

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 шпинделя настольного станка

Обучающийся	<u>Л.А Вдовин</u> (Инициалы Фамилия) _____ (личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент Д.А. Расторгуев</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)
Консультанты	<u>канд. экон. наук, доцент Е.Г. Смышляева</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)
	<u>канд. физ. – мат. наук, доцент Д.А. Романов</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

Аннотация

В выпускной работе спроектирован технологический процесс изготовления шпинделя. Данная деталь является приводным элементом в конструкции настольного станка. Для проектирования технологического процесса, отвечающего всем современным требованиям по точности, производительности и экологичности, проанализирована конструкция шпинделя на соответствие техническим требованиям по условиям работы, а также выполнен анализ ее технологичности. Из-за обработки высокоточных отверстий необходимо использовать много переходную технологию с последовательно работающими режущими инструментами. При проектировании технологии изготовления шпинделя, отвечающей современным экономическим требованиям, были получены следующие результаты. Методики расчета, выбранные типы станков и оснащения соответствуют конкретным условиям среднесерийного типа производства, определенных заданием. Для среднесерийного типа производства выбрана заготовка в виде горячекатаного проката. По результатам ее проектирования рассчитаны технологические припуски на обработку и определены операционные размеры. На основе технических требований по точности и качеству, указанных на рабочем чертеже шпинделя, выполнен подбор необходимых технологических переходов. С использованием базового техпроцесса сформирован технологический маршрут изготовления шпинделя, который обеспечивает повышение эффективности его изготовления по все показателям за счет выбора современного оборудования и инструмента. Для этого спроектированы технологические операции с использованием разработанного приспособления и режущего инструмента. Обеспечены необходимые мероприятия по защите от вредных производственных факторов. Экономический раздел подтверждает правильность выбранных технических решений по изменению базового техпроцесса.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	7
1.1 Анализ назначения детали	7
1.2 Классификация поверхностей	7
1.3 Анализ технологичности конструкции детали.....	8
1.4 Задачи работы	9
2 Разработка технологии изготовления	10
2.1 Тип производства.....	10
2.2 Выбор метода получения заготовки	10
2.3 Проектирование заготовки	13
2.4 Выбор технологических баз	15
2.5 Разработка технологического маршрута.....	17
2.6 Выбор средств оснащения	19
2.7 Расчет режимов резания.....	22
2.8 Нормирование	26
3 Разработка специальной технологической оснастки	30
3.1 Проектирование приспособления	30
3.2 Проектирование инструмента	36
4 Экологичность и безопасность проекта.....	39
5 Экономическая эффективность работы	43
Заключение	47
Список используемых источников.....	48
Приложение А Технологические карты	52
Приложение Б Спецификация приспособления	59
Приложение В Спецификация инструмента	60

Введение

В работе необходимо спроектировать деталь - шпиндель, которая входит в конструкцию станка.

Станок - это устройство, предназначенное для выполнения определенных технологических операций. Его конструкция состоит из основных деталей: станина, рабочий орган, привод главного движения и приводы движений подач, система управления и дополнительные элементы [2].

Станина - это основная деталь станка, на которую устанавливаются все остальные детали и сборочные узлы станка. Она обеспечивает его жесткость и устойчивость при обработке заготовок на ней, а также служит опорой для рабочего органа, где фиксируется инструмент. Станина должна быть изготовлена из материала, обладающего высокой прочностью и износостойкостью. Сама конструкция станины должна иметь высокую жесткость и виброустойчивость [24].

Под рабочим органом станка подразумевают сборочный узел, в который вставляется инструмент и который непосредственно выполняет обработку заготовки. Он может быть выполнен как резцедержатель, револьверная головка, поворотная головка. В них устанавливают различные инструменты, такие как фрезы, сверла, резцы [17].

Привод и главного движения и подачи - это электромеханические устройства, которые обеспечивают главное движение (движение резания) и перемещение рабочего органа относительно заготовки. Обычно он состоит из электродвигателя различной мощности, коробки передач и системы управления. За счет подбора своих характеристик такая система обеспечивает необходимую мощность при нагружении и скорость движения. Повысить эффективность работы приводов могут устройства управления для плавного регулирования скорости вращения. Главной эксплуатационной

характеристикой является обеспечение высокой надежности и долговечности [11].

Система управления - это совокупность устройств, обеспечивающих согласованное управление работой различных механизмов станка. Она включает в себя органы управления, датчики, электронные блоки и программное обеспечение. Данный элемент в настоящее время является ключевым для обеспечения точной и производительной обработки.

Дополнительные элементы - это детали, которые могут быть установлены на станке для расширения его технологических возможностей. К ним относятся вспомогательный инструмент, дополнительные устройства для крепления заготовок, системы охлаждения, системы сбора стружки, защитные и предохранительные устройства [23].

Работа станка заключается в выполнении технологических операций по обработке заготовок с помощью рабочего органа под управлением системы программирования. Заготовка относительно рабочего органа приводится во вращение при помощи шпинделя.

Шпиндель станка - это один из основных элементов станка, который обеспечивает необходимую траекторию вращения или поступательного перемещения инструмента или заготовки во время обработки. Поэтому к шпинделю предъявляются комплексные требования по точности размеров, расположения и формы для того, чтобы обеспечить необходимые точностные требования по станку.

Конструкция шпинделя должна обладать высокой жесткостью для обеспечения точности обработки и предотвращения вибраций. Но из-за их конструктивных особенностей (обычно достаточно тонкая стенка), это требование, как правило, не удовлетворяется.

Для достижения высокой производительности станка шпиндель должен обеспечивать высокую скорость вращения. Это, с учетом предыдущего требования, тоже не всегда обеспечивается на необходимом уровне и

требуется вводить виброгасители для снижения уровня возмущений при высоких оборотах.

У шпинделя траектория движения должна быть точной и стабильной. Из-за возможных процессов, связанных с релаксацией остаточных технологических напряжений внутри материала шпинделя при его не высокой жесткости, могут возникать самопроизвольные коробления с потерей точности расположения базовых поверхностей. Это может привести к разбалансировке детали, ее значительной вибрации с потерей точности и качества при эксплуатации станка.

Так как шпиндель один из наиболее нагруженных элементов станка, он должен обладать высокой надежностью в работе и долговечностью для обеспечения продолжительной эксплуатации станка с заданными конструкторскими показателями.

Технологически указанные требования к шпинделям станков обеспечить трудно.

Для изготовления шпинделя необходимо использовать высокопрочный и износостойкий материал, что также может повысить трудности при обработке детали.

Поэтому разработка такого технологического процесса, который обеспечил бы все, вышеуказанные требования в совокупности, является важной задачей, которая и решается в данной работе.

1 Анализ исходных данных

1.1 Анализ назначения детали

Шпиндель является несущей опорой вращающегося внутри штока, который входит в конструкцию настольного станка, в котором будет происходить фиксация режущего инструмента.

Шпиндель имеет базовую поверхность под установку в направляющее отверстие корпуса, по которым происходит установка в корпус.

Внутри расположена система точных отверстий, в которых расположены подшипниковые опоры для зажимного штока.

1.2 Классификация поверхностей

Чтобы выбрать технические требования, классифицируем поверхности по функциональному назначению (рисунок 1).

Основная конструкторская базой шпинделя направляющая поверхность 18.

Все отверстия, кроме 13 являются вспомогательными базами.

Также к ним относятся радиальные ступенчатые отверстия, а также шпоночный паз.

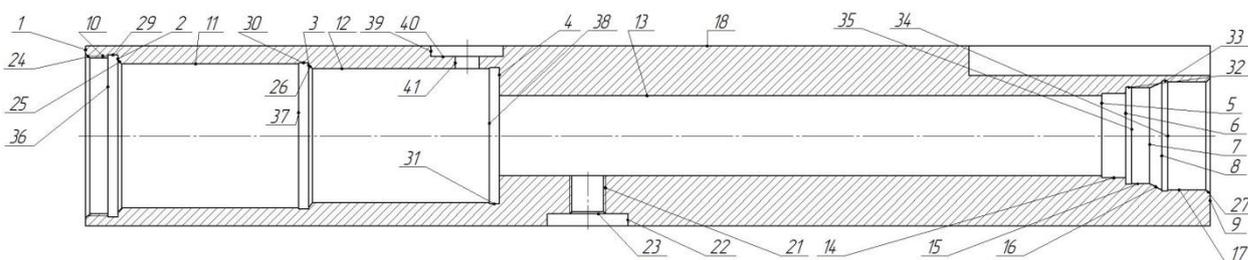


Рисунок 1 – Эскиз с поверхностями шпинделя

Чтобы обеспечить прочность и износостойкость шпинделя принимаем в качестве материала сталь 40Х ГОСТ 4543-7. Его состав и свойства указаны в [8].

1.3 Анализ технологичности конструкции детали

Шпиндель является высокоточной деталью.

Конструкторские требования к элементам детали соблюдаются по соответствующим стандартам и ГОСТам. Унификация и стандартизация обеспечены при конструировании.

Данная на чертеже конструкция шпинделя технологичная с точки зрения получения заготовки. Наружная поверхность гладкая цилиндрическая, хотя и имеет высокие требования по точности. Но ее обработка затруднений не вызывает.

Установка заготовки с поджимом задним центром не подходит из-за сквозного отверстия. Поэтому необходимо использовать двух опорную схему установки шпинделя в патроне и люнете [20].

Центральное отверстие труднодоступно, так как оно имеет большую протяженность. Его длина 560 мм через всю заготовку при диаметре 36 мм. Технология обработки данного отверстия с нуля будет много переходной, так как требуется обеспечить большой вылет режущего инструмента [6].

Обработка точных ступенчатых отверстий с двух сторон требует переустановки заготовки на операции по их растачиванию или внутреннему шлифованию. За счет переустановки возникает дополнительная составляющая отклонения расположения этих поверхности между собой по соосности. Поэтому для технологических требований требуется пересчет для их ужесточения.

На внутришлифовальной операции обработка будет сложным процессом из-за вылета инструментальной головки с шлифовальным кругом.

Также к труднодоступным элементам можно отнести канавки под выход инструмента, расположенные внутри отверстий.

Радиальные отверстия являются еще одним не технологичным конструктивным элементом, так как поверхность для врезания сверла является цилиндрической. Это приводит к уходу режущего инструмента и его возможной поломке.

При установке заготовку можно базировать как по внутренним, так и наружным поверхностям. При использовании базирования по отверстиям необходимо задействовать оправки с дополнительными установочными элементами в виде грибковых центров, так как центральное отверстие сквозное и большого диаметра.

