

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 инструментальной головки

Обучающийся

А.Ю. Майструк

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Д.А. Расторгуев

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

Консультанты

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

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

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

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

Тольятти 2023

Аннотация

Тема "Технологический процесс изготовления шпинделя инструментальной головки». Для шпинделя задан материал – сталь 40Х, объем выпуска – 20000 деталей, что с учетом массы дает серийное производство. Данная работа посвящена проектированию технологического процесса изготовления шпинделя из стали 40Х в условиях среднесерийного производства. Основной целью работы является разработка технологического процесса, который обеспечит высокое качество изготовления шпинделя, позволит сократить производственные затраты и выполнить заданный производственный объем. Этапы работы по разработке технологии включают анализ характеристик стали 40Х, конструкции детали по технологичности и определение степени ее пригодности для изготовления в заданных условиях. Проведено изучение технических требований по чертежу, включая самые точные размеры, отклонения расположения, формы, твердость и прочностные характеристики, а также другие технические параметры для обоснованного выбора технологических переходов.

Выполнена разработка технологического маршрута, включая выбор и расчет необходимого оборудования и инструментов. Определение последовательности операций и параметров обработки для достижения требуемых характеристик шпинделя. Расчет нормативов расхода сырья и энергии, а также нормирование. Оценка экономической эффективности проекта с точки зрения обоснованности предложенных изменений и прогнозирование затрат на модернизацию технологии.

Результатом данной работы является разработанный технологический процесс изготовления шпинделя, который будет соответствовать стандартам качества и эффективности производства. Также представлены расчеты затрат и оценка экономической эффективности, что позволит принять обоснованные решения о его внедрении в серийное производство.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Анализ назначения детали	6
1.2 Классификация поверхностей	6
1.3 Анализ требований	7
1.4 Анализ технологичности.....	8
2 Технологическая часть	11
2.1 Выбор типа производства	11
2.2 Выбор заготовки	12
2.3 Разработка маршрута.....	13
2.4 Выбор оснащения	15
2.5 Расчет припуска	18
2.6 Проектирование операций	21
3 Проектирование оснастки	26
3.1 Проектирование станочного приспособления.....	26
3.2 Проектирование инструмента	33
4 Экологичность и безопасность проекта.....	36
5 Экономическая эффективность работы	39
Заключение	43
Список используемых источников.....	44
Приложение А Технологические карты	48
Приложение Б Спецификация приспособления	53
Приложение В Спецификация инструмента	54

Введение

Современные тенденции в области машиностроения включают в себя различные направления развития и совершенствования современных технологий.

Основной подход связан с развитием автоматизированных систем и цифровизации промышленности. Интеграция с помощью Интернета вещей (IoT) сегодня машин и оборудования в одну взаимодействующую систему. Станки, оснащенные различными датчиками и которые могут быть подключены к интернету, позволяют собирать и анализировать данные об их работе и производительности. Это позволяет улучшить прогнозирование, избежать сбоев в работе за счет своевременного материально-технического обеспечения и обслуживания оборудования, оптимизировать процессы и повысить общую эффективность технологических процессов.

Раньше станки не имели возможности передавать данные в реальном времени о своем состоянии и требовали заранее запланированного регулярного технического обслуживания для выявления и решения проблем в их работе.

Применение искусственного интеллекта и машинного обучения обеспечивают повышение надежности в проведении обработки. Станочные системы могут быть обучены распознавать и анализировать данные по заготовке, инструменту и другому оснащению, что позволяет автоматизировать процессы, принимать оперативные технологические решения (замена инструмента, корректировка режимов, аварийная остановка) и реагировать на изменения в окружающей среде.

Особенно это касается серийного и единичного производства. Раньше операторы станков выполняли множество ручных действий и принимали решения на основе своего опыта.

Развитие 3D-печати стало возможным производить детали и компоненты прямо на производственном участке, без необходимости

создавать сложные инструменты и литьевые формы. Такие детали требуют, как правило, минимальной доработки. Исключение из производственного цикла штамповок и отливок в производстве деталей обеспечивает снижение себестоимости и сокращение производственного цикла, так как не требуется создание дорогостоящих пресс-форм и сложных, много переходных технологических процессов.

Одно из основных направлений развития современного производства это экологическое машиностроение или по другому, развитие зеленых или энергосберегающих технологий. Все больше внимания уделяется разработке экологически чистых и энергетически эффективных технологий с минимальным влиянием на окружающую среду и обеспечивающих безотходных цикл. Раньше экологические аспекты не являлись приоритетом при разработке машин и оборудования.

