделей  $N=500$  деталей в год и массе шпинделя (по чертежу)  $m=124,2$  кг.

Размер партии запуска вала [14]:

$$n=(N \cdot a)/254=(500 \cdot 6)/254=11,5 \approx 12 \text{ деталей.} \quad (1)$$

где  $a$  – период в днях запуска партии валов (6 дней);

254 –рабочих дней в году.

### 2.2 Выбор и проектирование заготовки

Данную деталь для условий среднесерийного производства целесообразно получать методом обработки давлением. Здесь можно использовать штамповку с осадкой в торец для получения фланцевой исходной заготовки. Это позволит значительно сократить припуски по сравнению с заготовкой, изготавливаемой из проката. Или можно использовать штамповку на ГКМ. Проектирования заготовки заключается в определении припусков на обрабатываемые поверхности, поскольку все поверхности шпинделя имеют высокие требования по точности и шероховатости и получить их на заготовительной стадии сразу невозможно. Из-за этого на все поверхности должен быть назначен припуск. Для упрощения формы заготовки фланцевую часть сделаем упрощенной формы. Это позволит обойтись более простой штамповой оснасткой [5, 10].

Перепад диаметров шеек большой для таких размеров ( $(d_{\max}-d_{\min})=410-126=284$  мм на диаметр или 142 мм на сторону).

Припуски на обработку поверхностей заготовки будем назначать по табличным данным [15, 16]. По формулам найдем припуск на базовую шейку под подшипник диаметром 130 мм.

Для детали типа шпиндель, небольших габаритов из стали 40Х с учетом технических требований, указанных в чертеже, определяем последовательность обработки поверхностей [15, 27].

В ней поверхности сгруппированы по вариантам обработки. Для неточных поверхностей это вариант №1. Он включает обтачивание черновое до 12 квалитета и шероховатости Ra 12,5 мкм. Далее обтачивание чистовое до 9 квалитета и шероховатости Ra 6,3 мкм. Вариант №2 обработки к переходам из первого варианта добавляются переходы по чистовой обработке: черновое шлифование до 7 квалитета и шероховатости Ra 2,5 мкм. Далее чистовое шлифование до 6 квалитета и шероховатости Ra 0,63 мкм. Вариант №3 включает обработку паза: фрезерование концевой фрезой. Вариант №4 это обработка отверстия глубоким сверлением. Вариант №5: к переходу сверления спиральным сверлом добавляется цекование, зенкование. Вариант №6: после чистового обтачивания, резьботочение, резьбошлифование. Для всех поверхностей между черновой и чистовой стадиями включается термообработка – закалка.

Таблица 2 - Последовательность обработки поверхностей

Поверхность	Технология
3, 5, 28, 12	1
1, 2,20, 4,23-25,26, 9, 29, 3011, 31	2
35	3
37	4
43-47, 13,33	5
27	6

На первом и втором этапе токарной обработки обеспечивается размерная точность, показатели точности расположения шеек. На шлифовании преимущественно обеспечивается качество поверхности – ее шероховатость с повышением качества до окончательного значения.

Твердость материала заготовки обеспечивается за счет формирования закалочной структуры и повышения прочности и твердости на этапе закалки с последующим низким отпуском.

### 2.3 Расчет припусков на обработку

Обработка шейки диаметром 130к6 мм проходит из обтачивания черного и чистового, шлифования черного и чистового. Обтачивание проводится с одного станка. Шлифование идет при установке в жестких центрах по программе на станке с ЧПУ. В таблицу 3 сведены расчетные данные по методике из [17].

Суммарное пространственное отклонение будет включать только коробление [15]:

$$\rho_z = \rho_{\text{кор}}, \quad (2)$$

где  $\rho_{\text{кор}} = \Delta_k \cdot l = 0,8 \cdot 330 = 264$  мкм – коробление штамповки, мкм.

Из-за особенностей установки заготовки на токарной операции будет происходить значительное изменение пространственных отклонений по отношению к первоначальному. После черного перехода составит

$$\rho_{\text{кор}} = 0,06 \cdot 0,264 = 0,016 \text{ мм.}$$

Припуск считается как:

$$2Z_{imin} = 2 \left( Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (3)$$

где все элементы припуска указаны в таблице 3.

Аналогично производим расчет по остальным графам таблицы.

Таблица 3 - Припуски на поверхности диаметром 130к6  $\begin{pmatrix} +0,028 \\ +0,003 \end{pmatrix}$  шпинделя

Переход	Элемент припуска, мкм				Допуск, мкм	Предельный размер, мм		Предельный припуск, мм	
	T	Rz	ε	ρ		$d_{min}$	$d_{max}$	$2Z_{min}^{np}$	$2Z_{max}^{np}$
Заготовка	300	200	-	247	1800	131,3	135,3	-	-
Черновая обточка	50	50	50	16	120	130,34	130,74	0,937	4,537
Чистовая обточка	30	30	20	11	80	130,174	130,334	0,161	0,401
Шлифование черновое	10	5	10	5	27	130,072	130,135	0,102	0,199
Тоже чистовое	5	3	7	3	19	130,003	130,028	0,069	0,107

Для данной поверхности первый переход будет связан с удалением напуска, поэтому расчетный припуск и размер определяется для последнего черного перехода, а до этого обработка будет вестись с максимальным припуском.

Предварительно штамповка проходит термообработку – нормализацию для стабилизации и снижения остаточных напряжений. Для обеспечения прямолинейности оси шпиндель подвергается холодной правке на прессе.

Спроектированная заготовка шпинделя показана на листе.

## 2.4 Разработка технологического маршрута и схем базирования

Для изготовления шпинделя используется ряд операций. После заготовительной стадии необходимо получить чистовые технологические базы. В данной технологии предлагается отойти от стандартной схемы

установки в центрах. Это связано с большой массой заготовки и с необходимостью ее обработки на как можно меньшем числе переходов и установов.

Предлагается на первой стадии использовать станок с числовым программным управлением типа токарно-фрезерного центра. Здесь необходимо использовать два патрона: первый основной, второй – оппозитный шпиндель для перехвата заготовки. Из-за значительного веса шпинделя для установки дополнительно используются две опоры в виде самоцентрирующих люнетов [12]. Они позволяют обеспечить единство и постоянство технологических баз на всех этапах обработки на токарном центре. Перехват патронами позволяет передавать крутящий момент с левого или правого края заготовки и обеспечить доступ к ней инструментов с разных сторон.

На токарном центре, проводим последовательную обработку, включающую токарную черновую по контуру со снятием напусков на первом переходе с двух сторон. Далее проводится чистовая токарная обработка с формированием канавок, фасок и галтелей. После этого производится обработка центрального ступенчатого отверстия под глубокое сверление. Оснащение современных токарных центров позволяет производить такого вида работы. Для этого используется адаптер для установки инструмента для придания ему вращения и одновременно подачи через центральный канал одно кромочного сверла смазочно-охлаждающей жидкости. Дополнительно на втором суппорте к заготовке подводится инструментальная головка, которая используется для направления инструмента и сбора СОЖ с отработанной стружкой. После сверления центрального канала выполняется растачивание отверстия со стороны малого диаметра. Полный цикл обработки дополнительных крепежных и направляющих отверстий включает сверление, зенкование и цекование ступенек отверстий во фланце шпинделя. Дополнительно обрабатывается шпоночный паз.

После этого деталь подвергается термической обработки - закалке со стабилизирующим отпуском. Необходимо придать поверхностному слою высокую твердость и износостойкость, поскольку на шпиндель устанавливается и снимается постоянно различный шлифовальный инструмент. Отпуск приводит к снижению содержания мартенситной фазы в структуре материала, что способствует размерной стабильности и сохранению точности формы и расположения шпинделя в процессе эксплуатации. После термической операции выполняется ряд шлифовальных операций, связанных с окончательной доводкой установочных баз под подшипники, а также рабочей установочной поверхности на инструментальном фланце. Для этого деталь проходит черновую торце-кругло-шлифовальную операцию. После этого проводится кругло-шлифовальная операция для чистового шлифования. Для обеспечения высокой точности резьбы технология заканчивается резьбо-шлифовальной операцией. После этого выполняется операция мойки и контроля. Мойка проводится с химической очисткой поверхности от остатков СОЖ, стружки, грязи. Комплексный контроль основных геометрических требований, заданных по чертежу, проводится в конце технологического процесса.

Технология спроектирована на основе базовой и сведена в таблицу 4.