Жесткость конструкции в середине заготовки обеспечивается за счет большой толщины стенок. При обработке высокоточных отверстий, расположенных по краям, необходимо корректировать силы резания для исключения предельной деформации стенок шпинделя. В качестве дополнительной опоры можно использовать люнет.

Шпиндель по совокупности показателей можно считать нетехнологичным из-за ряда проблем, указанных выше. В целом деталь можно отнести к не технологичным конструкциям.

1.4 Задачи работы

Перед выполнением технологической и конструкторской частей работы необходимо определить цель, которая заключается в разработке технологии изготовления шпинделя в количестве 1000 деталей в. Задачи работы соответствуют пунктам задания на работу.

Выводы по разделу

В разделе выполнен анализ технологичности шпинделя. Сформулирована цель работы..

2 Разработка технологии изготовления

2.1 Тип производства

Первым этапом проектирования технологического процесса изготовления деталей является выбор типа производства, который задает все характеристики будущего технологического процесса [13]. Выбор типа производства по серийности для конкретной ситуации определяет как методы проектирования технологии, так и сами ее параметры.

Для выбора серийности производства используются исходные данные, главными из которых является прогнозируемый объем спроса на продукцию. В работе он определяется годовым объемом выпуска. От объема выпуска зависит размер партии запуска и частота выпуска детали с заданной периодичностью [18].

Выбор по коэффициенту закрепления операций здесь из-за отсутствия информации не используется. Дополнительным фактором является масса детали.

По этим двум параметрам выбран среднесерийный тип производства [14].

Для него характерны использование упрощенных методов проектирования (по общим припускам) и выбора исходной заготовки [12], расчетов операционных размеров и припусков, а также нормирования технологических операций [10].

2.2 Выбор метода получения заготовки

Для выбора переходов сначала необходимо определить тип заготовки, а также ее размеры [12]. Факторы, влияющие на величину припуска, разнообразные и касаются метода получения заготовки, размеров, материала, типа производства.

Более высокая точность заготовительного метода (для стали 40Х это или точное литье, например в оболочковые формы или точный прокат) формирует меньший припуск. Для литья можно сформировать отверстия, для проката - нет. Припуск зависит от выбранного метода и оборудования, которое используется для его реализации. Использовать литье не целесообразно. Выбранный материал - углеродистая низколегированная сталь имеет плохие технологические литейные свойства. После получения заготовки в виде отливки она будет иметь значительные остаточные технологические напряжения. Это связано с большим перепадом толщины стенки, от 30 мм в середине заготовки до менее, чем 10 мм по краям. Это будет приводить к значительному короблению, как в процессе изготовления, так и при эксплуатации. Поэтому отказываемся от литейного способа.

При выборе заготовки ориентируемся на внешний контур детали. Так как это простой цилиндр, наиболее подходящим способом получения заготовки является прокат. Формирование отверстия в заготовке не возможно из-за большого перепада диаметров внешней поверхности и сквозного отверстия. Делать его на заготовительном этапе при помощи прошивки в данном случае не возможно из-за технологических ограничений по прочности инструмента. Соотношение длины к диаметру больше 10.

Размер и форма детали в данном случае ведут к средним припускам. С одной стороны большая деталь (длина более 0,5 м). С другой стороны, форма заготовки максимально простая.

«Масса прутка:

$$M = \frac{\pi d^2}{4} l \rho, \quad (1)$$

где d – диаметр заготовки, м;

l – длина штучной заготовки, мм;

ρ – плотность стали 40Х, кг/мм³» [13].

Припуск на обработку табличный [16]. Для длины добавляем 2,5 мм на сторону. Тогда масса прутка

$$M = \frac{\pi \cdot 0,095^2}{4} \cdot 0,565 \cdot 7850 = 31,4 \text{ кг.}$$

«Себестоимость изготовления C_T шпинделя на заготовительный этап и механическую обработку

$$C_T = C_{\text{заг.}} \cdot M + C_{\text{мех.}} \cdot (M - m) - C_{\text{отх.}} \cdot (M - m), \quad (2)$$

где $C_{\text{заг.}}$ – стоимость базовой заготовки, руб/кг;

$C_{\text{мех.}}$ – стоимость обработки, руб/кг;

m – масса шпинделя, кг;

$C_{\text{отх.}}$ – цена лома, руб/кг» [12].

«Затраты на обработку

$$C_{\text{мех.}} = C_c + E_n \cdot C_k, \quad (3)$$

где C_c – текущие затраты, руб/кг;

E_n – коэффициент эффективности вложений;

C_k – капитальные затраты, руб/кг» [12].

Для выбранной отрасли

$$C_{\text{мех.}} = 4,7 + 0,15 \cdot 10,39 = 5,11 \text{ руб/кг.}$$

Прокат

$$C_{\text{заг.}} = C_{\text{пр.}} \cdot h_{\text{ф}}, \quad (4)$$

где $C_{\text{пр.}}$ – цена 40Х, руб/кг;

$h_{\text{ф}}$ – коэффициент формы ($h_{\text{ф}} = 1$).

$$C_{\text{заг.}} = 18,45 \cdot 1 = 18,45 \text{ руб./кг.}$$

$$C_{т.пр.} = 21,5 \cdot 18,45 + 5,11 \cdot 32 - 21,5 - 1,4 \cdot (32 - 21,5) = 435 \text{ руб.}$$

Затраты на прокат ориентировочно 435 руб (цены условные).

2.3 Проектирование заготовки

При проектировании проката можно использовать табличный припуск по переходам. С учетом справочных данных выбираем двух опорную схему для установки вала, так как шпиндель представляет собой по наружному контуру фактически шток. В реальности данная схема будет без поджима по центральным отверстиям, а реализована будет с помощью технологической опоры – люнета [20].

С учетом высокой точности наружной цилиндрической поверхности необходимо выполнить по ней три или четыре последовательных перехода. В данном случае это будут переходы по обтачиванию и круглому шлифованию. Выбираем два перехода по точению и два перехода по шлифовке.

Суммарный припуск, указанный в таблице [10] на диаметр, поэтому данное значение просто прибавляем к размеру детали. С учетом ограниченного сортамента проката по диаметрам, полученный результат округляем в ближайшую большую сторону.

Торцовые поверхности в данном технологическом процессе будут обрабатываться не типовым фрезерным переходом, а подрезкой торцов при помощи токарного резца. В данном случае необходимо выполнить также несколько технологических переходов. При проектировании заготовки выбираем черновое и чистовое подрезания. Суммируем припуски и удвоенное их значение прибавляем к общей длине шпинделя, указанной на чертеже. Способ резки прутка определяет допуск на длину. Он определяется методом отрезания на круглопильном станке дисковой фрезой со вставными твердосплавными зубьями.

Пространственные отклонения - величина коробления $\rho_{кор}$ возникает на заготовительном этапе. Она рассчитывается через длину заготовки (565 мм).

В результате первого этапа технологического процесса формируются чистовые технологической базы, к которым относят центровые отверстия. Эти отверстия получают с заданной погрешностью $\rho_{ц}$. Они являются табличными и зависят от размеров и точности базовых шеек для первой установки заготовки при выполнении зацентровки (квалитет 15 и погрешность диаметра равна 1,8 мм).

Общая погрешность

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2}, \quad (5)$$

«где $\rho_{кор}$ - коробление, мкм;

$\rho_{см}$ – отклонение от соосности, мкм» [13].

С учетом длины шпинделя l

$$\rho_{кор} = \Delta_k \cdot l, \quad (6)$$

где Δ_k – приведенное коробление, мкм/мм;

l – половина длины шпинделя, мкм.

$$\rho_{кор} = 2,5 \cdot 275,5 = 689 \text{ мкм.}$$

Общая погрешность заготовки

$$\rho_{заг} = \sqrt{0,689^2 + 1,3^2} = 1,5 \text{ мм.}$$

Уточнение

$$\rho_i = k_i \cdot \rho_{заг}, \quad (7)$$

где k_i – коэффициент обработки.

Расчётные формулы и стандарты для определения припуска [14] используются для методики обеспечения точности на настроенном оборудовании.

Далее через минимальный размер ведется расчет размеров на предыдущем переходе, через допуск расчет максимального размера и последним шагом находится максимальный припуск (таблица 1).

Типовой расчет ведется от минимального припуска, для которого находятся все составляющие. Они включают погрешность расположения, суммарный слой по шероховатости и дефектной структуре снимаемого слоя и погрешность установки.

Таблица 1 - Расчет размеров

Переход	Допуск, мкм	Размер, мм		Припуск, мкм	
		d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}^{np}$	$2z_{\max}^{np}$
Заготовка	1,8	94,8	96,6	-	-
Точение черновое чистовое	0,35	90,82	91,17	4	5,43
	0,14	90,43	90,57	0,39	0,6
Шлифование черновое чистовое	0,054	90,146	90,2	0,28	0,37
	0,022	89,978	90	0,168	0,2

Результирующие данные выведены на рисунке 2.

2.4 Выбор технологических баз

Вместо поджима задним центром используем самоцентрирующий трех опорный люнет, который также имеет механизированный привод зажима. Особенностью его использования является компоновка. Она двух рычажная с центральным штоком. Это дает возможность сцентрировать крайнее по вылету сечение заготовки. При этом режущий инструмент может данную зону свободно обрабатывать [23].

Для повышения надежности работы режущего инструмента опорные ролики люнета имеют защитные кожухи, которые предохраняют от попадания в зону контакта образующейся при обработке стружки.