Все эти направления демонстрируют, как современные тенденции в машиностроении приводят к автоматизации, улучшению производительности и экологической эффективности.

Но базовые стандартные технологии является основным и самым распространенным элементом машиностроительного производства. Развитие их обусловлено в первую очередь использованием автоматизированных станков с использованием унифицированных заготовок (проката, штамповок).

На основе этого замечания далее приводятся этапы проектирования технологии для шпинделя.

1 Анализ исходных данных

1.1 Анализ назначения детали

Шпиндель является главным элементом инструментальной головки и служит для передачи момента от привода к инструменту, который закреплен в шпинделе [2].

Устанавливается он по двум шейкам. На левом конце по шлицам установлен шкив. Справа в отверстие устанавливается инструмент. Фиксация может быть штифтом и фиксирующей крышкой по резьбе.

Шпиндель изготовлен из стали 40Х.

Шпинделю могут задавать высокие обороты (до 4000 об/мин).

Нагрузка при работе циклическая.

Для расчетов необходимо обеспечить прочность материала 40Х. Химический состав и механические свойства материала детали соответствуют требованиям. Временное сопротивление на разрыв σ_B 600 МПа [7].

1.2 Классификация поверхностей

Поверхности шпинделя (рисунок 1) работают в разных условиях в зависимости от назначения.

Шпиндель установлен по основным базам – шейкам 26 и 27. В осевом направлении это торец 19.

Вспомогательные базы у шпинделя шлицы 16-18 под шкив, отверстия 2 и 10 под инструмент, резьба 23 под фиксирующую крышку, Резьба для фиксации подшипника 4, канавка под стопорное кольцо 24.

Исполнительные поверхности служат для передачи момента. Шлицы 16-18 и шпиндельное отверстие 2 и 10. Остальные поверхности свободные.

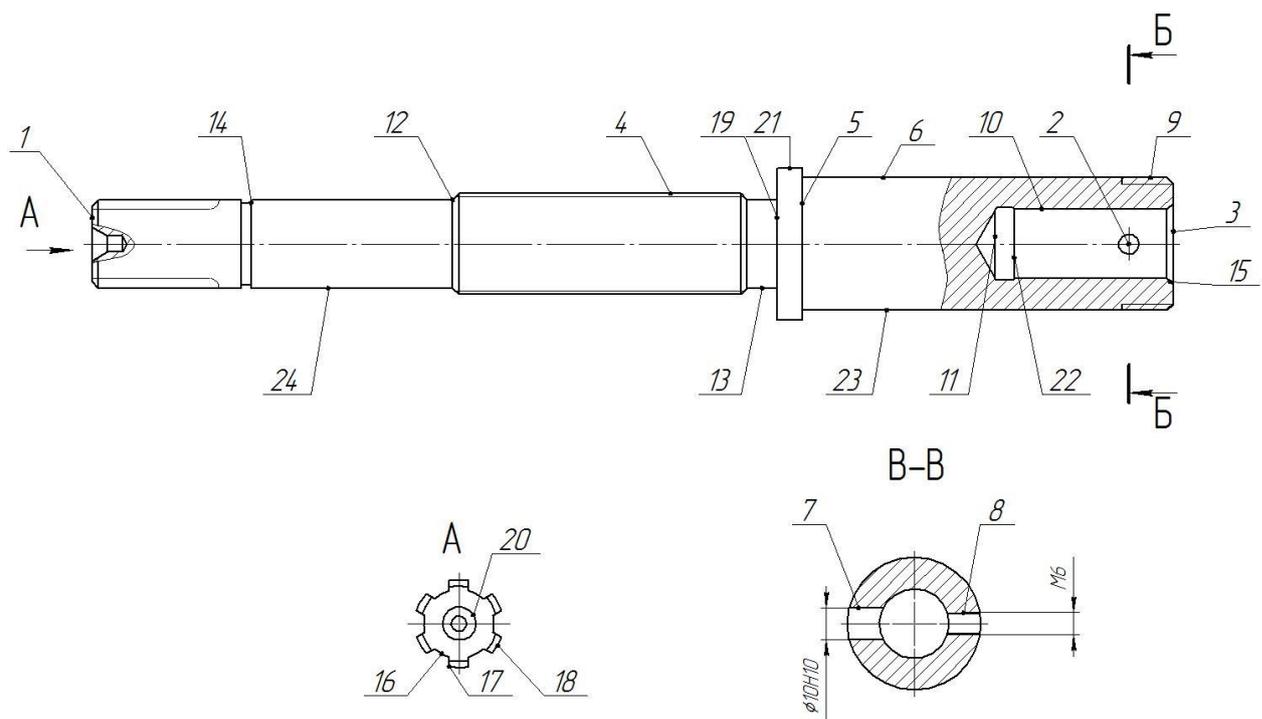


Рисунок 1 – Шпиндель с номерами

С учетом назначения поверхностей выбираем требования на них и указываем на чертеже.