Таблица 4 –Маршрут обработки шпинделя

№ операц ии	Название операции	Номер обрабатываемой поверхности	Квали тет	Ra, мкм
1	2	3	4	5
000	Заготовительная	1, 21, 4, 23, 12	16	20
005	Правка	23	-	-
010	Термообработка (нормализация)	-	-	-
015	Токарно-фрезерная	Установ А Точение черновое	12	12,5

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5		
015	Токарно-фрезерная	3-6, 8-12, 14				
		Установ Б				
		Точение черновое 1, 2, 21	12	12,5		
		Точение чистовое 1, 2, 21	9	3,2		
		Сверление 41-42, 44-47, 37, 38	11	3,2		
		Цекование 16, 39, 17, 43	11	3,2		
		Установ В				
		Точение чистовое 3-6, 8-12, 14	9	3,2		
020	Термообработка (закалка)	-	-	-		
		025	Центрошлифовальная	39	7	1,25
		030	Торце-круглошлифовальная черновая	Установ А 4, 23, 25, 26, 9, 29, 10, 30, 11, 31, 32	8	2,5
Установ Б 1, 2, 20	8			2,5		
035	Круглошлифовальная чистовая	Установ А 23, 25, 26, 29, 30, 31, 32	7	1,25		
		Установ Б 20	7	1,25		
040	Резьбо-шлифовальная	27	4	2,5		
045	Внутришлифовальная	33	7	1,25		

#### Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5
050	Моечная	-	-	-
055	Контрольная	-	-	-

### 2.5 Выбор баз. Обоснование схем базирования

Базы выбираем с соблюдением принципа единства баз, т.е. технологическая, измерительная и конструкторская базы должны совпадать, чтобы погрешность базирования равнялась нулю. Необходимо руководствоваться принципом постоянства баз. Использование постоянного комплекта технологических баз обеспечит повышение точности [14, 20].

Для повышения жесткости заготовки шпинделя, компенсации веса, на всех операциях используются дополнительные опоры - самоцентрирующие люнеты. Их число зависит от допустимого вылета в три диаметра, что обеспечивает достаточную точность. Для шпинделя этот вылет составляет 360 мм. Для длины около 660 мм используются две опоры, помимо патрона. В качестве опорных баз используется торец заготовки. На фрезерных и сверлильных переходах используются та же схема, что и при токарной обработке.

### 2.6 Выбор средств технологического оснащения

Все оборудование в таблице 5.

Таблица 5 – Маршрут обработки шпинделя со станками

№ операции	Название операции	Станок
1	2	3
000	Заготовительная	-

Продолжение таблицы 5

1	2	3
005	Правка	Пресс ДА0242
010	Термообработка (нормализация)	Печь
015	Токарно-фрезерная	Токарно-фрезерный станок LB45II-М Сх3000
020	Термообработка (закалка)	Печь, ванна
025	Центрошлифовальная	Центрошлифовальный станок 3929Е
030	Торце-круглошлифовальная черновая	Торцекруглошлифовальный станок 3Т153Е
035	Круглошлифовальная чистовая	Круглошлифовальный станок 3М160
040	Резьбошлифовальная	Резьбошлифовальный станок 5Д822В
045	Внутришлифовальная	Внутришлифовальный станок 3К229В
050	Моечная	-
055	Контрольная	-

Маршрут приведен в приложении А в маршрутных картах.

Для токарной операции выбираем патрон трехкулачковый со сменными кулачками 7100-0010 ГОСТ 2675-80, два люнета самоцентрирующих 6046-0013 ГОСТ 21190-75. Гидравлические самоцентрирующие люнеты обеспечивают равномерную жесткость по длине заготовки [23, 24].

На токарной операции используем: РТТНЛ 2525М22 Резец Т5К10 ТУ 2-035-892-82; РТТНР 2525М22 Резец Т5К10 ТУ 2-035-892-82.

Тонкое точение: РТТНЛ 2525М22 Резец Т15К6 ТУ 2-035-892-82;

РТТНР 2525М22 Резец Т15К6 ТУ 2-035-892-82.

Центровочное сверло 2317-0223 диаметр 2.1 ВК8 ГОСТ 20686-75.

Сверло 2301-0840 диаметр 10 Р6М5 ГОСТ 19546-74.

Сверло 2301-0801 диаметр 6 P6M5 ГОСТ 19546-74.

Сверло 2301-0810 диаметр 7 P6M5 ГОСТ 19546-74.

Расточная оправка для глухого отверстия 191421331 ТУ 2-035-775-80.

Сверло 035-2302-0001 диаметр 25 ОСТ 2И20-9-84.

2350-0815 Цековка P6M5 ГОСТ 26258-87.

2350-0802 Цековка P6M5 ГОСТ 26258-87.

Расточной резец К.01.4980.000-00 Т15К6 ТУ 2-035-1040-86.

Резьбовой резец 035-2159-0535 Т15К6 ОСТ 2И10-9-84.

Расточной канавочный резец 035-2128-0541 Т14К8 ОСТ 2И10-8-84.

Для обработки шпоночного паза используем фрезу концевую с цилиндрическим хвостовиком 2844-0632 диаметр 6,  $z=12$  ВК8 ГОСТ 18937-73.

В техпроцессе используем следующие средства контроля. Для операционного текущего контроля всех размеров на черновой и получистовой стадиях ШЦ-I-125-0,1 Штангенциркуль ГОСТ 166-89 и микрометр МРИ 150-0,002 ГОСТ 4381-87 и микрометр МР 100 ГОСТ 4381-87 [19].

Для шлифования используется круг 1 250x25x76 25А F46 К 4 V 35 м/с А 1кл. ГОСТ 2424-83.

## **2.7 Проектирование операций**

Для проектирования технологической операции используется специализированная программа для расчета режимов резания и подбора инструмента, который корректируется по справочным данным.

Проектирование технологической операции начинаем с расчета режимов резания [18]. На установке А производится черновая обработка по правой части заготовки со снятием напусков.

Глубина резания рассчитана в предыдущем подразделе и равняется среднему припуску 2,7 мм. Подачу наоборот и скорость резания, определяем

системе автоматизированного проектирования для расчетов режимов обработки.

При точении элементами резания является глубина резания, продольная подача, скорость резания, сила резания и крутящий момент, а также мощность резания: по расчету  $t=2,7$  мм.;  $S = 0,45$  мм/об.

Скорость резания черногого точения резцом Т15К6 определяется по формуле [18]:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} \cdot K_v, \quad (4)$$

где

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}, \quad (5)$$

где  $K_{mv}$ ,  $K_{nv}$ ,  $K_{uv}$  - коэффициенты на материал заготовки, состояние обрабатываемой поверхности [15], материал резца (Т5К10);

$T$  – стойкость пластины 60 мин;

$C_v, x, y, m$  – коэффициенты принимаем по [17].

Обороты заготовки в минуту по формуле [16]:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}, \text{ об/мин.} \quad (6)$$

где  $D$  – диаметр шейки, мм.

Принимаем расчетное значение, так как регулировка частоты бесступенчатая.

Минутная подача. Теперь, зная фактическое число оборотов шпинделя в минуту и подачу на один оборот шпинделя, определим минутную подачу и сравним с паспортными данными станка по формуле:

$$S_{\text{мин}} = S \cdot n \quad (7)$$

Сила резания по составляющим тангенциальной  $P_z$ , радиальной  $P_y$ , осевой  $P_x$  по формуле [18]:

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p \quad (8)$$

где  $K_p$  - поправочный коэффициент на условия резания

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi\phi} \cdot K_{yp} \cdot K_{rp},$$

где  $K_{mp} = 0,75$ ,  $K_{\phi\phi} = 0,89$ ,  $K_{yp} = 1,25$ ,  $K_{rp} = 0,93$  [18].

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} \quad (9)$$

Полученные значения режимов резания сведены в таблицу 6.

Таблица 6 - Режимы резания для точения на 015 операции

Параметры	Размерность	Первый переход	Второй переход
Скорость резания	м/мин	116	291
Подача на оборот	мм	0,35	0,2
Глубина резания	мм	2,7	0,3
Частота вращения	об/мин	284	713
Максимальная мощность	кВт	6,6	1
Тангенциальная сила	Н	3467	206
Радиальная сила	Н	1387	82
Осевая сила	Н	2427	144

На установке Б производится черновая обработка с аналогичными режимами резания. Далее, не переустанавливая заготовку проводится чистовое обтачивание. После этого, при фиксированном положении заготовки, производится обработка отверстий в фланцевой части детали. Для мелкого размерного инструмента предварительно производится зацентровка центровочным сверлом. Далее ведется сверление (таблицы 7 - 9). Для ступенчатых отверстий могут использоваться различные варианты обработки: рассверливание, цекование. Отверстие после зацентровки рассверливают, цекуется и растачивается. Последним переходом по сверлению выполняется глубокое сверление центрального отверстия на всю длину заготовки.