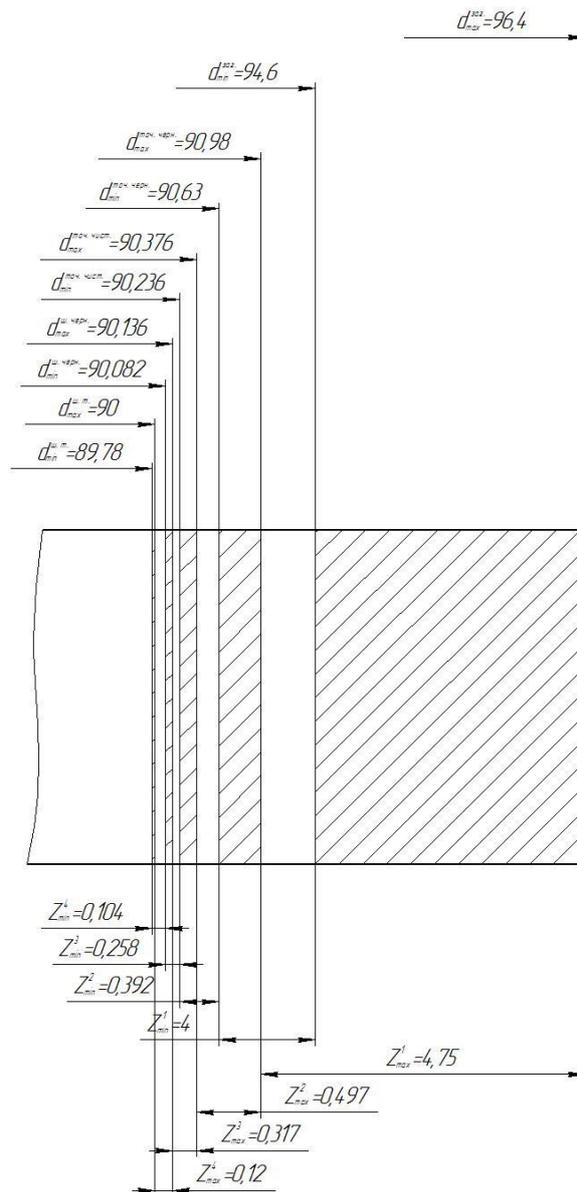


Рисунок 2 - Схема операционных размеров

Кроме этого, двух роликовая качающаяся система опор обеспечивает непрерывное отслеживание базовой поверхности, когда зона резания проходит под люнетом.

На рисунке 3 приведена типовая схема базирования.

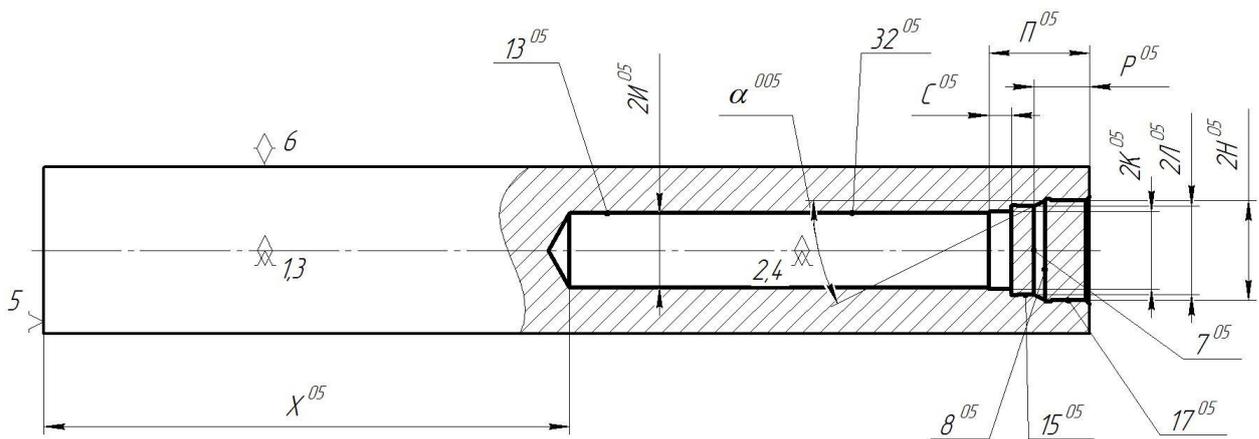


Рисунок 3 - Схема базирования шпинделя на установке Б операции 005

Выбранная схема установки обеспечивает максимальную точность за счет совмещения всех видов базовых поверхностей.

2.5 Разработка технологического маршрута

Выбор технологических переходов на остальные поверхности ведем с учетом выбранного метода получения заготовки - горячекатаного проката нормальной точности. С учетом технических требований по качеству и шероховатости выбираем методы обработки [16].

Для упрощения проектирования сгруппируем все поверхности по четырем типам.

Первый - это наружная цилиндрическая поверхность, для которой уже определена последовательность технологических переходов в виде двух точений и двух шлифований.

Вторая группа поверхностей - это отверстия, которые обрабатываются различными способами. Для данной детали можно эти поверхности разделить на три типа. Сквозное центральное отверстие будет обрабатываться при помощи сверления. Боковые высокоточные проточки под установку базовых элемента станка будут обрабатываться черновым и

чистовым растачиванием. Для окончательной обработки выбираем внутреннее шлифование.

Радиальные отверстия требуют другой последовательности обработки. Сначала производим зацентровку при помощи укороченного сверла, так как это отверстие радиальное и входная поверхность имеет цилиндрический вид. После этого производится работа на проход по сверлению на всю глубину. Заканчивается обработка таких отверстий цекованием для формирования расточки.

Третья группа поверхностей - это резьбовые, которые будут обеспечиваться резьбонарезанием токарным резьбовым резцом.

Четвертая группа - это пазы, которые обрабатываются при помощи концевого фрезерования.

Данная последовательность технологических переходов распределяется по технологическим операциям маршрута обработки шпинделя в условиях среднесерийного производства.

По выбору оборудованию, из-за постоянной смены номенклатуры выпускаемых изделий в среднесерийном производстве, необходима гибкость в организации производственного процесса, то есть способность переходить с минимальными непроизводительными затратами на выпуск других наименований изделий. Наиболее полным образом удовлетворяет этим требованиям оборудование с числовым программным управлением. Необходимо также обеспечивать соответствующую квалификацию рабочих, занятых на таких операциях [24].

Это влечет за собой дополнительные затраты по стоимости оборудования и соответствующего инструмента. Стоимость расходных материалов может вырасти (режущих пластин, материалов и комплектующих для обслуживания станков).

Но высокопроизводительные станки за счет сокращения основного времени, минимального времени переналадки снижают себестоимость, так

как загрузка таких станков будет максимальной, а количество операций и переходов минимально.

Технология включает два этапа – токарный лезвийный и после термообработки, шлифовальный. В следующем разделе приведен более подробный анализ предложенной технологии.

2.6 Выбор средств оснащения

Операции первого этапа технологического маршрута сводим к одной за счет выбора токарно-фрезерного станка Spectr TC2000. Его компоновка позволяет выполнить всю обработку лезвийным инструментом на одном станке.

Выбранная модель станка Spectr TC2000 обеспечивает установку заготовки по двум схемам с переустановом. Станок для токарной обработки имеет револьверную головку SAUTER на 12 позиций. В ней возможно исполнение позиций с приводным инструментом ВМТ45(55).

Емкость инструментального магазина обеспечивает возможность установки всего режущего инструмента. Для обеспечения технологической операции предусматриваем проектирование трех кулачкового самоцентрирующего патрона с механизированным приводом зажима. Это дает возможность снизить время на вспомогательные технологические переходы по закреплению и раскреплению заготовки шпинделя. Особенность установки шпинделя – использование люнета. Дополнительно используем люнет SMW-AUTOBLOK SLU3 (рисунки 4-6). Он обеспечивает центрирование заготовки. Подача воздуха под ролики препятствует попаданию стружки под них.

Для обработки отверстий используется шнековое сверло, так как глубина отверстия не позволяет сформировать его обычным спиральным сверлом.

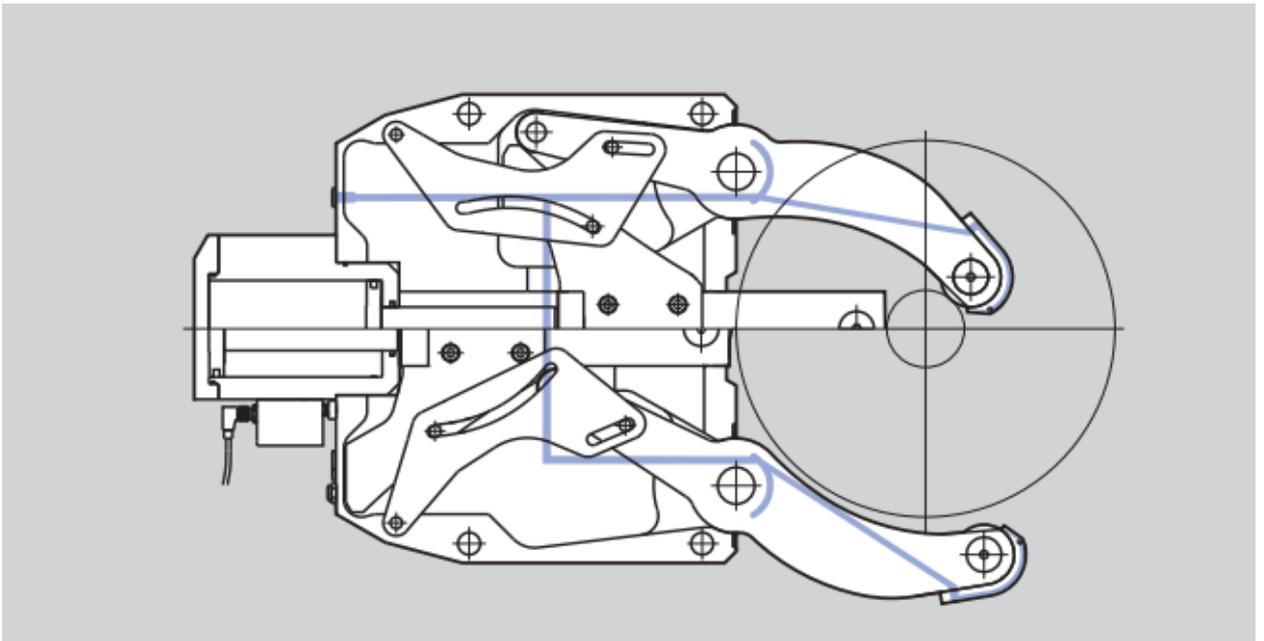


Рисунок 4- Схема центрирования

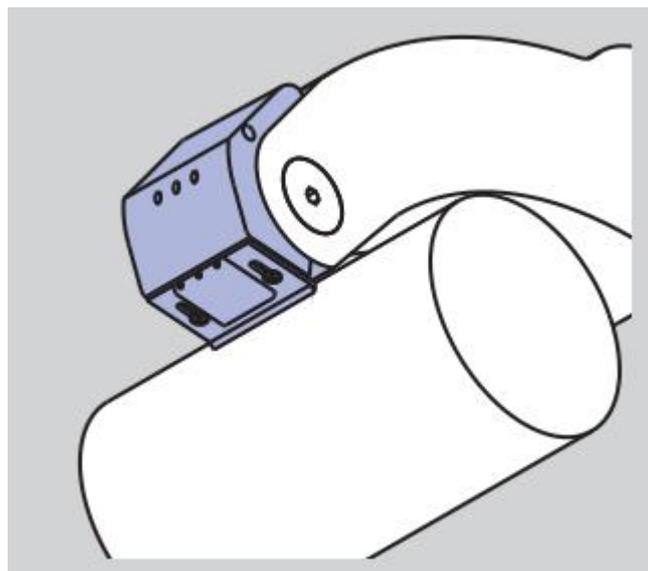


Рисунок 5 – Защита от стружки

Невозможно подобрать такой тип режущего инструмента с длиной режущей части, соответствующей длине заготовки. Но даже с учетом выбранного инструмента требуется две установки со схемой сверления с каждой стороны последовательно. Это может привести к образованию

ступенчатости на отверстиях из-за влияния погрешности установки на двух последовательных установках.