1.3 Анализ требований

Анализ технологичности нужен для упрощения технологических методов и применяемого оборудования и для обоснования конструкторских требований.

«Коэффициент использования материала шпинделя:

$$K_{\text{им.}} = \frac{m}{M}, \quad (1)$$

где m – масса детали, кг;

M – масса заготовки, кг» [16].

$$K_{\text{им.}} = \frac{4,2}{5,3} = 0,79.$$

Коэффициент соответствует требованиям серийного производства. Остальные технические требования на чертеж имеют минимальные и обоснования значения.

1.4 Анализ технологичности

Рассмотрим последовательно следующие вопросы по технологичности шпинделя.

Оценка технологичность конструкции включает оценку геометрических и физических характеристик шпинделя, таких как длина, диаметры, шероховатости поверхности и другие параметры, и их влияние на его жесткость и точность.

Требования точные для шеек под подшипники и посадочные отверстия. Шероховатость соответствует точности.

Так как отношения длины 340 мм к среднему диаметру 35 мм дает значение близкое к 10, критерий жесткости не проходит. Шпиндель можно отнести к деталям низкой жесткости, которая имеет высокие требования по точности, сделанного из нормально обрабатываемого материала.

Исследование возможной замены и ограничений назначенного материала (например, по твердости, склонности к трещинам или деформации), чтобы определить, подходит ли он для данной конструкции. Сталь 40Х имеет нормальную обрабатываемость, пластичность, не склонна к дефектам при стандартной термообработке. По назначению соответствуют требованиям к шпинделю.

Анализ технологичности обработки включает в себя определение оптимальных методов обработки шпинделя из материала 40Х, таких как точение, фрезерование, шлифование и сверление.

Необходима разработка оптимальной последовательности операций обработки для достижения необходимой точности и качества поверхности. Отверстие высокой точности небольшого размера дает возможность использовать методы обработки осевым инструментом.

Канавка в отверстии из-за малых размеров труднодоступна (диаметр канавочного резца будет малым и его жесткость, соответственно, тоже).

Изучение возможности использования высокопроизводительных методов обработки и инструментов показывает, что шлицы имеют выход с торца и можно использовать дисковые или червячные фрезы. Резьбовой инструмент также работает на выход для центральной резьбы.

Оценка технологичности получения заготовки включает выбор оптимального метода получения заготовки из материала 40Х, который обеспечит необходимые размеры и физические свойства.

Оценка возможности использования методов литья, штамповки, экструзии или других технологий для получения заготовки с минимальными дефектами и максимальной точностью показывает, что рационально использовать только или прокат или штамповку. Последний метод из-за малого перепада диаметров может быть под вопросом.

Технологичность установки включает изучение требований к установке шпинделя и определение оптимального способа его крепления с учетом его низкой жесткости и высоких требований по точности.

Из-за малой жесткости требуются дополнительные опоры. Их можно применить подвижные или стационарные. Требуется дополнительно выверка. Шпиндель относится к деталям типа вал. Установка подразумевает использование центров. Но шпиндель имеет высокоточное отверстие с торца. Это приводит к необходимости замены схемы установки и смене баз.

У детали промежуточная резьбовая ступень также будет затруднять установку заготовки.

Требуется разработка специальных установочных элементов приспособления для обеспечения правильного положения заготовки во время установки.

В результате проведенного анализа делаем вывод о не технологичности шпинделя, что затрудняет выбор оптимальных методов обработки, получение заготовки и установки, чтобы обеспечить выпуск высококачественного изделия по требованиям чертежа с заданной точностью.

Выводы по разделу

Выполнен анализ детали, чертежа и технологичности шпинделя. Показаны причины, по которым деталь можно считать не технологичной. Отмечены особенности технологии, которые затрудняют его обработку.