Таблица 7 - Сверление на 015 операции (1,2 переход)

Параметры	Размерность	Зацентровка	Сверление 3 мм
Скорость резания	м/мин	15	12
Подача на оборот	мм	0,1	0,15
Глубина резания	мм	2	6
Частота вращения	об/мин	1197	1292
Максимальная мощность	кВт	0,16	0,13
Момент резания	Нм	1,3	1
Осевая сила	Н	1153	1148

Таблица 8 - Сверление на 015 операции (3,4 переход)

Параметры	Размерность	Сверление 10 мм	Сверление 6 мм
Скорость резания	м/мин	23	13,2
Подача на оборот	мм	0,25	0,2
Глубина резания	мм	11,5	3
Частота вращения	об/мин	729	738

Таблица 9 - Сверление на 015 операции (5, 6 переход)

Параметры	Размерность	Сверление 22 мм	Сверление 7 мм
Скорость резания	м/мин	25	24,5
Подача на оборот	мм	0,38	0,15
Глубина резания	мм	12,5	12,75
Частота вращения	об/мин	369	588

После этого идет перехват противошпинделем и чистовая обработка с другой стороны заготовки. Дополнительно растрачивается центральное отверстие. Фрезеруются два шпоночных паза (таблицы 10 и 11).

Таблица 10 - Сверление на 015 операции (7 переход)

Параметры	Размерность	Сверление 12 мм
Скорость резания	м/мин	22
Подача на оборот	мм	0,15
Глубина резания	мм	11
Частота вращения	об/мин	588

Таблица 11 - Фрезерование на 015 операции

Параметры	Размерность	Фрезерование паза
Скорость резания	м/мин	5
Подача на оборот	мм	0,28
Глубина резания	мм	5
Частота вращения	об/мин	268

Проводится обработка канавок, а также выполняется нарезания резьбы при помощи резьбового резца. Все режимы обработки скорректированы с учетом технических параметров станка.

Нормирование технологической операции выполняется аналитически. Основное время обработки рассчитывается по формуле с учетом многопроходного точения при снятии напусков [16] и результаты сведены в таблицу 12

$$T_{ит} = T_o + T_e + T_{об} + T_{от}, \quad (10)$$

где все параметры приведены в [16].

Таблица 12 - Основное время по переходам

Переход	Подача, мм/об	Обороты, мин <sup>-1</sup>	Подача, мм/мин	Длина, мм	Основное время, мин
Точение черновое	0,35	284	99,4	Установ А 1820 Установ Б 350	18,3 3,5
Точение чистовое	0,2	713	142,6	Установ Б 220 Установ Б 233	1,5 1,6
Резьбовое точение	2	284	568	245	0,4
зацентровка	0,1	1153	115,3	72	0,6
Сверление 3 мм	0,15	1148	172,2	80	0,5
Сверление 6 мм	0,2	738	147,6	288	2,0
Сверление 10 мм	0,25	729	182,25	288	1,6
Сверление 7 мм	0,15	588	88,2	50	0,6
Сверление 22 мм	0,38	369	140,22	200	1,4
Сверление 12 мм	0,15	588	88,2	670	7,6
Фрезерование	0,28	268	12,8	128	10
Цекование	0,3	588	176	50	0,28

Основное время по переходам суммируется [16]

$$T_o = \frac{L}{nS_o} \cdot i; \quad (11)$$

где  $L$  – длина расчетная рабочего хода инструмента;

$n$  – обороты шпинделя, об/мин;

$S_o$  – подача, мм/об;

$i$  – число ходов.

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (12)$$

Основное время суммарно 30,6 мин.

Далее определяется сумма элементов вспомогательного времени, связанные с установкой и снятием заготовки, переустановкой заготовки, управлением станком, смены работающего инструмента, операционным контролем. Сумма основного и вспомогательного времени составит оперативное время

$$T_{y.c.} = T_{z.o.} = 0,33 \text{ мин.}$$

$$T_{yn} = 0,01 \cdot 5 + 0,03 \cdot 5 + 0,24 = 0,44 \text{ мин.}$$

$$T_{uz} = 0,3 \text{ мин.}$$

$$T_g = 0,33 + 0,44 + 0,3 = 1,04 \cdot k = 2,0 \text{ мин.}$$

В процентах от этого времени определяется время на техническое обслуживание станка, а также на личный отдых

$$P_{об.отд} = 6,5\% ;$$

$$T_{on} = T_o + T_g = 30,4 + 2,0 = 32,4 \text{ мин}$$

$$T_{об.от} = \frac{32,4 \cdot 6,5}{100} = 2,1 \text{ мин.}$$

$$T_{от} = T_o \cdot P_{от} / 100 \quad (13)$$

где  $P_{от}$  - время на отдых.

Так как тип производства среднесерийный, определяем дополнительную составляющую времени - подготовительно-заключительное время, необходимое для подготовки станка к работе на обработку партии запуска данной заготовки и на завершение работ по окончании обработки этой партии. Суммарное штучно-калькуляционное время определяется как

$$T_{шт-к} = \frac{T_{n-3}}{n} + T_{шт} = \frac{30}{12} + 34,5 = 37, \quad (14)$$

где все параметры приведены в [15].

### **Выводы по разделу**

Технология спроектирована на основе анализа технических требований к детали, все их обеспечивает в полном объеме.

Спроектированная технология представлена в приложении А.

### 3 Проектирование специальных средств оснащения

#### 3.1 Подготовка данных для расчета приспособления

Проектируем патрон поводковый без центра для использования на операциях токарной и шлифовальной вместе с самоцентрирующими люнетами. Патрон передает крутящий момент на заготовку, а люнеты обеспечивают положение оси заготовки при обеспечении ее жесткости.

Переходы для расчета: точение черновое. Заготовка из штамповки, сталь 40ХМ,  $\sigma_B=610$  МПа [13].

На токарной операции используем резец проходной РТТНЛ 2525М22 Т5К10 ТУ 2-035-892-82 и РТТНР 2525М22 Т5К10 ТУ 2-035-892-82. Это отогнутые правый и левый с размерами в миллиметрах: Н=25 мм; В=25 мм; L=140 мм; радиус при вершине  $r=1$  мм.

Режимы резания рассчитаны в пункте 2.6 и информация сведена в таблицу 13.

Тип приспособления – переналаживаемое универсальное [22].

#### 3.2 Расчет сил резания

Все составляющие силы резания для черновой обработки определили в пункте 2.6: Операционный эскиз на рисунке 2.

Таблица 13 – Параметры для расчета сил зажима

Составляющая силы резания	Единица измерения	Черновая обработка	Чистовая обработка
Тангенциальная сила	Н	3467	206
Радиальная сила	Н	1387	82
Осевая сила	Н	2427	144

Зажим люнетами обеспечивает достаточную жесткость заготовки в радиальном направлении при условии превышения силы на рычаге люнета радиальной силы резания. Поскольку в люнетах используется гидравлический привод с давлением 7,5 МПа, усилие на рычаге будет гарантированно выше.