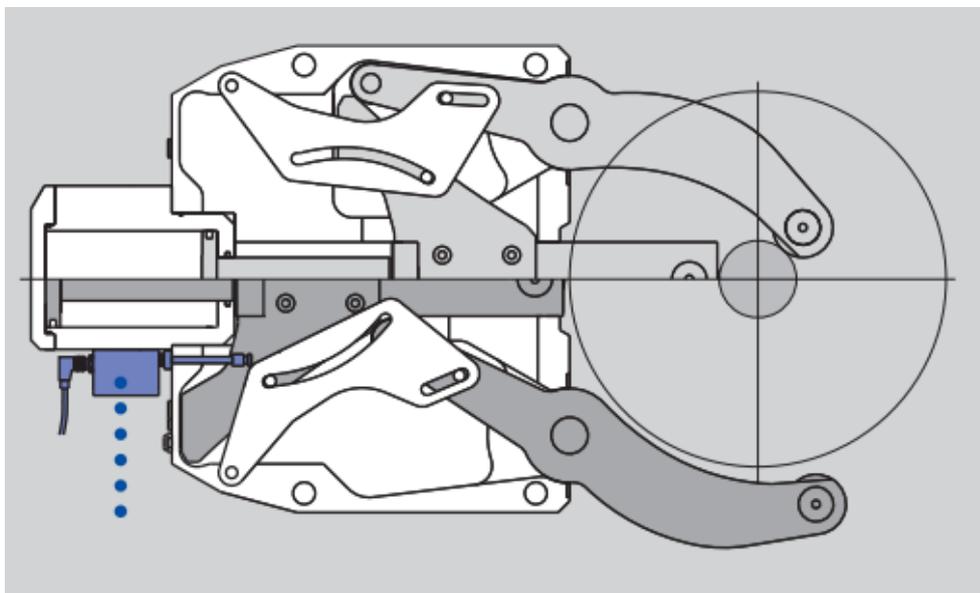


Рисунок 6 – Система контроля размеров

При обработке наружной поверхности применяем токарные упорные резцы 2101-0012 ВК6 ГОСТ 18879-73. Для обработки торцов используем подрезные резцы К.01.4983.000-04 Т15К6 ТУ. Для обработки отверстий используются расточные борштанги с резцами вставками.

На радиальных отверстиях используются укороченные спиральные сверла, далее спиральные сверла 2309-0187 ВК8 ГОСТ 17275-71 с нормальной рабочей частью и заключительная цековка 2350-0736 Р6М5 ГОСТ 26258-87.

Для фрезерования пазов используется концевая фреза 2223-0605 Т15К6 ГОСТ 20534-75.

На шлифовальных операциях на станках круглошлифовальном SASE-5-CNC и внутришлифовальном SIU5RCNC используются абразивные круги соответственно 3 250x80x160 24A25CM18K и АW40x60 24A25-НСТ1К.

Форма и структура кругов соответствуют форме обрабатываемой поверхности и чистовому характеру обработки.

2.7 Расчет режимов резания

Для обеспечения эффективности при условии достижения заданной точности и качества обработанной поверхности необходимо правильно спроектировать технологические операции. Структура технологических операций сформирована ранее. Последовательность выполнения отражена на операционных эскизах, представленных в плане изготовления. Технологические требования назначены с учетом методов обработки, оборудования и характера настройки станка.

Глубина чернового резания 2,1 мм; чистового – 0,22 мм. Подачи: 0,7 и 0,25 мм/об.

«Скорость

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \quad (8)$$

где C_v, m, x, y - параметры для условий обработки, отличающихся от базовых;

T – стойкость, мин;

t, S – глубина резания и подача, мм и мм/об;

K_v – коэффициент» [7].

«Последний находится как

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} \quad (9)$$

где K_{mv} - учитывает прочностные свойства материала;

K_{pv} – коэффициент обрабатываемой поверхности;

K_{iv} – учитывает материала режущей части» [5].

$$K_{mv} = 1,1 \left(\frac{750}{980} \right)^1 = 0,84.$$

$$K_v = 0,84 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,76.$$

$$K_v = 0,84 \cdot 1 \cdot 1 = 0,84.$$

$$V = \frac{350}{35^{0,2} \cdot 1,2^{0,15} \cdot 0,7^{0,35}} \cdot 0,76 = 144 \text{ м/мин.}$$

$$V = \frac{420}{35^{0,2} \cdot 0,25^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 0,84 = 281 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 144}{3,14 \cdot 90,5} = 507 \text{ мин}^{-1};$$

$$n = \frac{1000 \cdot 281}{3,14 \cdot 90} = 994 \text{ мин}^{-1}.$$

$$S_m = 0,7 \cdot 507 = 355 \text{ мм/мин.}$$

$$S_m = 0,25 \cdot 994 = 249 \text{ мм/мин.}$$

«Сила резания

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

где все параметры аналогичные уравнению (16)» [16].

«Силовой коэффициент

$$K_p = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,35} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \quad (11)$$

где k_1, k_2, k_3, k_4 – учитывают влияние геометрии режущей части (главного угла в плане, переднего, угла наклона, радиуса). Все остальные параметры аналогичные уравнению (16)» [14].

$$K_{mp} = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,35} = 1,1.$$

$$K_p = 1,1 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,91.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,2^1 \cdot 0,7^{0,75} \cdot 144^{-0,15} \cdot 0,91 = 1190 \text{ Н.}$$

Все остальное считается по тем же методикам.

При назначении подачи при сверлении существуют ограничения по верхней и нижней границам данного параметра. Верхняя граница подачи определяется максимально допустимой мощностью и жесткостью всей системы станок-приспособление-инструмент-деталь, а также прочностью инструмента.

Нижняя граница подачи определяется шероховатостью поверхности и точностью обработки. При малых подачах улучшается точность и качество обработки, но увеличивается время обработки. Для черновой обработки выбираем ограничение верхнее – по мощности. Подача 0,4 мм/об. Точность отверстия соответствует 12 качеству, что выбранной конструкцией сверла обеспечивается.

«Для сверления скорость

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^{m \cdot t^x \cdot S^y}} \cdot K_{vl} \cdot K_v, \quad (12)$$

где D – диаметр сверла 36 мм;

C_v, m, x, y, q, u, p - коэффициент и показатели степени для условий обработки, отличающихся от базовых;

T – принятый период стойкости, мин;

S – подача, мм;

K_v – коэффициент материала;

K_{vl} – коэффициент влияния вылета» [16].

$$K_{mv} = 1,1 \left(\frac{750}{980} \right)^1 = 0,84.$$

$$K_v = 0,84 \cdot 1 \cdot 1 = 0,84.$$

$$V = \frac{9,8 \cdot 36^{0,4}}{35^{0,2} \cdot 0,4^{0,5}} \cdot 0,84 \cdot 0,75 = 20,1 \text{ мм/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 20,1}{3,14 \cdot 36} = 178 \text{ мин}^{-1}.$$

$$S_m = 0,4 \cdot 178 = 71 \text{ мм/мин.}$$

«Момент резания

$$M = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (13)$$

где C_M – коэффициент условий обработки по подаче;

x, y, n, u, q, ω – показатели степени для вида обработки;

K_{mp} – коэффициент на материал заготовки и инструмента» [16].

$$K_{mp} = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,85} = 1,26.$$

Для сверления чернового варианта

$$M = 10 \cdot 0,0345 \cdot 36^2 \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1,26 = 271 \text{ Нм.}$$

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 36^1 \cdot 0,4^{0,7} \cdot 1,26 = 1190 \text{ Н.}$$

Для шлифовальной операции 015 скорость заготовки V_3 , м/мин, глубина t , мм, подача S_p , мм/об. Все принимаем в зависимости от требований точности и шероховатости обработанной поверхности.

Ширину шлифовального круга назначаем: $B=30$ мм.

Назначаем $t = 0,025$ мм, $\beta=0,38$, $S_{np} = \beta \cdot B = 0,38 \cdot 30 = 11,4$ мм/об.

Скорость вращения детали:

$$V_d = \frac{0,24 \cdot 58^{0,24}}{45^{0,5} \cdot 0,025^1 \cdot 0,38} = 9,98 \text{ м / мин}$$

Расчетная частота вращения детали:

$$n_d = \frac{1000 \cdot 9,98}{3,14 \cdot 58} = 54,77 \text{ об / мин}, \text{ бесступенчатое регулирование.}$$

Скорость вращения шлифовального круга:

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 1900}{1000} = 596 \text{ м / мин}$$

Скорость перемещения стола:

$$V_c = \frac{11,4 \cdot 54,77}{1000} = 0,83 \text{ м / мин}$$

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot 2,2 \cdot 9,98^{0,5} \cdot 11,4^{0,55} \cdot 0,025^{0,5} = 54 \text{ Н}$$

Эффективная мощность, кВт

$$N = \frac{54 \cdot 596}{1020 \cdot 60} = 0,39 \text{ кВт}$$

Потребная мощность

$$N_p = \frac{0,39}{0,8} = 0,47 \text{ кВт.}$$

Последовательность расчета режимов обработки на операции является стандартной и взята из справочных пособий [10] и методических указаний [12]. В результате проведения расчета с учетом обрабатываемой заготовки, режущего инструмента, получены следующие результаты.

Все технологические режимы на токарную операцию сведены в операционную карту, которая показана в таблице А.2 приложения А.

2.8 Нормирование

Для экономического обоснования изменения технологического процесса необходимо определить штучное время

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{T_{\text{п-з}}}{n} + T_{\text{шт}} \quad (14)$$

где n – партия запуска (236 детали).

Для токарной операции рассчитываем его с учетом четырех составляющих, которые определяются по методическим указаниям

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_v + T_{\text{об}} + T_{\text{от}} \quad (15)$$

«где T_o – время обработки, мин;

T_v – время на вспомогательные переходы, мин;

$T_{\text{об}}$ – время обслуживания, мин;

$T_{\text{от}}$ – время отдыха» [13].