2 Технологическая часть

2.1 Выбор типа производства

Масса шпинделя 4,2 кг, что при годовом объеме выпуска 20 000 штук определяет среднесерийный тип производства [12].

Выбор типа производства по серийности оказывает значительное влияние на параметры проектируемого технологического процесса и его организацию. Это касается всех основных технологических, проектировочных, управленческих аспектов, которые следует учитывать при проектировании технологии.

В зависимости от выбранного типа производства, различные параметры технологического процесса могут быть оптимизированы по разным методикам. В данном случае при среднесерийном производстве эффективными являются методы организации массового производства, такие как поточное производство с определенной последовательностью операций. В нашем случае организационный подход для мелкосерийного или единичного производства с возможным использованием гибких технологий и индивидуального подхода к каждому изделию не рентабелен. Для организации поточной формы необходимо проводить переналадку оборудования под выпуск конкретного изделия.

Такт выпуска:

$$\tau_B = \frac{60 \cdot \Phi_D}{N_r}, \quad (2)$$

где Φ_D - действительный фонд времени работы оборудования в, час;

N_r – объем по заданию.

$$\tau_B = \frac{60 \cdot 2015}{20000} = 6,045 \text{ мин.}$$

2.2 Выбор заготовки

Исходя из выше представленных расчетов для среднесерийного производства, проводим выбор метода получения и проектирование заготовки [9].

Учитываем полную технологическую себестоимости изготовления детали при сравнении нескольких заготовительных методов.

Технологическая себестоимость штамповки

$$C_T = \frac{m}{K_{им}} \cdot [C_{заг} + (C_{мех} - C_{отх}) \cdot (1 - K_{им})], \quad (3)$$

где m – масса шпинделя, кг;

$K_{им}$ – коэффициент использования материал;

$C_{заг}$ - стоимость заготовки штамповки, которая равна

$$C_{заг} = C_{шт} \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{П}, \quad (4)$$

где $C_{шт}$ стоимость штамповки на ГКШП, руб/кг;

$h_T, h_C, h_B, h_M, h_{П}$ – коэффициенты, учитывающие параметры заготовки;

$C_{мех}$ – затраты на обработку, руб/кг

$$C_{мех} = C_C + E_H \cdot C_K, \quad (5)$$

$C_{отх}$ - стоимость стружки, руб.

Для штамповки используем поправочный коэффициент для массы 1,2 по ГОСТ 7505-89. Тогда $K_{им}$ будет обратной величиной - 0,833.

Подставляя данные

$$C_{заг} = 40,2 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 0,87 \cdot 1,2 \cdot 1 = 50,36 \text{ руб.}$$

$$C_{мех} = 3,56 + 0,1 \cdot 10,35 = 4,6 \text{ руб/кг.}$$

$$C_T = \frac{4,2}{0,83} \cdot [50,36 + (4,6 - 1,4) \cdot (1 - 0,833)] = 257 \text{ руб.}$$

Для проката отличается стоимость первого слагаемого

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{пр}} \cdot h_{\text{ф}}, \quad (6)$$

где $C_{\text{пр}}$ – цена материала, руб/кг;

$h_{\text{ф}}$ - учет формы.

Технологическая стоимость шпинделя из проката

$$C_{\text{заг}} = 18,45 \cdot 1,06 = 19,7 \text{ руб/кг.}$$

$$C_{\text{т}} = \frac{4,2}{0,79} \cdot [19,7 + (4,6 - 1,4) \cdot (1 - 0,79)] = 108 \text{ руб.}$$

Деталь изготавливается из проката.

Основные припуски на размеры назначаются на диаметр 48 мм и на торцы. Принимаем диаметральный припуск 2,5 мм на сторону. Общий размер 53 мм.

Длина по 2,5 мм с двух сторон дает 345 мм.

Точность нормальная. Резка на круглопильном станке.

2.3 Разработка маршрута

При выборе методов обработки и соответствующего технологического оборудования и оснастки необходимо учитывать различные факторы.

Технологические требования среднесерийного производства определяют необходимость использования определенного оборудования. К ним относят универсальное с ЧПУ и специализированное. Также относится и к оснастке для производства конкретной продукции. В данном случае шпиндель с обработкой точением и круглым шлифованием. Также необходимо формировать резьбу, шлицы, высокоточное отверстие. При производстве шпинделя необходимо также использовать специализированное оборудование для термической операции [13].