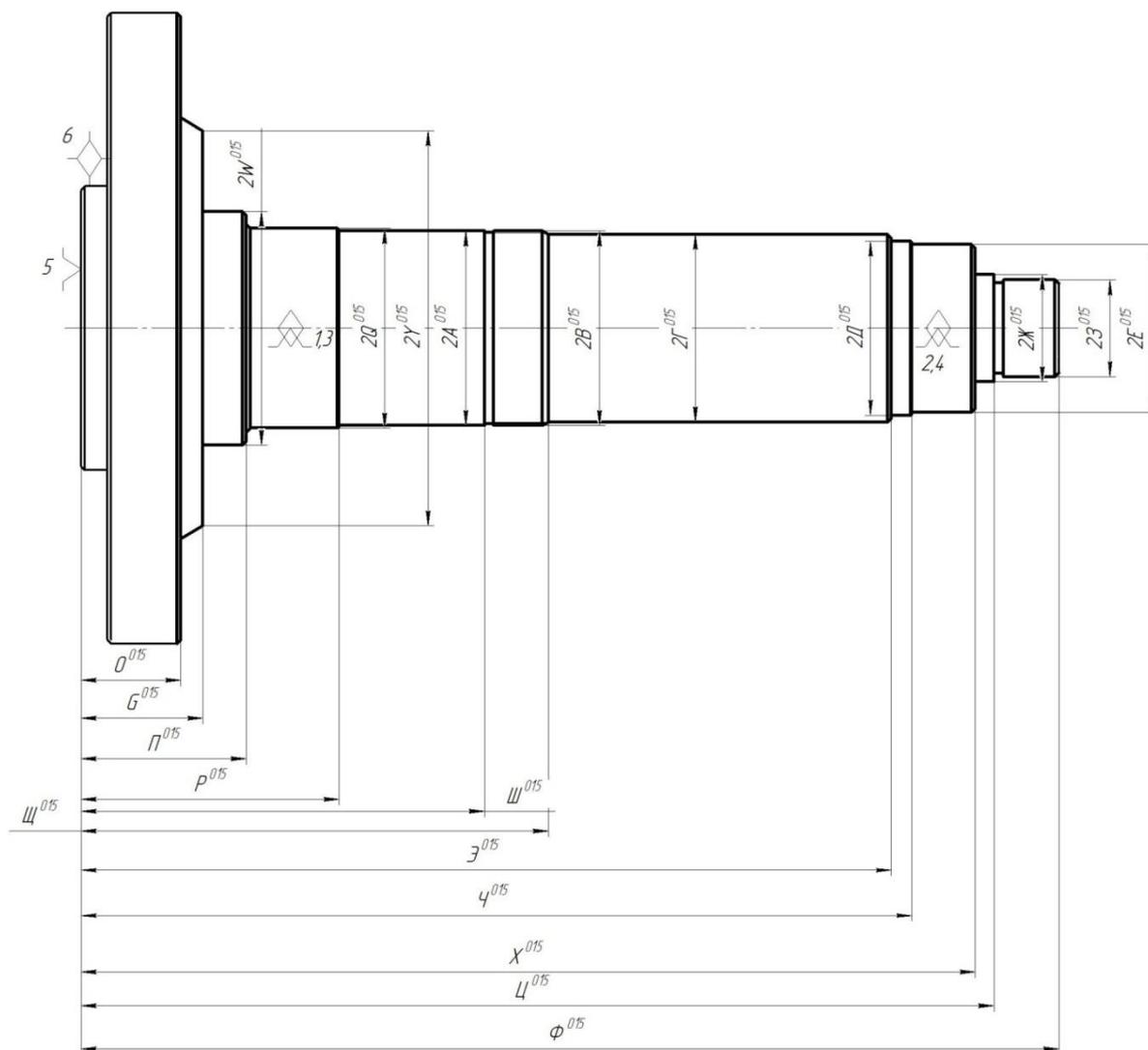


Рисунок 2 – Операционный эскиз

### 3.3. Расчет усилия зажима

В процессе точения на заготовку будут действовать силы инерции, а также силы резания. К составляющим сил резания, которые вырывают вал из

кулачков, относится радиальная составляющая. При выбранной схеме установки в люнетах создаются шарнирные заделки, которые препятствуют этому. Причем жесткость этих заделок по сравнению с силой  $P_y = 1387 \text{ Н}$  на порядок больше. Поэтому расчет ведется только для тангенциальной составляющей силы резания, которая проворачивает заготовку в кулачках. Ей препятствует сила трения, которая возникает от силы зажима кулачков. Для расчета необходимо учесть диаметр зажима (минимальный) и поверхность обработки (максимальная) [21].

Схема для расчета показана на рисунке 3.

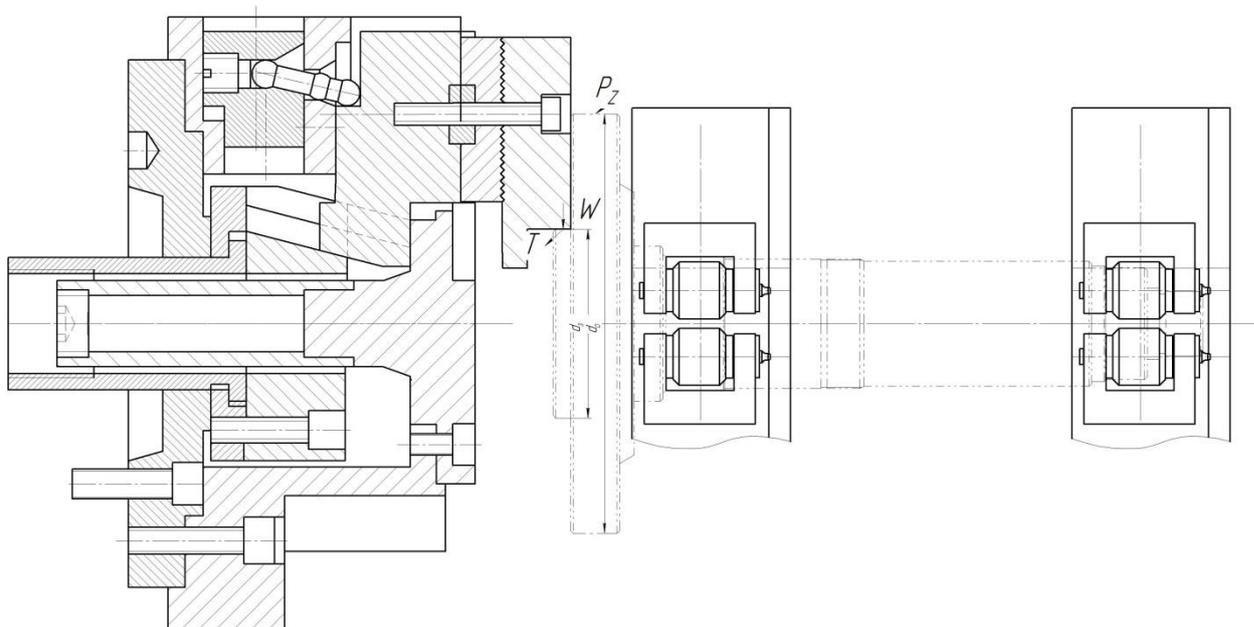


Рисунок 3 – Схема действия сил резания и закрепления

Крутящий момент резания от тангенциальной составляющей силы  $P_z$  резания равен:

$$M_p = P_z \cdot D_{об}/2,; \quad (15)$$

где  $D_{об}$  – максимальный диаметр шейки шпинделя (410 мм).

Момент от действия сил зажима кулачками:

$$M_3 = \frac{T \cdot d_3}{2} = \frac{W \cdot f \cdot d_3}{2}; \quad (16)$$

где  $W$  – силы от действия зажимных кулачков, Н;  
 $d_3$  – минимальный диаметр шейки вала под зажим (110 мм), мм;  
 $f$  – коэффициент трения для контакта заготовка - зажимная поверхность кулачка, который принимается равным 0,3.

После приравнивания этих моментов  $M_3$  и  $M_P$  с учетом коэффициента безопасности находится минимально нужная сила зажима:

$$W = \frac{k \cdot P_Z d_0}{f d_3}, \quad (17)$$

где  $k$  – коэффициент запаса по [20] равен для заданных условий производства:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6; \quad (18)$$

где  $k_0 = 1,5$ ;  $k_1 = 1,2$ ;  $k_2 = 1$ ;  $k_3 = 1$ ;  $k_4 = 1$ ;  $k_5 = 1$ ;  $k_6 = 1$ .

$K_P = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 1,8$ . Принимаем  $K_P = 2,5$ .

После подстановки получим:

$$W = \frac{2,5 \cdot 3467 \cdot 410}{3 \cdot 0,3 \cdot 110} = 25542 \text{ Н.}$$

Сила зажима  $W_1$ , непосредственно действующая в радиальном направлении на постоянные кулачки:

$$W_1 = W / \left( 1 - \left( \frac{3 \cdot l_k}{H_k} f_1 \right) \right), \quad (19)$$

где  $l_k$  – выступание кулачка, равное расстоянию до средней линии сменного кулачка от центра направляющего выступа постоянного кулачка, который расположен в пазу корпуса приспособления, мм;

$H_k$  – расстояние, которое равно длине продольного направляющего паза у кулачка в корпусе, мм;

$f_l$  - коэффициент трения. Принят для полусухого трения кулачка в направляющем пазу корпуса. Примем равным  $f_l=0,1$ .

После подстановки в формулу исходных данных:

$$W = 25542 / \left( 1 - \left( \frac{3 \cdot 90}{125} 0,1 \right) \right) = 31927 \text{ Н.}$$

### 3.4 Расчет зажимного механизма

Расчет клинового зажима проводится по формуле [20]:

$$Q = W [tg(\alpha + \varphi_1) + tg(\varphi_2)], \quad (20)$$

где  $\alpha$  – угол клина;

$\varphi_1$  – угол трения между клином штока и кулачком;

$\varphi_2$  – угол трения между штоком и направляющей.

После этого включается механизированный гидравлический привод, который закрепление корпуса за счет клинового механизма:

$$Q = 31927 [tg(5 + 0,1) + tg(0,64)] = 3206 \text{ Н.}$$

Рассчитаем диаметр привода пневматического зажима

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{p}}, \quad (21)$$

где  $p$  –давление рабочей среды, МПа.

По формуле рабочее давление среды принимаем равным  $p=1$  МПа. Ход поршня определяем конструктивно для свободной установки-снятия заготовки равным 30 мм.

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{3206}{1}} = 63,9 \text{ мм.}$$

Округляем до стандартного  $D=100$  мм.

### **3.5 Расчет точности приспособления**

Перед использованием при настройке сменные кулачки необходимо расточить. После выполнения подготовки кулачков необходимо провести контроль по биению [21].

Допускаемое биение принимаем не более 0,02 мм.

### **3.6 Описание конструкции приспособления**

Патрон поводковый предназначен для передачи крутящего момента при обработке шпинделя шлифовальной бабки на токарной операции.

Особенность патрона – это механизм, создающий силу сопротивления, которая способствует более надежному закреплению заготовки.