Учтем для снятия напусков много переходную обработку согласно рисункам 7 и 8.

«Время обработки:

$$T_o = \frac{l_1 + l_p + l_2}{S_{\text{мин}}}, \quad (16)$$

где l_1 – расстояние быстрого подвода, мм;

l_p - поверхность резания, мм;

l_2 - расстояние перебега, мм;

$S_{\text{мин}}$ - минутная подача, мм/мин» [12].

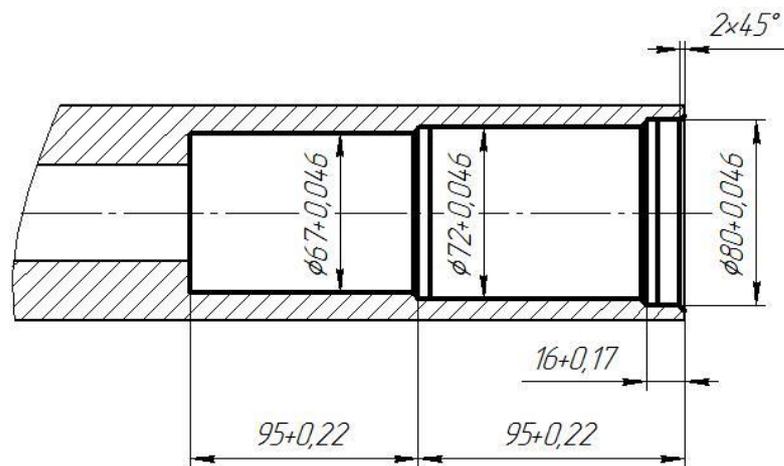


Рисунок 7 – Длина хода на установе Б

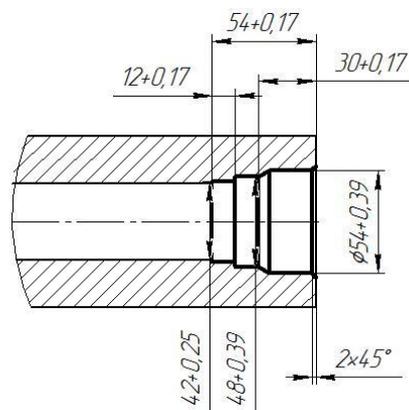


Рисунок 8 – Длина хода на установе В

$$T_o = \frac{(15+45+5) \cdot 1}{363} = 0,14 \text{ мин.}$$

$$T_o = \frac{(560+5) \cdot 1}{73} = 7,63 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время

$$T_v = (T_{y.c.} + T_{z.o.} + T_{yn} + T_{из}) \cdot K_{cp}, \quad (17)$$

«где $T_{y.c.}$ - время базирования и снятие корпуса;

$T_{z.o.}$ - время фиксации и раскрепления корпуса, включая поворот глобусного стола;

T_{yn} - время управления, мин;

$T_{из}$ - время операционных измерений, мин;

K_{cp} - коэффициент серийного производства, принимаем 1,85» [21].

$$T_v = (0,141 + 0,024 + 0,09 \cdot 12 + 0,19 \cdot 12) \cdot 1,85 = 6,5 \text{ мин.}$$

Суммарно

$$T_{оп} = T_v + T_o. \quad (18)$$

$$T_{оп} = 7,63 + 6,5 + (0,35 + 0,12 + 0,2 + 0,56 + 0,1 + 0,06 + +0,1 + 0,03 + 0,02 + 0,75 + 0,25) = 6,5 + 4,14 = 18,27 \text{ мин.}$$

Время на организационно-техническое обслуживание

$$T_{об} = T_{оп} \cdot \frac{a}{100}. \quad (19)$$

где a – коэффициент.

$$T_{от} = T_{оп} \cdot \frac{b}{100}. \quad (20)$$

где b – для детали заданной массы.

Табличный способ назначения норм времени является обоснованным для условий серийного производства и результаты расчетов представлены ниже. Норма штучного времени, а также нормы вспомогательного и подготовительно-заключительного времени вынесены также в таблицу А.2 приложения А и показаны дополнительно на технологической наладке.

$$T_{об} = 18,27 \cdot \frac{6}{100} = 1,1 \text{ мин.}$$

$$T_{от} = 18,27 \cdot \frac{5}{100} = 0,91 \text{ мин.}$$

$$T_{шт} = 18,27 + 1,1 + 0,91 = 20,28 \text{ мин.}$$

$$T_{шт-к} = \frac{45}{236} + 20,28 = 20,47 \text{ мин.}$$

Выводы по разделу

В технологическом разделе выбрана заготовка – горячекатаный прокат. Предусматриваются обработка на токарно-фрезерном центре с совместной обработкой наружной поверхности и комплекса высокоточных отверстий, расположенных с двух сторон шпинделя. Проектирование маршрута обеспечено оснасткой, а разработка технологических операций включает в себя расчет режимов резания, которые обеспечивают заданную стойкость режущего инструмента и снижение времени обработки. Выполнено нормирование.

3 Разработка специальной технологической оснастки

3.1 Проектирование приспособления

Как указывалось в разделе 2, для надежной обработки шпинделя на токарно-фрезерном центре необходимо спроектировать трех кулачковый самоцентрирующий зажимной патрон. Данный тип приспособления относится к универсальному наладочному оснащению технологической операции. Наладочным элементом является сменный кулачок, который может переставляться на заданный диаметр, что с учетом ограничения радиального перемещения постоянного кулачка, обеспечивает универсальность приспособления по типоразмерам устанавливаемых в нем заготовок [4].

Для расчета зажимного приспособления необходимо сначала определиться по составляющей силе резания, которая возникает при черновой обработке шпинделя, так как на этом этапе силы резания и моменты являются максимальными.

Можно выделить два технологических перехода. Это точение и сверление. Для них и выполнен расчет силы зажима [17].

Расчетные схемы сил закрепления приведены на рисунках 9 и 10.

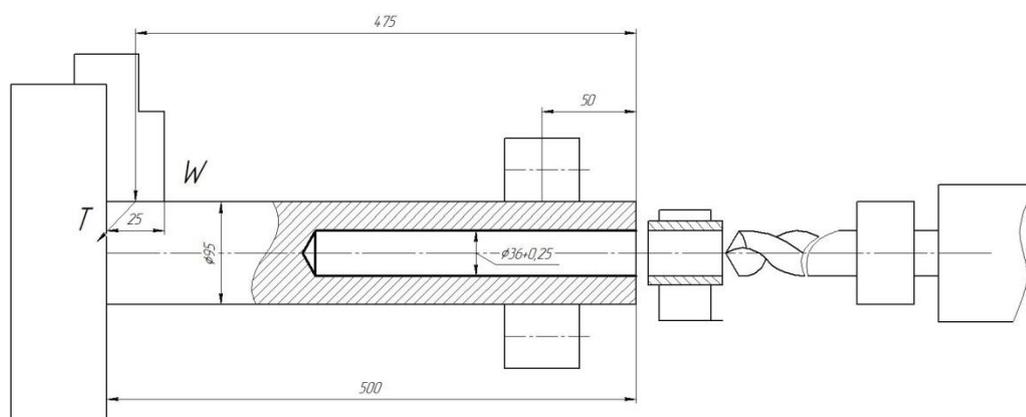


Рисунок 9 -Схема сил резания и зажима при сверлении

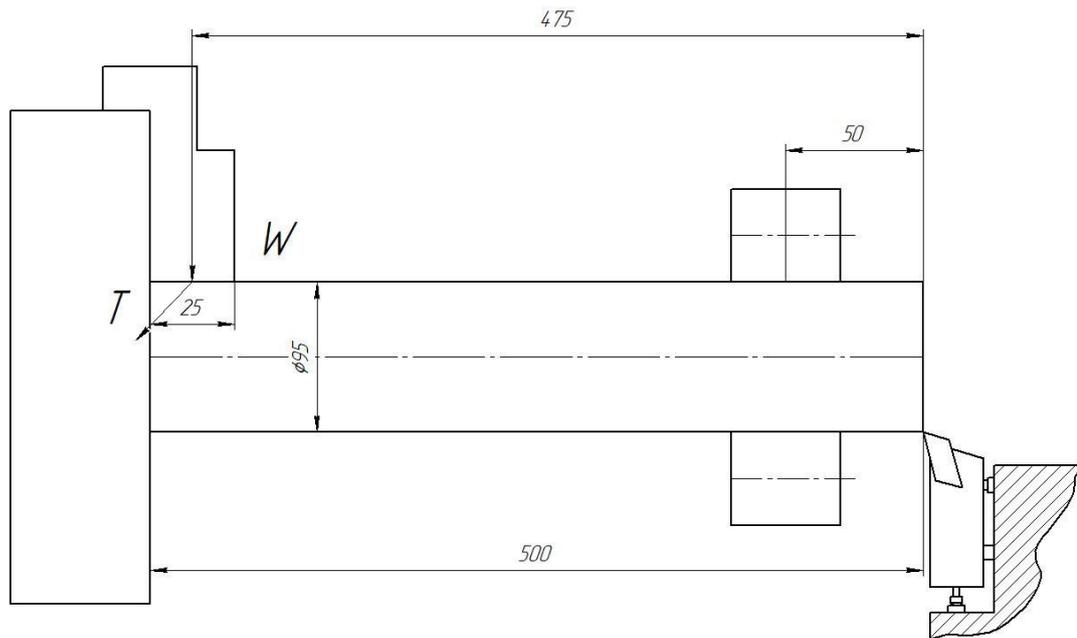


Рисунок 10 -Схема сил резания и зажима при точении

Вся последовательность определения усилия на штоке ведется в стандартном порядке с учетом потерь на трение постоянных кулачков в корпусе патрона

$$W = \frac{k \cdot (P_v \cdot l_1 + P_h \cdot l_1 + P_x \cdot l_2)}{m \cdot f \cdot l_3}, \quad (21)$$

«где k – коэффициент безопасности;

P_z – тангенциальная сила резания, Н;

P_y – радиальная сила резания, Н;

P_x – осевая сила резания, Н;

$l_{1,2,3}$ – плечи действия сил резания и сил закрепления м;

m – количество прижимов;

f – коэффициент трения» [4].

«Коэффициент безопасности

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (22)$$

где k_0 – базовый коэффициент;

k_1 – коэффициент непостоянства сил резания;

k_2 – коэффициент для износа;

k_3 – коэффициент для ударного резания;

k_4 – коэффициент зажима ручного и механизированного;

k_5 – коэффициент удобства для ручного зажима;

k_6 – коэффициент базирования» [18].