Выбор оборудования и оснастки должен обеспечивать высокое качество продукции. Точность станков для финишных операций (обработка по 6–7 квалитетам точности) должна соответствовать. Использование станков с ЧПУ в производстве необходимо для обеспечения высокой точности и повторяемости.

С учетом такта выпуска в 6,05 мин оборудование, технология, оснастка, транспортировка должны обеспечивать необходимую производительность производства. Если длительность операции будет занимать такая же – станок будет весь год обрабатывать только эту деталь. Для серийного производства это не приемлемо.

Поэтому необходимо использовать станки с высокой частотой вращения шпинделя (до 10000 об/мин) и точностью, что обеспечивается системой позиционирования, чтобы обеспечить высокую производительность [14].

Правильное обслуживание и ремонт станков и оснащения должны обеспечить надежность производственного цикла. Меры по анализу опасных факторов и меры против них должны сделать безопасными для использования (раздел 4).

Замена станка влечет капитальные вложения. Стоимость заменяемых станков или оснастки должны учитываться при экономическом обосновании.

С учетом требований, указанных на чертеже, материала и формы заготовки, выбираем методы по обработке отдельных поверхностей. Наружные цилиндрические поверхности все проходят одну и ту же последовательность технологических переходов: точение черновое, чистовое, термообработку, и для самых точных поверхностей, черновое и чистовое круглое шлифование. Квалитеты по переходам располагается в следующей последовательности: 13, 10, 7, 6 [5].

Для центрального отверстия последовательность переходов заключается в сверлении, растачивании чистовом и внутреннем шлифовании. Дополнительным переходом является получение канавки под выход шлифовального круга.

Для обработки отверстий необходимо использовать сверление, зенкерование и развертывание.

Для обработки шлицов используется переход зубофрезерования.

Для обработки резьбовых поверхностей применяем универсальный способ нарезания резьбы резьбовым резцом на токарном станке.

Общий маршрут будет следующим (таблица 1) [15].

Таблица 1 - Маршрут изготовления вала шлицевого

Операция	Наименование операции	Оборудование
000	Заготовительная	Отрезной станок
005	Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный МР-72
010	Токарная	Токарный центр SE 320 NUMERIC
015	Токарная	Токарный центр SE 320 NUMERIC
020	Термообработка	Печь, ванна
025	Торцекруглошлифовальная	Круглошлифовальный станок 3Т153Е
025	Круглошлифовальная	Круглошлифовальный станок 3М153
030	Резьбошлифовальная	Резьбошлифовальный 5К822В
035	Внутришлифовальная	Внутришлифовальный станок 3К228В
040	Мойка	Моечная машина
045	Контроль	Контрольный стенд

Более рациональным было бы выполнять резьбошлифовальную операцию последней.

2.4 Выбор оснащения

При выборе инструментального обеспечения для выполнения технологической операции по обработке детали необходимо учитывать множество факторов, таких как тип обработки, материал детали, требуемая точность, размер и форма детали, а также технические характеристики станка. Пошаговый алгоритм выбора инструментального обеспечения следующий [4].

Для определенного способа обработки и материала детали 40Х выбрать соответствующий инструмент и инструментальный материал. Например, для

фрезерования стали может использоваться фреза с твердосплавными вставками из титано-танталовой группы, а для сверления – сверло, возможно с покрытием из нитрида титана.

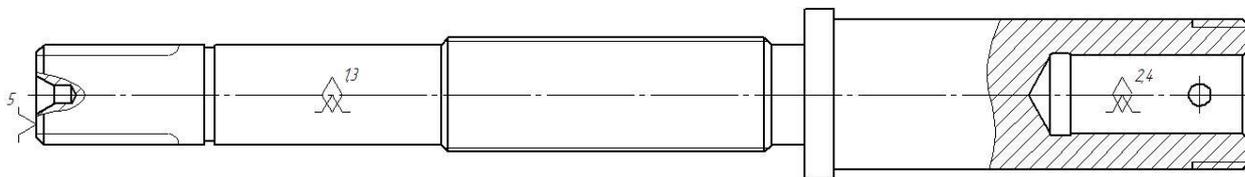


Рисунок 2 – Базирование шпинделя

Определить требуемую точность обработки и выбрать инструмент с соответствующей точностью. Например, для высокоточной обработки отверстия может использоваться зенкер или развертка.

Необходимо учитывать размер и форму детали. Например, для обработки канавки в малом отверстии может использоваться борштанга с малым сечением, а для обработки шлицев – червячная фреза.