Приспособление состоит из корпуса 1, в котором закрепляются кулачки. Эти кулачки перемещаются по Т-образным пазам. Они представляют из себя комбинацию из трех деталей. Это постоянный кулачок 4, промежуточная вставка 3 и сменный кулачок 2. Между собой они скрепляются при помощи винта 24. Постоянный кулачок 4 и вставка 3 центрируются при помощи шпонки 23. Промежуточная вставка 3 и сменный

кулачок 2 соединяются при помощи рифленой поверхности, которая облегчает настройку сменных кулачков 2 на диаметр закрепляемой поверхности. Внутри корпуса установлен центровик 12. Он перемещается по точной посадке с зазором в крышке 8, которая используется для установки патрона на шпindelь станка. Предварительно сама крышка 8 при помощи винтов 21 закрепляется на шпинделе, а далее корпус 1 закрепляется уже винтами 20 на базирующей крышке 8. Центровик 12 это пластина, в которой проходит втулка 9, которая своим буртиком цепляется за центровик 12 с другой стороны. Она поджимается прикручиваемым клином 7 при помощи винтов 19. Этот клин имеет Т-образные наклонные пазы, соответственно, под постоянные кулачки 4. Внутри фланца 9 проходит втулка 10, которая по резьбе накручивается на фланец крышки 6. Эта крышка 6 является сменной деталью. Используется для установки заготовок без базирования в центрах. Детали, которые базируются в центрах, крышка заменяется другой, у которой через центральное отверстие проходит базовый центр. Крышка 6 закрепляется в корпусе патрона при помощи винтов 18. Поскольку размеры патрон значительные, при даже небольшой частоте вращения заготовки, возникают значительные центробежные силы, которые отбрасывают кулачки от зажимаемой поверхности. Чтобы противодействовать этому, предусмотрен дополнительный механизм, который создает инерционность, которая препятствует отходу кулачков от заготовки. Этот механизм представляет из себя маховик 13, который установлен с подвижной посадкой в корпусе патрона 1. Внутри него устанавливается регулировочный винт 14, который поджимает сферический рычаг 5. Этот рычаг имеет три сферических поверхности. Первая - по которой он установлен в маховике 13. Вторая – на которой рычаг 15 базируется в выточке конической формы в корпусе 1. Третья сферическая часть опирается на постоянный кулачок 4. Это обеспечивает при вращении передачу центробежной силы от маховика на постоянный кулачок и далее через сменную вставку 3 и сменный кулачок 2

на зажимаемую поверхность. Это препятствует отходу кулачков от заготовки.

Приспособление работает следующим образом. Втулка 9, которая по резьбе соединяется с тягой гидравлического привода зажима (он не показан на листе) перемещается вправо. При этом происходит скольжение постоянных кулачков по Т-образным пазам и движение к центру заготовки. Происходит фиксация заготовки. При вращении центробежные силы будут отбрасывать маховик 13 от центра вращения, передавая на рычаг 15, усилие на постоянный кулачок 4. Это усилие частично компенсирует центробежное усилие, возникающее на кулачках 4 и 2. При подаче давления в другую полость, тяга перемещает втулку 9 влево и происходит скольжение постоянных кулачков 4 по Т-образным пазам и отвод сменных кулачков 2, которые разжимаются и происходит раскрепление заготовки. Спецификация на приспособление представлена в приложении Б.

### **3.7 Расчёт и проектирование сверла для глубокого сверления**

При обработке заготовки шпинделя и из-за его значительной массы и размеров будет существовать ограничения на технологической операции по частоте вращения заготовки. Это связано с возникновением значительных центробежных нагрузок. Для повышения эффективности обработки, в первую очередь производительности, повышение частоты вращения в данном случае является неприемлемым подходом. Повысить эффективность выполнения данной операции возможно за счет повышения подачи или повышения стойкости инструмента [25, 26].

Сверл для глубокого сверления обычно конструктивно является одно-кромочным. Их еще называют трубчатые лопаточные сверла. Они состоят из основных рабочих элементов: режущей части 1, стебля 2, на конце которого закрепляется хвостовик 3 (элементы указаны на листе). Все эти элементы могут иметь различное исполнение в зависимости от особенностей

обработки. При этом необходимо учесть, что конструкции режущей части и стебля взаимосвязаны, так как они соединяются обычно при помощи припоя. При этом в месте контакта образуется неразъемное соединение в виде V-образного паза. Рабочая режущая часть может выполняться в виде цельной вставки из твердого сплава или из конструкционного сплава со вставками режущими пластинами и направляющими элементами из твердого сплава. Стебель может иметь внутреннюю полость различного исполнения. Это могут быть цилиндрические отверстия или пазы различной формы. Хвостовик подбирается с учетом посадочных мест на станке.

Принимаем V образный паз с углом  $110^\circ$ . На стебле паз имеет смещение по отношению к пазу на режущей части на 0,15 мм. Это необходимо для того, чтобы было удобно обрабатывать режущую часть по передней поверхности. Диаметр рабочей части инструмента выполняется с учетом точности обрабатываемого отверстия для конкретных условий. Для обрабатываемого отверстия под смазку качество точности наружного диаметра h9. Обратная конусность на режущей части 0,02 мм. Заточка режущей части производится только по задней поверхности по спирали.

При выполнении перехода сверления используется направляющая стойка для правильного захода инструмента и исключения его поломки. Это стойка также может выполнять роль стружкосборника, когда под давлением СОЖ по наружному каналу выходит из обработанного отверстия с удаляемой стружкой. . Выбирается схема установки и форма режущих пластин, а также назначаются геометрические параметры режущей части инструмента.

### **Выводы по разделу**

Спроектировано приспособление и режущий инструмент – одно кромочное сверл. с выбором его конструктивных параметров: длины и параметров сечения державки. Спецификация на сверло представлена в приложении В, спецификация на приспособление – в приложении Б.

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

Задача раздела – проектирование технологии изготовления шпинделя шлифовальной бабки с учетом требований стандартов по безопасности.

### 4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

В таблице 14 приведены данные по выбранной операции [5].

Таблица 14 - Паспорт объекта

Объект	Технологическая операция	Наименование должности работника	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы и вещества
Заготовительная	Штамповка	Штамповщик	Пресс	Сталь 40ХМ, смазки графитовые
Механическая обработка	Токарная операция	Оператор станков с ЧПУ	Токарный станок LB45П-М Сх3000, патрон самоцентрирующийся, люнет	Сталь 40ХМ, СОЖ, ветошь
Механическая обработка	Шлифовальная операция	Шлифовщик	Станок 3Т154, 3М160, 5Д822В, 3К229, патрон самоцентрирующийся, люнет	Сталь 40ХМ, СОЖ, ветошь

### 4.2 Идентификация профессиональных рисков

В таблице 15 рассматриваются риски. В подразделе приводится систематизация производственно-технологических и эксплуатационных рисков, к которым относят вредные и опасные производственные факторы, источником которых являются оборудование и материалы, используемые при изготовлении шпинделя.

Таблица 15 - Определение рисков

Технологическая операция	Опасный и вредный производственный фактор (ОВПФ)	Источник ОВПФ
1	2	3
Штамповка	ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры объектов ОВПФ, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания Факторы физического воздействия: Неподвижные части колющие, режущие, обдирающие части твердых объектов Движущиеся твердые объекты	Пресс
Токарная, точение черновое, чистовое, фрезерование шпоночного паза, сверление глубокого отверстия, сверление системы отверстий, цекование отверстий; Шлифование	Факторы физического воздействия: Неподвижные части колющие, режущие, обдирающие части твердых объектов Движущиеся твердые объекты ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры объектов ОВПФ, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания ОВПФ, связанные с механическими колебаниями твердых тел ОВПФ, связанные с акустическими колебаниями твердых тел ОВПФ, связанные с электрическим током ОВПФ, связанные с электромагнитными полями Факторы химического воздействия: токсического, раздражающего (через органы дыхания) Факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия: Статическая нагрузка Перенапряжение анализаторов	Станок LB45П-М Сх3000, Станок 3Т154, 3М160, 5Д822В, 3К229 зона резания, зажимные кулачки патрона, резцы, фреза концевая, сверла, цековки СОЖ, стружка Заготовка, инструмент она резания Пульт управления станком СОЖ, смазки Манипуляция заготовкой, контроль и управление

### 4.3 Методы и технические средства снижения рисков

В под разделе выбраны методы и средства снижения профессиональных рисков, которые необходимо использовать для защиты, или частичного снижения или полного устранения вредного и/или опасного фактора при изготовлении шпинделя. Снижение рисков достигается мерами

(таблице 16).