Тогда

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,28.$$

$$W = \frac{2,5 \cdot (1776 \cdot 0,024 + 532 \cdot 0,024 + 888 \cdot 0,065)}{2 \cdot 0,3 \cdot 0,065} = 13466 \text{ Н}.$$

Разработка и расчет элементов приспособления предполагают учет потерь на трение подвижных элементов – постоянных кулачков в направляющих корпуса патрона.

Учтем потери на трение

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left(\frac{l_k}{H_k} \cdot f_1 \right)}, \quad (23)$$

«где W - исходная расчетная сила, Н;

l_k – плечо до места действия W , м;

H_k – длина направляющей, м;

f_1 - коэффициент трения» [4].

$$W_1 = \frac{13466}{1 - \left(\frac{70}{100} \cdot 0,1 \right)} = 14479 \text{ Н}.$$

С учетом выбранного клинового механизма

$$Q = \frac{W}{i_C}, \quad (24)$$

где i_C – передаточное силовое отношение.

Конструктивный размер d_{Π} :

$$d_{\Pi} = d_{\max} + 2 \cdot H, \quad (25)$$

где d_{\max} – диаметр базовой поверхности, мм.

Силовое отношение i_C для угла α в 7° будет 2,7.

$$Q = \frac{14479}{2,7} = 5363, \text{ Н.}$$

Для приспособления необходимо использовать механизированный зажим. Гидравлические и пневматические приводы являются двумя основными типами приводов для станочных зажимных приспособлений. Они оба выполняют функцию передачи движения от рабочей среды и управления силой [21]. В них используют различные рабочие среды - жидкость и сжатый воздух соответственно.

Преимущества гидравлических приводов разнообразны. Это и большая мощность, так как рабочая среда обладает высокой плотностью и может передавать большие давления. Гидравлические системы обеспечивают более плавное и предсказуемое движение благодаря стабильному давлению.

Аппаратурой приводных насосов можно легко регулировать скорость и силу передвижения штоков. Гидравлический привод имеет большой ресурс работы.

Основной недостаток гидравлических приводов - сложность конструкции. Гидравлические системы требуют наличия сложных управляющих компонентов, таких как насосы, золотники, дроссели, клапаны и цилиндры.

Эти приводы необходимо постоянно контролировать (уровень жидкости, состояние фильтров, периодическая замена масла).

По сравнению с ними пневматические приводы отличаются простотой конструкции. Это определяет их большую надежность и они проще в обслуживании.

Пневматическая сеть для подачи сжатого воздуха более доступна на предприятии, чем маслостанция. Они более безопасны в эксплуатации. В случае утечки, сжатый воздух безопасен для персонала и окружающей среды, в отличие от рабочей среды гидравлических приводов.

Главным недостатком пневматического привода является небольшая сила закрепления из-за меньших давлений рабочей среды. Пневматика является менее точной из-за малой плотности воздуха и склонна к колебаниям. Из-за этого наблюдается ограниченная управляемость. Пневматические системы обычно не позволяют точно регулировать скорость движения.

Выбор привода зажима ведем для пневматики, так как усилие зажима является не значительной величиной. Использование пневматики позволит обеспечить компактность и простоту конструкции силового привода.

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P \cdot \eta}} \quad (26)$$

где P –давление, Мпа;

η - коэффициент полезного действия.

Примем $P = 0,4$ МПа.

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{5363}{0,95 \cdot 0,4}} = 134 \text{ мм.}$$

По стандарту 150 мм.

Погрешность патрона может зависеть от группы деталей, формирующих замыкающий размер – расстояние от базовой поверхности кулачка до центра станка

$$\Delta_{\varepsilon} = \sqrt{\sum_{i=1}^n TA^2}, \quad (27)$$

где TA – допуски размеров деталей патрона, мм.

Выбор посадок с минимальным зазором велся с учетом требований к точности и жесткости

$$\Delta_{\varepsilon} = \sqrt{0,012^2 + 0,008^2 + 0,016^2 + 0,01^2} = 0,023 \text{ мм.}$$

Трех кулачковый клиновой зажимной патрон предназначен для закрепления шпинделя на токарных операциях.

Он состоит из корпуса 1, который устанавливается на шпиндель токарного центра. Для зажима корпуса патрона на станке используется три винта 11, расположенных под углом 120° . Для обеспечения точности установки в технических требованиях указана точность расположения базовой поверхности. По центральному отверстию корпуса 1 перемещается клиновой центр 2. По резьбовому отверстию к нему крепится фланцевая втулка 3. Она используется для установки по своей внутренней резьбе тяги 4, которая соединяет клиновой центр 2 с приводом зажима (на чертеже графической части не показан). По трем наклонным пазам в клиновом центре 2 перемещаются постоянные кулачки 5. Через проставку 6 они соединяются со сменными кулачками 7. Фиксация происходит при помощи парных винтов 9. Точное центрирование осуществляется при помощи пазового соединения. Центральное отверстие корпуса 1 закрывается сплошной крышкой 8, которая зажимается в отверстии при помощи винтов 10.

Работает клиновой зажимной патрон следующим образом. После настройки кулачков 7 на заданный размер и зажима их на постоянных кулачках 5 винтами 9, происходит фиксация заготовки. Для этого заготовка

шпинделя упирается в торцы кулачков 7, включается привод зажима и тяга 4 тянет клиновой центр 2 влево. Происходит осевая подача сменных кулачков 7 к центру заготовки и происходит ее закрепление.

Для разжима заготовки давление меняется в приводе зажима и тяга 4 толкает клиновой центр вправо. Скользя по наклонным пазам, постоянные кулачки 5 отводят сменные кулачки от базовой поверхности.

Дополнительно с патроном на данных операциях используется также самоцентрирующий люнет, описанный во 2 разделе.

3.2 Проектирование инструмента

Обработка центрального отверстия является ключевой проблемой при обработке данного шпинделя. Это отверстие является глубоким, так как длина его больше 10 диаметров [6]. Использование специализированного станка для глубокого сверления в данном случае является нецелесообразным. Необходимо использование стружкоприемника для фильтрации СОЖ от образующейся стружки. Самое главное, при обработке глубоких отверстий требуется специализированный инструмент. Это одно кромоочные сверла с режущей однолезвийной головкой. В них применяют базирующие элементы вставки для определенности положения сверла в обрабатываемом отверстии.

Необходимо обеспечить соосность центрального отверстия и высокоточных проточек по краям шпинделя. Это можно обеспечить только за счет совместной обработки на одном станке, что обеспечивается на токарно-фрезерном станке.

В качестве режущего инструмента предлагается использовать сборный инструмент, который содержит хвостовик с винтовым корпусом (рисунок 11). Его длина позволяет обеспечить необходимый вылет для сверления отверстия на половину длины заготовки. Это приводит к экономии инструментального материала, так как режущая часть представляет собой две режущие пластины, которые сдвинуты относительно друг друга в

радиальном направлении. При этом формируя режущую кромку на всю длину радиуса отверстия. Использование данной схемы обработки с делением ширины среза и возможностью быстрой замены режущих пластин обеспечивает высокую производительность и точность. Это сказывается на изменениях технологических режимов при обработке этого отверстия, что позволяет сэкономить машинное время и, в результате снизить штучное время обработки.

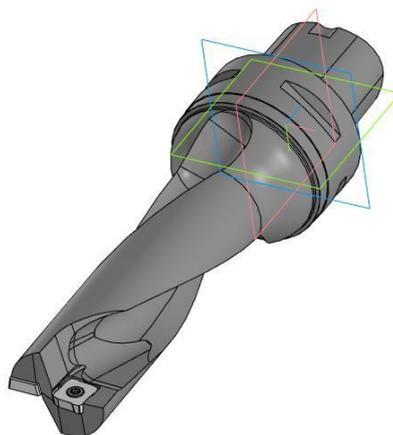


Рисунок 11 – Сверло сборное

Основная статья расходов на технологической операции со скоростной обработкой – режущий инструмент. Из-за сниженной стойкости требуется более частая замена или переточка инструмента [1]. Если использовать инструмент с универсальными пластинами, можно значительно расширить подходы для совершенствования сверла за счет увеличения его стойкости.

Для повышения стойкости режущего инструмента применяются разные методы, включая покрытия пластин [1], управление процессом на основе данных [22] или применяя вибрации [5]. Главным направлением является оптимальный выбор и оптимизация инструментального материала. Использование современных высококачественных материалов, включая композиционные типы, с лучшими механическими свойствами, такими как повышенная твердость, прочность и устойчивость к износу [17] позволяет

увеличить срок службы инструмента. Кроме этого уменьшается вероятность поломки инструмента. Для того, чтобы сформировать необходимый уровень прочности и твердости необходима правильная упрочняющая термообработка. Оптимальная термическая обработка повышает твердость материала, улучшается его микроструктура. Но необходимо оптимальное сочетание твердости и прочности, особенно ударной. Так как охрупчивание высокотвердых сплавов делает необходимым обеспечение при обработке повышенной жесткости и виброустойчивости технологической системы для исключения ударных нагрузок. Например, закалка и отпуск позволяют получить желаемое сочетание твердости и прочности, а карбидные покрытия могут обеспечить дополнительную защиту от износа. Современные покрытия имеют разнообразный состав и технологии их нанесения [1]. Алмазные, титановые или нитридные покрытия, а также их сочетания, создают высокопрочный защитный слой на режущей части инструмента. Это позволяет снизить силу трения, температуру и через это повлиять на износ и стойкость инструмента.

Для обеспечения благоприятных условий по задней и передней поверхностям необходимо правильно подбирать форму и конструкцию режущей части инструмента: Ее оптимизация за счет снижения сил резания и трения, равномерного распределения этой нагрузки по всей режущей поверхности, может уменьшить вероятность появления микротрещин.

Предлагается использовать пластину QСMT070304-СМ LF6018S с покрытием нитрида титана алюминия, что ведет к повышению термостойкости. Увеличение скорости резания в 1,5 раза сокращает время обработки с 7,63 мин до 5 мин основное время на сверлильный переход. Штучное время снизилось с 20,47 мин до 14,5 мин.

Выводы по разделу

Спроектирован трех кулачковое зажимное приспособление в котором используется механизированный привод зажима. Разработано сборное сверло с вставными режущими зубьями.

4 Экологичность и безопасность проекта

Необходимо обеспечить соответствие спроектированной технологии изготовления шпинделя требованиям по безопасности и экологическим нормам.