Изучить технические характеристики станка и выбрать инструмент, который соответствует этим характеристикам. Например, для станка с определенным типом крепления инструмента необходим соответствующий инструмент. В данном случае используется станок

Учитывать материал инструмента, изменение его твердости в процессе обработки и его износостойкость. Например, для обработки твердых материалов после закалки может использоваться инструмент с покрытием из алмаза или карбида вольфрама.

Можно дополнительно сравнить стоимость инструмента и его износостойкость. Например, дешевый инструмент с быстрым износом (P6M5) может оказаться дороже в долгосрочной перспективе, чем более дорогой, но более износостойкий инструмент.

Подобрать необходимые приспособления и приспособления для крепления инструмента на станке. Например, для крепления фрезы может использоваться специальный патрон или шпиндель.

Провести испытания выбранного инструмента на прототипе детали при запуске технологии и внести необходимые корректировки в технологический процесс.

Все эти шаги помогут выбрать оптимальный инструмент для выполнения технологической операции по обработке детали с учетом всех факторов, влияющих на качество и эффективность обработки (таблица 2).

Таблица 2 - Выбор оснащения

Операция	Станок	Приспособле ние	Инструмент	Контроль
1	2	3	4	5
005	Фрезерно- центровальный MP-72	Тиски 7201- 0007 ГОСТ 14904-80	2214-0502 Фреза диаметр 63, z=6 T15K6 ГОСТ 28719-90; 2317-0033 Сверло диаметр 4 P6M5 ГОСТ 14952-75	Линейка ГОСТ 427- 75
010	Токарный центр SE 320 NUMERIC	Патрон ГОСТ 2571- 71; Центр А-1-4- Н ГОСТ 8742-75	PCLNR 2525M12 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82; 2130-0002 Резец T15K6 ГОСТ 18884-73; 035-2126- 1179 Резец T14K8 ОСТ 2И10-7-84; 035-2159-0539 Резец T15K6 ОСТ 2И10-9- 84; Фреза P6M5 ГОСТ 10996-64	ШЦК-I-250- 0,02 ГОСТ 166-89; Калибр- скоба резьбовая ГОСТ 2016- 86
015	Токарный центр SE 320 NUMERIC	Патрон цанговый, люнет Rohm	Сверло диаметр 19T15K6; 2320-0515 Зенкер BK8 ГОСТ 21583-76; 035-2128- 0525 Резец T14K8 ОСТ 2И10-8-84; 2301-0830 Сверло P6M5 ГОСТ 19546- 74; 2300-1026 Сверло P6M5 ГОСТ 19544-74; 2320-0204 Зенкер P6M5 ГОСТ 21581- 76; 2629-2029	ШЦК-I-250- 0,02 ГОСТ 166-89

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
-	-	-	Метчик ГОСТ 17928-72	-
025	Центро-шлифовальный ZS 102	Тиски вертикальные	Круг	-
030 035	Кругло-шлифовальный станок 3Т153Е	Патрон 6155-0053 ГОСТ 20505-75; Центр 7032-0014 ГОСТ 13214-79	Круг 1 300x40x127 63А F80 N7V 35м/с А 1кл. ГОСТ 2424-2008	Скоба ГОСТ 11098-75
040	Резьбо-шлифовальный 5К822В	Оправка 7112-1452 ГОСТ 31.1066.02-85; Люнет 6046-0013 ГОСТ 21190-75	2727-0128 Круг АС6 200/160 100 М2-01 ГОСТ 30352-96	Калибр-скоба ГОСТ 18255-73 Шаблон ГОСТ 2534-79
045	Внутришлифовальный станок 3К228В	Патрон цанговый, люнет Rohm	Круг 1 16x20x6 63А F80 N7V 35м/с А 1кл. ГОСТ 2424-2008	ПАК

Оснастка может выполнить все предусмотренные переходы.

2.5 Расчет припуска

Особенности выбора припусков для разных поверхностей заключаются в учете условий обработки.

Поверхности с высокой точностью требуют многоступенчатой обработки. Для таких поверхностей необходимо выбирать припуски с минимальными значениями на финишных переходах, чтобы обеспечить высокую точность обработки.

Поверхности с низкой точностью и точные на начальном этапе. Для таких поверхностей можно выбирать припуски с большими значениями, чтобы сократить время обработки и снизить расход режущего инструмента.

Рассчитаем припуск на шейку 42h6.