Таблица 16 – Мероприятия снижения уровня ОВПФ

ОВПФ	Технические средства, организационные методы	Средства защиты (СИЗ)
1	2	3
Неподвижные части колющие, режущие, обдирающие части твердых объектов Движущиеся твердые объекты ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры объектов	Защитный кожух на станке, ограждения Инструктажи по охране труда	Костюм для защиты от загрязнений, перчатки с полимерным покрытием, ботинки кожаные, очки защитные
Факторы химического воздействия: токсического, раздражающего (через органы дыхания)	Организация вентиляции Инструктажи по охране труда	-
ОВПФ, связанные с механическими колебаниями твердых тел	Виброгасящие опоры снизить время контакта с поверхностью подверженной вибрации Инструктажи по охране труда	Резиновые виброгасящие покрытия
ОВПФ, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания	Организация вентиляции Инструктажи по охране труда	-
ОВПФ, связанные с акустическими колебаниями твердых тел	Использование звукопоглощающих Материалов Инструктажи по охране труда	Применение противозумных вкладышей
ОВПФ, связанные с электрическим током ОВПФ, связанные с электромагнитными полями	Заземление станка изоляция токоведущих частей применение предохранителей Инструктажи по охране труда Соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов	Резиновые напольные покрытия, перчатки с полимерным покрытием
Статическая нагрузка Перенапряжение анализаторов	Организация освещения Инструктажи по охране труда	-

#### 4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В таблицах 17 – 20 рассматриваются источники пожарной опасности, а также средства, которые необходимо применить, и меры организационного характера, которые необходимо использовать, для обеспечения пожарной безопасности.

Таблица 17 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Номер пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие факторы при пожаре
Прессоы	ГКМ	Класс D	Пламя и искры; тепловой поток	Части оборудования, изделий и иного имущества
Участок обработки шпинделей	Станок LB45П-М Станки 3Т154, 3М160, 5Д822В, 3К229	Класс В, Е	Пламя и искры; неисправность электропроводки; возгорание промасленной ветоши	Части оборудования, изделий и иного имущества; Вынос напряжения на токопроводящие части станка; воздействие огнетушащих веществ

Таблица 18 – Выбор средств пожаротушения

Средства пожаротушения				Оборудование
первичные	мобильные	стационарные	автоматики	
Ящик с песком, гидрант, огнетушители	Пожарные автомобили	Пенная система тушения	средства по оповещению и управлению эвакуацией	Напорные пожарные рукава

#### 4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Результаты анализа в таблицах 21 и 22. Мероприятия направлены на защиту гидросферы, атмосферы и литосферы и обеспечиваются соответствующими техническими средствами.

Таблица 19 – Средства защиты и пожаротушения

СИЗ	Инструмент	Сигнализация
Веревки пожарные карабины пожарные противогазы, респираторы	Лопаты, багры, ломы и топоры ЩП-Б	Автоматические извещатели

Таблица 20 – Средства обеспечения пожарной безопасности

Процесс, оборудование	Организационно-технические меры	Нормативные требования
Технология изготовления шпинделя шлифовальной бабки, Токарный станок LB45II-M Сх3000; шлифовальные станки 3Т154, 3М160, 5Д822В, 3К229	Применение смазочно-охлаждающих жидкостей с использованием негорючих веществ Хранение промасленной ветоши в несгораемых ящиках ;	Наличие пожарной сигнализации, Наличие автоматической системы пожаротушения, первичные средств пожаротушения, проведение инструктажей

Таблица 21 – Определение экологически опасных факторов объекта

Производственный техпроцесс	Структурные элементы техпроцесса	Опасные и вредные выбросы в воздух	Сточные воды	Воздействие объекта на литосферу
Технологический процесс изготовления шпинделя	Токарный станок LB45II-M Сх3000; шлифовальные станки 3Т154, 3М160, 5Д822В, 3К229	Стружка Токсические испарения Масляный туман	Взвешенные вещества и нефтепродукты отработанные жидкие среды	Отходы стружки Промасленная ветошь Растворы жидкостей

### Выводы по разделу

Рассматривается обработка на заготовительной, токарной и шлифовальной операциях. Подробно рассмотрена выполняемая на токарном станке LB45II-M Сх3000 операция, которая включает переходы точения, фрезерования пазов, сверления, цекования. Задействован оператор станков с

ЧПУ. Приспособление - патрон и люнеты. Инструмент контурный, канавочный резцы, фреза, одно кромочное сверло, спиральные сверла, цековка, расточной резец. Применяются материалы: 40ХМ, СОЖ - эмульсия, ветошь (таблица 14).

Таблица 22 – Разработанные мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

Объект воздействия	Технологии изготовления шпинделя
на атмосферу	Фильтрационные системы для системы вентиляции участка
на гидросферу	Локальная многоступенчатая очистка сточных вод
на литосферу	Разделение, сортировка, утилизация на полигонах отходов

Идентификация профессиональных рисков выполнена для токарной операции, что позволило определить ОВПФ. Это неподвижные колющие, режущие, обдирающие части твердых объектов, движущиеся твердые объекты, ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры объектов, чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, механическими колебаниями твердых тел, акустическими колебаниями твердых тел, электрическим током и электромагнитными полями, токсического, раздражающего воздействия (через органы дыхания), статической нагрузкой и перенапряжением анализаторов (таблица 15).

Для их устранения и снижения негативного воздействия применяются такие методы и средства, как защитный кожух и ограждение, демпфирующие опоры станка, снижение времени контакта с вибрирующими поверхностями, покрытие звукопоглощающими материалами, заземление станка и изоляция токоведущих частей, соблюдение регламентированных перерывов на отдых, а также инструктажи по охране труда, (таблица 16).

Выполнена определение класса, опасных факторов пожара для участка изготовления шпинделя (таблица 17). Проводится выбор средств

пожаротушения (таблица 18, 19), мер по обеспечению пожарной безопасности процесса изготовления шпинделя шлифовальной бабки (таблица 20).

Определены негативные факторы воздействия процесса изготовления шпинделя на окружающую среду (таблица 21). Указаны организационно-технические мероприятия по снижению вредного антропогенного влияния технологии на экологию: атмосферы – оснащение фильтрующими элементами системы производственной вентиляции, гидросферы – использованием системы многоступенчатой очистки сточных вод; литосферы – сортировкой отходов и их утилизацией на специальных полигонах (таблица 22).

Выявив и проанализировав технологию изготовления шпинделя шлифовальной бабки, ее воздействие на среду, делаем вывод, что данная технология удовлетворяет нормам по защите здоровья человека и окружающей среде.

## 5 Экономическая эффективность работы

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

В предыдущих разделах был описан технологический процесс изготовления шпинделя шлифовальной бабки. На одной из операций предполагается выполнить следующие изменения:

- специализированный станок для глубокого сверления, модель РТ-605 заменить на токарно-винторезный станок, модель LB45II-M Cx3000;
- в качестве станочного приспособления предлагается использовать патрон трехкулачковый со сменными кулачками и два самоцентрирующих люнета.

Учитывая описанные изменения, возникает необходимость осуществить обоснование целесообразности таких действий. Для этого, в рамках достижения основной цели раздела необходимо определить основные экономические параметры, которые позволят сделать соответствующие выводы, а именно:

- рассчитать полную себестоимость выполнения анализируемой операции по вариантам;
- определить капитальные вложения в проектируемый технологический процесс;
- и произвести расчеты показателей экономической эффективности предложений по совершенствованию процесса.

Все перечисленные параметры определяются по соответствующим методикам, представленным в учебно-методическом пособии по выполнению экономического раздела выпускной квалификационной работы [11], с применением программного обеспечения Microsoft Excel.

На величину полной себестоимости оказывают влияние такие параметры как: технологическая себестоимость, цеховые, заводские и внепроизводственные расходы. Максимальное влияние на конечный результат, из перечисленных параметров, оказывает технологическая себестоимость, поэтому на рисунке 4 показаны элементы, из которых формируется эта себестоимость.

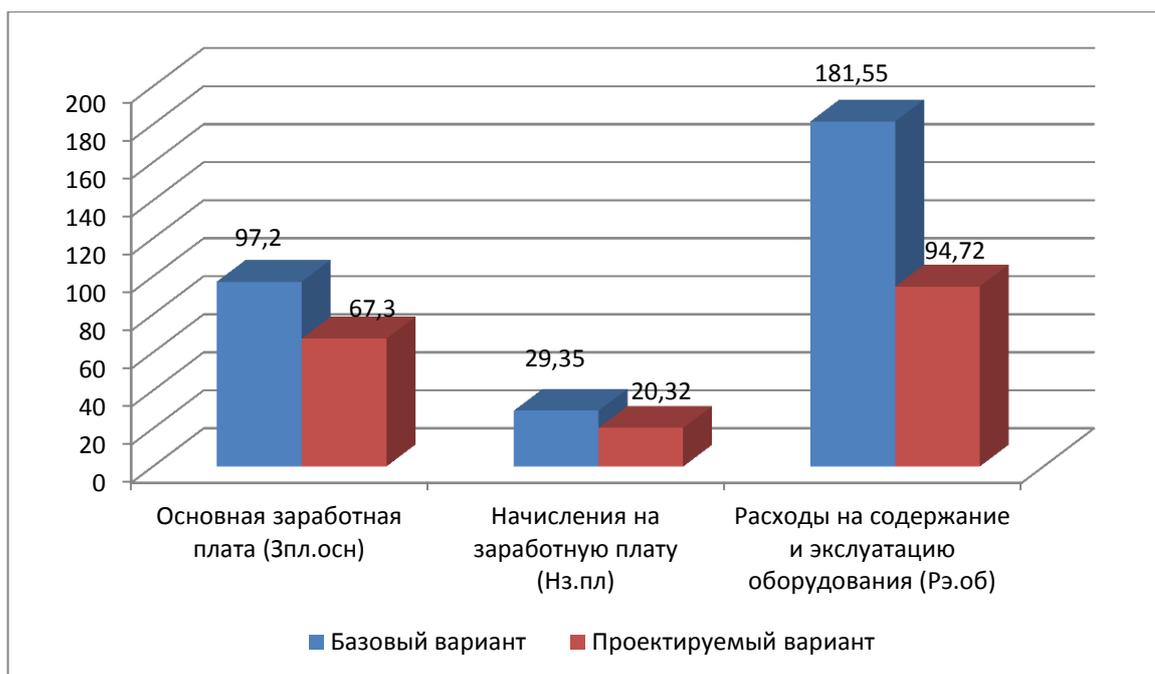


Рисунок 4 – Элементы технологической себестоимости одной операции, сравниваемых вариантов технологического процесса, руб.