В технологию входят токарная и шлифовальные операции. Оборудование на 005 токарной операции – станок центр Spectr TC2000, Переходы различные и включают в себя сверление диаметра 36 мм, растачивание черновое, точение черновое и чистовое, фрезерование паза 16 мм на длину 120 мм, цекование диаметра 40 мм на глубину 6 мм, нарезание резьбы M18 на длину 19 мм, растачивание канавки, нарезание внутренней резьбы M80 на длину 20 мм. Для обеспечения твердости материала используем закалку объемную в печи. Кругло-шлифовальная 015 операция выполняется на кругло-шлифовальном станке SASE-5-CNC по шлифованию шеек черновому, на 020 - чистовому. Внутришлифовальная операция 025 выполняется на внутришлифовальном станке SIU 5 R CNC по шлифованию отверстий. Оснастка механизированная: люнет SMW-AUTOBLOK SLU3, патрон 7102-0065 ГОСТ 24351-80, патрон мембранный. Инструменты резцы, сверла, фрезы, цековки, зенкеры и абразивные круги. Материал: твердый и быстрорежущий сплавы. Охлаждение на базе эмульсола.

Вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть на производственном участке обработки заготовок шпинделя из сплава 40X различные.

Это шум во время работы металлообрабатывающих станков, таких как токарные и шлифовальные.

Использование инструментов или оборудования, автоматически выполняющих цикл обработки, создает вибрации, что может вызвать вибрационную болезнь, а также создает травмоопасность для операторов.

Во время обработки металлических заготовок образуется пыль (мелкодисперсная стружка) и пары, содержащие вредные частицы и

испарения, которые могут вызвать проблемы с дыхательными путями, включая астму, хронические бронхиты.

Тепловое излучение при нагреве заготовки может привести к ожогам и тепловым ударам (термообработка), а также к заболеваниям кожи, включая рак кожи. Это работа с горячими металлическими заготовками (закалка) или использование тепловых пушек

Повреждение глаз возможно искрами и металлическими частицами, вылетающими из зоны резания. Это может привести к травмам глаз, вплоть до потери зрения.

При работе с электроинструментами и оборудованием существует риск поражения электрическим током, что может привести к серьезным повреждениям или смерти.

Воздействие химических веществ при использовании смазочно-охлаждающих жидкостей, растворителей создает риск отравления или раздражения кожи и глаз.

Возможны несчастные случаи в результате неправильной организации рабочего пространства, недостаточной защиты от цехового транспорта или нарушения правил безопасности.

Воздействие этих вредных и опасных факторов на организм человека является разнообразным и может включать повреждения слуха, вибрационную болезнь, заболевания дыхательных путей, ожоги, тепловые удары, заболевания кожи, травмы глаз, поражение электрическим током, травмы при падениях, отравления, раздражение кожи и глаз, а также различные виды травм.

На возникновение шума и вибраций при обработке резанием на станках влияют различные факторы, такие как параметры резания (глубина, подача, скорость резания), геометрия инструмента (угол заточки, радиус при вершине), свойства материала заготовки (сталь 40X) и инструмента (в основном твердые сплавы), состояние оборудования и оснастки, режимы работы станка (скорость вращения шпинделя, подача охлаждающей

жидкости), квалификация оператора. Геометрия выбранного инструмента по силовому и тепловому факторам является в работе оптимальной. Жесткость обеспечена корректным выбором схем установки (патрон и люнет).

Для снижения вредного воздействия шума и вибраций нужно соблюдать оптимальные параметры резания, рассчитанные в разделе 2, проводить регулярное техническое обслуживание и настройку оборудования, применять виброгасящие элементы в конструкции станка (виброопоры), использовать средства индивидуальной защиты (беруши, виброгасящая обувь).

Для соблюдения норм по воздуху и запыленности должна быть периодическая проверка и своевременный ремонт и обслуживание как общей так и местной, на рабочих местах, систем вентиляции и кондиционирования.

Должно быть обеспечено наличие средств индивидуальной защиты для персонала, организовано проведение регулярных проверок и испытаний оборудования на предмет их соответствия требованиям охраны труда.

На предприятии служба охраны труда должна в организационном плане отвечать за контроль соблюдения норм и правил безопасности, проведение инструктажа и обеспечение необходимыми средствами защиты. Служба охраны труда входит в состав отдела по технике безопасности. Она должна проводить регулярные проверки на рабочих местах с целью контроля соблюдения норм и требований безопасности.

Необходимо контролировать параметры окружающей среды на рабочих местах, такие как температура, влажность, уровень шума и вибрации, освещенность. При выявлении отклонений от допустимых значений должны быть приняты меры по их устранению.

При работе на производственном участке необходимо обеспечить соблюдение правил и нормативов электрической безопасности. Все работники должны быть хорошо обучены электробезопасности и соблюдать соответствующие инструкции и правила. Должна быть регулярная проверка и обслуживание электроустановок, электрическое оборудование должно

регулярно проходить проверку на наличие дефектов или повреждений, а также периодическое обслуживание для предотвращения возможных аварий. При работе с электроустановками необходимо убедиться, что все подключения и отключения выполняются правильно и безопасно (зануление). Необходимо обеспечить изоляцию электрического оборудования и проводов, а также правильное заземление для предотвращения аварийных ситуаций. Все работники должны использовать средства индивидуальной защиты, такие как изолирующие перчатки и сапоги, а также соблюдать правила безопасности во время работы с электричеством. Работники должны регулярно проходить обучение по вопросам электробезопасности и быть информированными о новых нормах и правилах.

Все работники предприятия должны проходить инструктаж по охране труда и технике безопасности при приеме на работу и периодически повторять его в процессе работы. Инструктаж должен содержать информацию о правилах безопасности на рабочем месте, использовании средств индивидуальной защиты, оказании первой помощи.

Для пожарной безопасности необходима установка и обслуживание систем пожарной сигнализации и пожаротушения, проведение инструктажей и обучения персонала по пожарной безопасности, контроль за соблюдением правил пожарной безопасности на рабочем месте. Также должно быть обеспечено наличие и работоспособность первичных средств пожаротушения, организация эвакуации людей в случае пожара.

Экологические требования обеспечиваются за счет установки систем фильтрации и очистки воздуха для снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, установки систем очистки сточных вод, внедрение систем переработки и утилизации отходов для минимизации отходов, попадающих на свалки.

Выводы по разделу

Разработаны мероприятия по охране труда.

5 Экономическая эффективность работы

Любое техническое решение предполагает экономическое обоснование предложенных совершенствований. В этом и заключается основная задача данного раздела бакалаврской работы.

Подробное описание производимого изделия, его технологического процесса, применяемой оснастки и инструмента, а также трудоемкость операций, представлены в предыдущих разделах бакалаврской работы. Но для выполнения основной задачи данного раздела, наибольший интерес представляют только предложенные изменения в технологический процесс.

Предложенные изменения технологического процесса и результаты, представлены на рисунке 12.

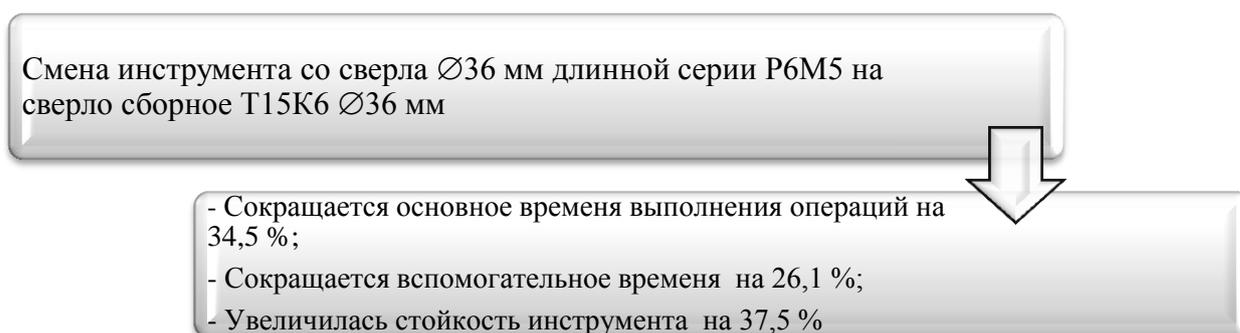


Рисунок 12 – Основные изменения технологического процесса и их технические результаты

Основываясь на технических результатах, представленных на рисунке 12, можно сделать предварительный вывод об эффективности предложенных совершенствований. Однако, для получения действительного подтверждения эффективности предложенных совершенствований, необходимо провести комплекс экономических расчетов. Этот комплекс, укрупнено, можно разделить на несколько этапов. Последовательность и название этапов, а также проводимые расчеты для их выполнения представлены на рисунке 13.



Рисунок 13 – Последовательность выполнения этапов экономических расчетов определению эффективности проекта

Представленные на рисунке 13 расчеты и методики для их проведения [7] позволят получить результаты и сделать итоговые выводы по эффективности предложенных мероприятий. Для упрощения выполнения перечисленных расчетов дополнительно используется программное обеспечение Microsoft Excel.

Результаты расчетов по определению себестоимости изготовления продукции двух сравниваемых вариантов представлены на рисунке 14.

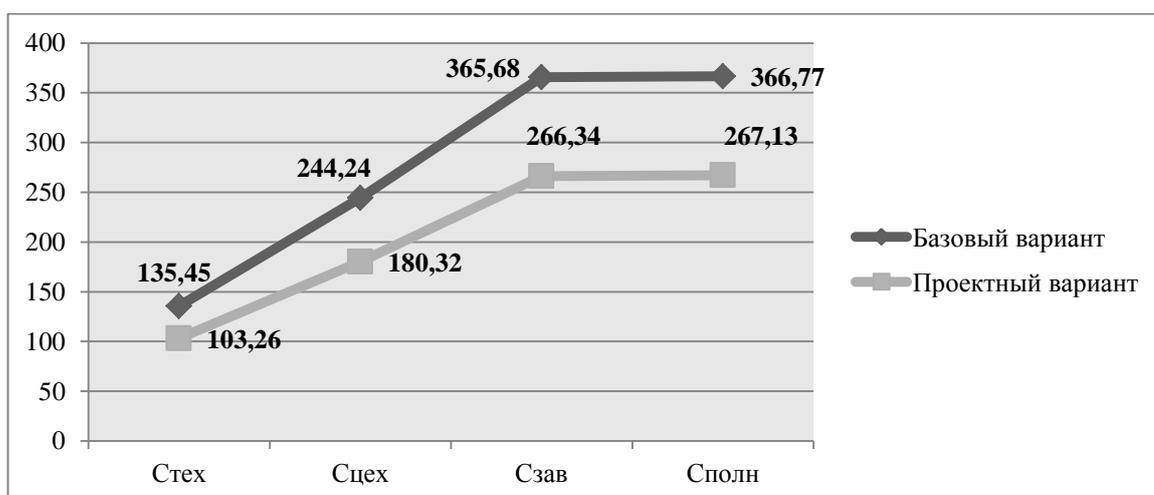


Рисунок 14 – Результаты расчетов по определению себестоимости

На рисунке 14 видно, что технологическая ($C_{ТЕХ}$), цеховая ($C_{ЦЕХ}$), производственная ($C_{ЗАВ}$) и полная ($C_{ПОЛН}$) себестоимости, по сравниваемым вариантам, в проектном варианте имеют меньшие значения. Это показывает снижение итоговых расходов на производство после предложенных совершенствований на 27,2 %.