Погрешность расположения Δ_0

$$\Delta_{\text{кор}} = \Delta_{\text{кл}} l, \quad (7)$$

где $\Delta_{\text{кл}}$ – коробление заготовки на единицу длины, мкм/мм;

l – длина детали, мм.

$$\Delta_{\text{кор}} = 2,4 \cdot 340 = 816 \text{ мкм.}$$

Общее отклонение

$$\Delta_{\text{пр}}^3 = \sqrt{\Delta_{\text{ц}}^2 + \Delta_{\text{кор}}^2}, \quad (8)$$

где $\Delta_{\text{ц}}$ – погрешность зацентровки, мм.

$$\Delta_{\text{пр}}^3 = \sqrt{0,4^2 + 0,816^2} = 0,9 \text{ мм.}$$

Эту погрешность от заготовки уточняем по переходу через коэффициент уточнения $K_{\text{у}}$

$$\Delta_{\text{пр}}^i = K_{\text{у}} \Delta_{\text{пр}}^3. \quad (9)$$

Результаты расчета входят в формулу минимального припуска

$$2Z_{\text{min}}^i = 2[R_z^{i-1} + h^{i-1} + \sqrt{(\Delta_{\text{пр}}^{i-1})^2 + (\Delta \varepsilon_y^i)^2}]. \quad (10)$$

Операционные размеры

$$d_{\text{min}}^{i-1} = d_{\text{min}}^i + 2Z_{\text{min}}^i, \quad (11)$$

где d_{min}^{i-1} – размер на предыдущем переходе, мм;

d_{min}^i – размер данного перехода, мм.

Максимальный размер

$$d_{max}^i = d_{min}^i + Td^i, \quad (12)$$

где Td – допуск, мм.

Последний шаг расчетов

$$2Z_{max}^i = d_{max}^{i-1} - d_{max}^i. \quad (13)$$

После расчета получена схема припусков (рисунок 3).

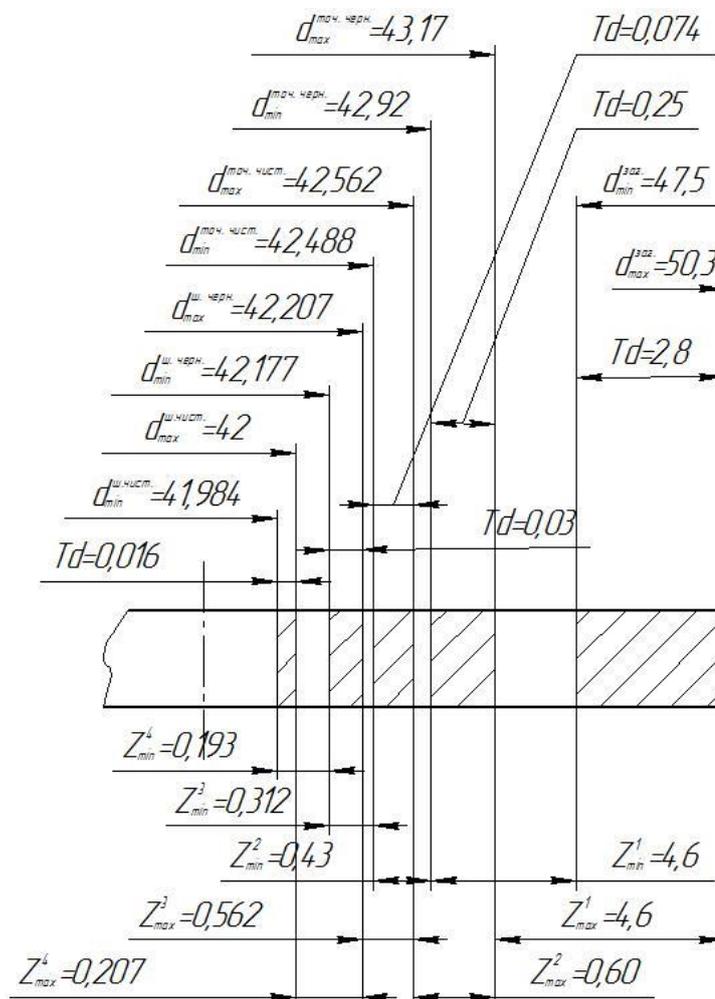


Рисунок 3 – Припуски для размера 42 мм

2.6 Проектирование операций

Режимы резания влияют на производительность, качество поверхности и долговечность инструмента при обработке материалов. При выборе или расчете режимов резания необходимо учитывать тип материала и заготовки и инструмента. Режимы резания для различных материалов будут отличаться, так как каждый материал имеет свои технологические свойства и требования к обработке.