Из рисунка 4 видно, что все показатели: основная заработная плата, начисления на заработную плату и расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, имеют тенденция к снижению. Максимальную долю в общем объеме технологической себестоимости составляют расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, в базовой варианте эта доля составляет 58,9%, а в проектном – 51,9%. Это связано с тем, что имеются весомые расходы на такие статьи как:

- расходы на электроэнергию, по причине высокой мощности главного привода используемого оборудования;

– расходы на площадь, по причине значительных габаритов применяемого оборудования;

– и расходы на восстановление и эксплуатацию управляющей программы, из-за сложной программы перемещения инструментов и их существенного количества.

Представленное на рисунке 4 значение основной заработной платы является основой для определения описанных выше расходов (цеховых и заводских). Учитывая тот факт, что основная заработная плата имеет тенденция к снижению в проектируемом варианте, уменьшение составило 30,8%, то можно говорить о снижении этих расходов, сравнивая их значения по вариантам технологического процесса. Соответственно произойдет и снижение цеховой, заводской и полной себестоимостей.

На рисунке 5 показаны величины всех видов себестоимостей, при выполнении анализируемой операции.

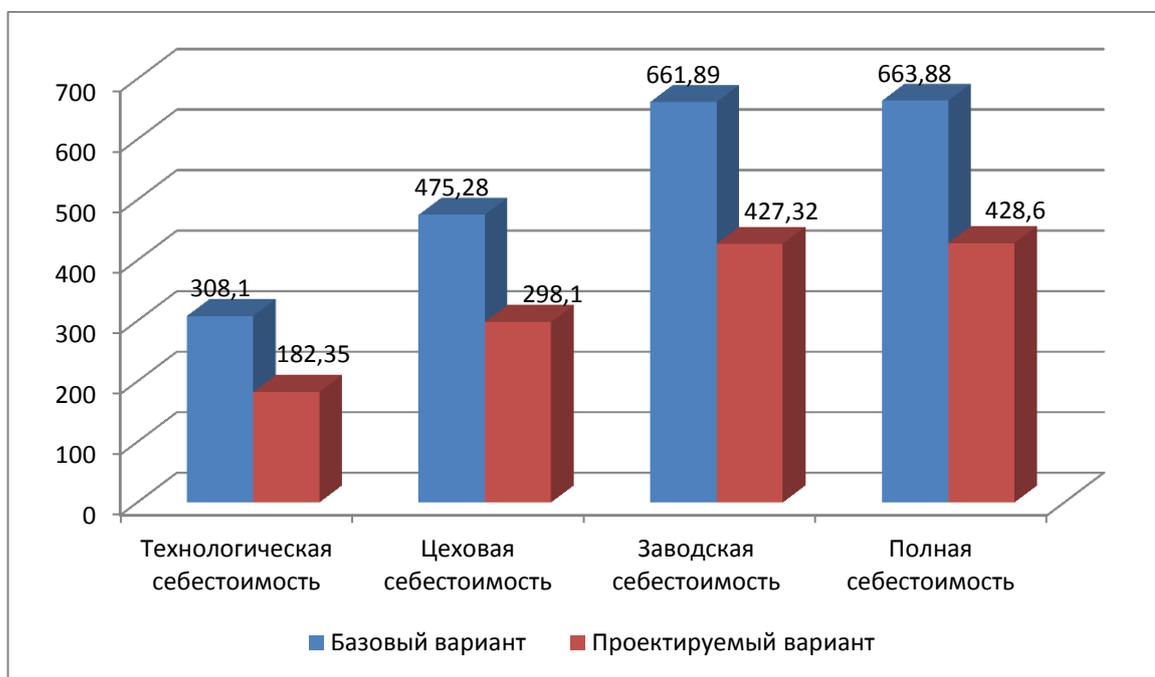


Рисунок 5 – Виды себестоимости и их значения по вариантам технологического процесса, руб.

Из рисунка 5, видно, что в проектируемом варианте, все указанные виды себестоимости имеют тенденцию к снижению, в среднем себестоимость сократилась на 36,5%, а величина полной себестоимости изменилась на 35,4% в меньшую сторону.

Чтобы принять решение об эффективности предложенных мероприятий, необходимо знание величины капитальных вложений в проект. Учитывая то, что совершенствования касаются оборудования и приспособления, то капитальные вложения будут складываться из суммы затрат: на проектирование, на приспособление, на приобретение нового оборудования, его доставку и монтаж и т.д. Полный перечень затрат в проектируемый вариант технологического процесса и их доля в общем объеме капитальных вложений, которые составляют 524883,6 руб., представлен на рисунке 6.



Рисунок 6 – Доля затрат в общем объеме капитальных вложений, %

Представленные на рисунке 6 значения, позволяют сделать вывод о том, что наибольшее влияние на величину капитальных вложений оказывают:

- капитальные вложения в основное технологическое оборудование, доля которого составляет 77,3%;
- и затраты на доставку, монтаж и транспортные средства – 13,9%.

Имея значения величины капитальных вложений и полной себестоимости можно провести экономическое обоснование целесообразности внедрения предложенных изменений в технологический процесс.

Для проведения таких расчетов необходимо последовательно определить следующие значения:

- ожидаемую и чистую прибыль,
- срок окупаемости финансовых вложений,
- общий дисконтированный доход и экономический эффект от внедрения.

Согласно проведенным расчетам по определению указанных значений можно сделать вывод об эффективности предлагаемых мероприятий, так как экономический эффект составит 63587,5 руб., что является положительной величиной данной величины, а это является обязательным условием. Капитальные вложения в проект окупятся в течение 4-х лет, что тоже является допустимым значением.

### **Вывод по разделу**

Основываясь на двух весомых показателях: экономическом эффекте и сроке окупаемости, можно делать итоговый вывод – предложенные мероприятия по замене оборудования и оснастки являются эффективными.

## Заключение

В работе представлен технологический процесс изготовления шпинделя шлифовальной бабки. Для условий мелкосерийного производства был выбран способ получения исходной заготовки - штамповка. С учетом конфигурации детали, ее материала, типа производства, назначены припуски и допуски на размеры штамповки. Для самой точной поверхности был произведен расчет припусков аналитическим способом. Учитывая современные тенденции машиностроения в плане использования высокопроизводительного инструмента, автоматизированных станков, которые формируют операции по принципу концентрации, выбраны технологические переходы для отдельных поверхностей и затем они объединены в технологические операции. Для всех этапов технологии изготовления шпинделя было выбрано оборудование, соответствующие зажимные приспособления для фиксации заготовки. Для повышения эффективности обработки выбран современный высоко стойкий инструмент со сменными режущими пластинами, которые оптимизированы по служебному назначению для черновых и чистовых операций по конфигурации и материалам покрытий. Особое внимание в технологическом процессе обращалось на обработку глубокого отверстия, которое проходит через всю деталь. Чтобы снизить время обработки и исключить появление брака, связанного с уводом инструмента, предлагается реализовать технологический переход по обработке этого отверстия с помощью одно кромочного ружейного сверла с внутренним подводом СОЖ. Чтобы снизить число единиц технологического оборудования в технологическом процессе изготовления шпинделя, предлагается реализация данного перехода на токарно фрезерном центре, оснащенным системой адаптации с приводной посадочной позицией под данный инструмент. Адаптер позволяет осуществлять внутренний подвод СОЖ, а также реализует функцию стружко приемника для сбора стружки и фильтрации технологической среды.