Результаты расчетов по определению капитальных вложений в совершенствованный технологический процесс, представлены на рисунке 15.

Общие капитальные вложения Кобщ = Квв.пр = 54688,83 руб.	
Прямые капитальные вложения Коб = 0 руб.	Сопутствующие капитальные вложения Ксоп = 54688,83 руб.

Рисунок 15 – Результаты расчетов по определению капитальных вложений

Из рисунка 15 видно, что прямые капитальные вложения отсутствуют, это связано с тем, что предложенные совершенствования не коснулись изменения применяемого оборудования. Соответственно, общие капитальные вложения складываются только из значений, которые входят в сопутствующие капитальные вложения.

Результаты расчетов по определению экономической эффективности проекта представлены на рисунке 16.

Результаты расчетов
<ul style="list-style-type: none">• Срок окупаемости T = 2 года• Чистая прибыль Пчист = 79712 руб.• Интегральный экономический эффект Эинт = 6628,09 руб.

Рисунок 16 – Результаты расчетов по определению экономической эффективности

Вывод по разделу

Как видно из рисунка 16, предложенные совершенствования технологического процесса можно внедрять, т. к. это позволит получить предприятию экономический эффект в размере 6628,09 руб.

Заключение

Рассматривается технологический процесс изготовления шпинделя, который входит в конструкцию настольного станка для токарной обработки. Для проектирования технологического процесса, отвечающего всем современным требованиям по точности, производительности и экологичности, проанализирована конструкция шпинделя на соответствие техническим требованиям условиям работы каждого конструктивного элемента шпинделя, а также проведен анализ технологичности. Было выявлено присутствие нескольких не технологических моментов. Для системы высокоточных отверстий необходимо использовать много переходную технологию с последовательно работающими инструментами. Выбрана заготовка – горячекатаный прокат. Для обеспечения максимальной концентрации технологических переходов предусматриваются обработка на токарном центре. Особенностью технологической операции является совместная обработка точной наружной поверхности и комплекса высокоточных отверстий, расположенных с двух сторон шпинделя. Для этого используется последовательность технологических переходов с использованием спроектированной оснастки. Проектирование технологических операций включает в себя расчет режимов резания, которые обеспечивают заданную стойкость режущего инструмента и снижение времени обработки. Чтобы повысить точность и надежность обработки, спроектировано трех кулачковое зажимное приспособление, в котором используется механизированный привод зажима. Лимитирующим переходом на технологической операции является сверление отверстия, для которого разработано сборное сверло с вставными режущими зубьями. Для обеспечения норм по охране труда и экологическим требованиям по защите окружающей среды разработаны соответствующие мероприятия для спроектированной технологии. Все изменения в технологии изготовления шпинделя просчитаны в экономической части работы.

Список используемых источников

1. Аль-Кадхими Мохаммед Файядх Джассам. Повышение работоспособности спиральных сверл путем разработки и применения многослойных износостойких покрытий : специальность 2.5.5 "Технология и оборудование механической и физико-технической обработки" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Аль-Кадхими Мохаммед Файядх Джассам ; науч. руководитель В. П. Табаков. - ВУЗ/изд. - Ульяновск, 2022. - 17 с.
2. Бушуев В. В. Практика конструирования машин : справочник / В. В. Бушуев. - Москва : Машиностроение, 2006. - 448 с. : ил. - (Библиотека конструктора). - Прил.: с. 440-448. - Библиогр.: с. 438-439. - ISBN 5-217-03341-X : 500-00. - Текст : непосредственный.
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. - Прил.: с. 31-41. - Библиогр.: с. 26-30. - Режим доступа: Репозиторий ТГУ. - ISBN 978-5-8259-1370-4. - Текст : электронный.
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. : ил. - Прил.: с. 252-297. - Библиогр.: с. 298-299. - ISBN 978-5-94178-181-2 : 329-60. - Текст : непосредственный.
5. Драчев О. И. Повышение эффективности вибрационного сверления глубоких отверстий : [монография] / О. И. Драчев, А. О. Драчев, Г. В. Тараненко, В. А. Тараненко. - Старый Оскол : ТНТ, 2019. - 218 с.
6. Звонцов, И. Ф. Технологии сверления глубоких отверстий : учеб. пособие / И. Ф. Звонцов, П. П. Серебrenицкий, А. Г. Схиртладзе. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 496 с. 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. : ил. - (Учебник для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 392-395. - ISBN 978-5-8114-1856-5 : 1091-00. - Текст : непосредственный.

7. 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.

8. 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.

9. 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. — ISBN 978-5-8114-4521-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121986> (дата обращения: 17.05.2020)

10. Обработка металлов резанием [Текст] : справочник технолога / А. А. Панов [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2004. - 784 с. : ил. - Библиогр. в конце гл. - Прил.: с. 764-779. - Предм. указ.: с. 780-784. - ISBN 5-94275-049-1 : 1242-91. - 1000-00.

11. Петраков Ю. В. Моделирование процессов резания : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению "Технол. машины и оборудование" / Ю. В. Петраков, О. И. Драчёв. - Старый Оскол : ТНТ, 2016. - 239 с. 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.

12. 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.

13. 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.

14. Расчет режимов резания при точении и фрезеровании [Текст] : метод. пособие к курс. работе по дисциплине "Технол. процессы машиностроит. пр-ва" для заоч. формы обучения спец. 12 01 00, 12 02 00, 15 01 00, 150200 / ТГУ ; Каф. "Технология машиностроения". - Тольятти : ТГУ, 2002. - 59 с. : ил.

15. Режущий инструмент [Текст] : учеб. для вузов / Д. В. Кожевников [и др.] ; под ред. С. В. Кирсанова. - Гриф УМО. - Москва : Машиностроение, 2004. - 511 с. : ил. - Библиогр.: с. 510-511. - ISBN 5-217-03250-2 : 312-00.

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

17. Скрябин, В. А. Инструментальное обеспечение технологических процессов : учебник для вузов. В 2 кн. Кн. 1 / В. А. Скрябин, А. Г. Схиртладзе, А. Е. Зверовщиков. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2021. - 293, [1] с.

18. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А. М. Дальский, А. Г. Суслов, А. Г. Косилова [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение-1, 2001. - 941 с.

19. 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. : ил. - (Управление качеством). - Библиогр.: с. 150. - Прил.: с. 115-149. - ISBN 5-

94768-023-8 : 180-00.

20. Станочные приспособления : 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.

21. 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.

22. Belov D. Revolutionizing Drilling Operations: An Automated Approach for Drilling Analysis and Optimization Using Real-Time Data // Conference: Offshore Technology Brasil / D Belov, F. Silva, A. Malik, E. Liland 2023. - 10.4043/32892-MS.

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

24. Pahl G. Design for Minimum Cost. In: Engineering Design/ Pahl G., Beitz W., Feldhusen J., Grote KH. Springer: London. 2007. – p. 156

Приложение А

Технологические карты

Таблица А.1 - Маршрутная карта

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1															
Дуол.															
Взам.															
Попл.															
										2	1				
Разраб.	Вдовин														
Проверил	Рассторгуев														
Утвердил	Логинев														
Н. контр.	Рассторгуев														
М 01	Сталь 40Х ГОСТ 4543-71														
	Код	FB	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры		КД	МЗ				
М 02		кз	25	1	1	0,8	02	90х560		1	28				
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код наименования операции		Обозначение документа								
Б	Код наименования оборудования		СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Плз.			
А03	000	4286	Заготовительная(Фрезерно-отрезная)												
Б04	Круглопильный автомат 8Г642										1	1	1		
А05	005	4233	Токарная с ЧПУ										1	1	1
Б06	Токарный центр Spectr 2000										1	1	1		
А07	010	5000	Термическая обработка										1	1	1
Б08	Печь										1	1	1		
А09	015	4131	Круглошлифовальная										1	1	1
Б10	Круглошлифовальный станок 3М163В										1	1	1		
А11	020	4132	Внутришлифовальная										1	1	1
Б12	Внутришлифовальный станок 3К225В										1	1	1		
А13	025	4132	Внутришлифовальная										1	1	1
Б14	Внутришлифовальный станок 3К225В										1	1	1		
А15	030	0125	Промыка										1	1	1
Б16											1	1	1		
МК	Маршрутная карта										2				

Приложение Б

Спецификация приспособления

Таблица Б.1 – Спецификация приспособления

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<i>Документация</i>		
A1			23.ВКР.ОТМП.19.65.00.000 СБ	Сборочный чертеж		
				<i>Детали</i>		
		1	23.ВКР.ОТМП.19.65.00.001	Корпус	1	
		2	23.ВКР.ОТМП.19.65.00.002	Клин	1	
		3	23.ВКР.ОТМП.19.65.00.003	Втулка резьбовая	1	
		4	23.ВКР.ОТМП.19.65.00.004	Шток	1	
		5	23.ВКР.ОТМП.19.65.00.005	Постоянный кулачок	3	
		6	23.ВКР.ОТМП.19.65.00.006	Вставка	3	
		7	23.ВКР.ОТМП.19.65.00.007	Сменный кулачок	3	
		8	23.ВКР.ОТМП.19.65.00.008	Крышка	1	
				<i>Стандартные изделия</i>		
		9		Винт М24х93 ГОСТ 11738-84	6	
		10		Винт М12х22 ГОСТ 11738-84	3	
		11		Винт М20х116 ГОСТ 11738-84	3	
23.ВКР.ОТМП.19.65.00.000.СП						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Вдобин Л.А.				Лит.	Лист
Проб.	Расторгуев Д.А.					Листов
Реценз.					1	
Н.контр.	Расторгуев Д.А.				ТГУ	
Утв.	Логинов Н.Ю.				ИМ ТМ50-1801а	
Не для коммерческого использования			Копировал		Формат А4	