Также спроектировано приспособление - самоцентрирующей трех кулачковый патрон с механизированным зажимом, которое является точным и надежным согласно расчету. Выбранное усилие зажима обеспечивает гарантированную фиксацию заготовки при минимальной погрешности от сил закрепления. Одно кромочное сверло, специализирующееся на обработке глубоких отверстий, при максимально возможной производительности, что обеспечивается подачей в зону резания СОЖ и непрерывным удалением стружки оттуда, дает точное расположение оси и его прямолинейность. Это существенно для быстровращающегося шпинделя и положительно сказывается на его общей сбалансированности. Все операции технологии изготовления шпинделя были проанализированы на опасные и вредные производственные факторы, для которых предлагаются меры по снижению их влияния. Экономический раздел содержит все необходимые расчеты для подтверждения правильности выбранных изменений в технологии изготовления шпинделя.

## Список используемых источников

1. Антонюк В. Е. Конструктору станочных приспособлений [Текст] : справ. пособие / В. Е. Антонюк. - Минск : Беларусь, 1991. - 400 с. : ил.
2. Белоусов А. П. Проектирование станочных приспособлений [Текст] : учеб. пособие для техникумов / А. П. Белоусов. - 3-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Высш. шк., 1980. - 240 с. : ил. - Библиогр.: с. 240.
3. Бушуев В. В. Практика конструирования машин [Текст] : справочник / В. В. Бушуев. - Москва : Машиностроение, 2006. - 448 с. : ил. - (Библиотека конструктора). - Библиогр.: с. 438-439. - Прил.: с. 440-448. - ISBN 5-217-03341-X : 500-00.
4. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве [Текст] : учеб. пособие / Л. Н. Горина. - Гриф УМО. - Тольятти : ТолПИ , 2000. - 79 с. : ил. - Библиогр.: с. 79. - 1-00. 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. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.
6. Долин П. А. Справочник по технике безопасности [Текст] / П. А. Долин. - 6-е изд., перераб. и доп. - Москва : Энергоатомиздат, 1985. - 823 с. : ил. - Библиогр.: с. 797-802.
7. Допуски и посадки [Текст] : справочник. В 2 ч. Ч. 1 / В. Д. Мягков [и др.]. - 6-е изд., перераб. и доп. - Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1982. - 543 с. : ил.
8. Допуски и посадки [Текст] : справочник. В 2 ч. Ч. 2 / В. Д. Мягков [и др.]. - 6-е изд., перераб. и доп. - Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. - 447 с. : ил. - Библиогр.: с. 443. - Прил.: с. 444-446.

9. Дьячков В. Б. Специальные металлорежущие станки общемашиностроительного применения [Текст] : справочник / В. Б. Дьячков, Н. Ф. Кабатов, М. У. Носинов. - Москва : Машиностроение, 1983. - 286, [1] с.

10. Зубарев Ю. М. Специальные методы обработки заготовок в машиностроении [Текст] : учеб. пособие для студентов машиностр. вузов / Ю. М. Зубарев. - Гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 400 с. : ил. - (Учебник для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 392-395. - ISBN 978-5-8114-1856-5 : 1091-00.

11. 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.

12. Зуев А. А. Технология машиностроения [Текст] : учеб. для вузов / А. А. Зуев. - 2-е изд., испр. и доп. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2003. - 496 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 491-492. - ISBN 5-8114-0470-0 : 175-90.

13. Марочник сталей и сплавов [Текст] / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с. : ил. - Библиогр.: с. 773-782. - Прил.: с. 585-772. - ISBN 5-217-03177-8 : 6230-35.

14. Михайлов А. В. Основы проектирования технологических процессов машиностроительных производств [Текст] : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / А. В. Михайлов, Д. А. Расторгуев, А. Г. Схиртладзе. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2016. - 335 с. : ил. - Библиогр.: с. 332-335. - ISBN 978-5-94178-193-5. - 458-18.

15. 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.

16. 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. : ил. - Библиогр.: с. 55-56. - Прил. : с. 57-140. - ISBN 978-5-8259-0817-5 : 1-00.

17. 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. : ил. - Библиогр.: с. 31-34. - ISBN 978-5-8259-1145-8.

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

19. Справочник контролера машиностроительного завода [Текст] : допуски, посадки, линейн. измерения / А. Н. Виноградов [и др.] ; под ред. А. И. Якушева. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 1980. - 527 с. : ил. - (Серия справочников для рабочих). - Библиогр.: с. 516-517. - Предм. указ.: с. 518-527.

20. Станочные приспособления [Текст] : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлениям подготовки 15.03.05 (151900) "Конструкторско-технол. обеспечение машиностроит. пр-в", "Автоматизация технол. процессов и пр-в (машиностроение)" / В. В. Клепиков [и др.]. - Гриф УМО. - Москва : Форум, 2016. - 318 с. : ил. - Библиогр.: с. 314. - Прил.: с. 254-313. - ISBN 978-5-00091-121-1. - 639-82.

21. Станочные приспособления [Текст] : справочник. В 2 т. Т. 1 / А. И. Астахов [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 591 с. : ил. - Библиогр.: с. 585. - Предм. указ.: с. 588-591.

22. Схиртладзе А. Г. Станочные приспособления [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. Г. Схиртладзе, В. Ю. Новиков. - Гриф МО. - Москва : Высш. шк., 2001. - 110 с. : ил. - ISBN 5-06-003988-9 : 110-00.

23. Схиртладзе А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств [Текст] : учеб. пособие. Т. 1 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 547 с. : ил. - Библиогр.: с. 531-544. - ISBN 978-5-94178-160-7 : 463-50.

24. Схиртладзе А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств [Текст] : учеб. пособие. Т. 2 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 518 с. : ил. - Библиогр.: с. 502-515. - ISBN 978-5-94178-122-5 : 463-50.

25. Технология машиностроения [Текст] : учеб. для вузов. В 2 т. Т. 2. Производство машин / В. М. Бурцев [и др.] ; под ред. Г. Н. Мельникова. - Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. - 640 с. : ил.

26. Технология машиностроения [Текст] : учеб. для вузов. В 2 т. Т. 1. Основы технологии машиностроения / В. М. Бурцев [и др.] ; под ред. А. М. Дальского. - Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. - 564 с. : ил. - Библиогр.: с. 559.

27. Технология машиностроения: учебник/А. А. Маталин.- Изд. 4-е, стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2016. - 512 с.

Приложение А

Технологическая документация

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1													
Дуол.													
Взам.													
Подп.													
									2	1			
Разраб.	Титов К.О.												
Проверил	Расторгуев Д.А.												
Утвердил	Логоинов Н.Ю.												
Н. контр.	Расторгуев Д.А.												
Шпindelь													
Сталь 40ХН ГОСТ 4543-71													
М 01	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	МЗ			
М 02	10	кг	124,2	1	1	0,69	22	410x630	1	180			
А	Цех Уч.	РМ	Опер.	Код. наименование операции							Обозначение документа		
Б	Код. наименование оборудования		СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Плз.	Тшт.
А03	000 Штамповка заготовительная												
Б04	005 Правка												
А05	005 Правка												
Б06	005 Правка												
Б07	Пресс ДА0242												
А08	010 5000 Термическая обработка												
Б09	010 5000 Термическая обработка												
А10	015 4167 Токарно-фрезерная												
Б11	Токарно-фрезерный LB45II-M Sx3000												
А12	020 5000 Термическая обработка												
Б13	Круглошлифовальный станок 3Т160												
А14	025 4132 Центрошлифовальная												
Б15	Центрошлифовальный станок 3929Е												
А16	030 4145 Торцевкругло шлифовальная												
МК	Маршрутная карта									1			

Продолжение приложения А

ГОСТ 3.1118-82 Форма																	
Дубл.																	
Взам.																	
Тюдл.																	
										2							
									Шпindelь								
А	Цех	Уч.	РМ	Юлер.	Код. наименование операции	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тлз	Тшт.	
Б	Код. наименование оборудования																
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала																
Б01	Торцекруглошлифовальный 3Т153Е																
А02	035	4140	Круглошлифовальная														
Б03	Круглошлифовальный станок 3М160																
А04	040	4135	Резьбошлифовальная														
Б05	Резьбошлифовальный 5Д822В																
Т06	045	4132	Внутришлифовальная														
Т07	Внутришлифовальный станок 3К229В																
Т08	050	0125	Промывка														
Т09	Моечная машина																
10	055	0200	Контроль														
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
МК	Маршрутная карта															2	







Продолжение приложения А

Дуол. Взам. Гюол.		ГОСТ 3.1105-84 Форме										3
												010
		Шлидель										
		<p>Technical drawing of a shaft with the following dimensions and features:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Overall diameter: <math>\phi 105_{-0.18}^{0}</math></li> <li>Section diameter: <math>\phi 63_{-0.25}^{0}</math></li> <li>Section diameter: <math>\phi 80.5_{-0.2}^{0}</math></li> <li>Section diameter: <math>\phi 74_{-0.03}^{0}</math></li> <li>Surface finish: <math>Ra 3.2</math></li> <li>Section A is indicated at the bottom.</li> </ul>										
КЭ	Карта эскизов										6	