Геометрия и состояние инструмента должны быть подобраны под конкретный материал и задачу (черновая или чистовая обработка), а также находиться в хорошем состоянии (вовремя подналадка и замена).

Выбор оптимальной скорости резания позволяет достичь наилучших результатов при обработке материала по стойкости и стабильности точности.

В сочетании с оптимальной подачей позволяет достичь наилучшей производительности и качества обработки.

Глубина резания должна быть выбрана с учетом прочностных и деформационных ограничений на черновом этапе, параметров качества на чистовом этапе.

Охлаждение и смазка помогают уменьшить износ инструмента и улучшить качество обработки.

Учитывая эти факторы, можно выбрать оптимальные режимы резания для конкретного материала и задачи.

Глубина резания при точении для первого перехода – 2,9 мм; для второго – 0,26 мм. Соответствующие подачи: 0,7 и 0,25 мм/об.

Для точения

$$V = \frac{C_v}{T^{m \cdot t \cdot s \cdot y}} \cdot K_v \quad (14)$$

где все коэффициенты выбираем по [14].

Поправочный коэффициент

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

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

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

Черновая обработка при стойкости 40 мин дает

$$V = \frac{180}{40^{0,2} \cdot 2,9^{0,15} \cdot 0,7^{0,35}} \cdot 1 = 130 \text{ м/мин.}$$

Аналогично для чистовой получим

$$V = \frac{420}{40^{0,2} \cdot 0,26^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 1,1 = 357 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 130}{3,14 \cdot 43} = 963 \text{ мин}^{-1};$$

$$n = \frac{1000 \cdot 357}{3,14 \cdot 42} = 2770 \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем расчетные данные по оборотам.

Результат вычислений по подаче

$$S_m = 0,7 \cdot 963 = 674 \text{ мм/мин.}$$

$$S_m = 0,25 \cdot 2770 = 693 \text{ мм/мин.}$$

Силу резания считаем только для чернового перехода

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (15)$$

где параметры по [16].

«Для силы поправка

$$K_p = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,35} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \quad (16)$$

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

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

$$K_p = 1 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,83.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,9^1 \cdot 0,7^{0,75} \cdot 130^{-0,15} \cdot 0,93 = 2984 \text{ Н.}$$

«Нормирование

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

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

n – партия запуска (472 шпинделя);

$T_{шт}$ – штучное время, мин» [19].

Штучное время $T_{шт}$:

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{об} + T_{от}, \quad (18)$$

«где T_o – время обработки, мин;

T_v – время вспомогательных переходов, мин;

$T_{об}$ – время общего обслуживания, мин;

$T_{от}$ – время отдыха, мин» [8].

Основное время находится с учетом размеров шпинделя.

«Машинное время:

$$T_o = \frac{l_1 + l_p + l_2}{S_{мин}}, \quad (19)$$

где l_1 – быстрый подвод, мм;

l_p – длина резания, мм;

l_2 – перебег, мм;

$S_{мин}$ – минутная подача, мм/мин» [12].

По длине учтем всю длину, также повторные ходы по снятию напуска. Так как самый большой диаметр у буртика длиной 8 мм, все остальные поверхности обрабатываются много переходно. Для этого учтем глубину резания 2,9 мм. На диаметр 5,8 мм. Получается с одной стороны с 53 мм надо дойти до 42,5 мм. Это два перехода.

С другой стороны до 32 мм надо сделать 4 перехода.

Тогда общая длина обрабатываемой поверхности равна утроенной длине детали. Основное время с учетом этого

$$T_o = \frac{(340+5+5) \cdot 3}{674} = 1,56 \text{ мин.}$$

Для чистового точения

$$T_o = \frac{(340+5+5) \cdot 1}{693} = 0,51 \text{ мин.}$$

На переходы по обработке канавок, нарезанию резьбы, фрезерованию шлицев режимы и нормы определялись автоматически в системе Вертикаль по нормативам и расчетным формулам из [12].

Определим режимы резания для остальных переходов. Для канавок режимы принимаем как на чистовом точении.

Для нарезания резьбы и шлицевого фрезерования у переходов 7 и 8 режимы обработки в таблице 3.

Таблица 3 – Режимы резания (операция 010)

Переход	Глубина резания, мм	Количество переходов	Подача, мм/об	Обороты, об/мин	Скорость, м/мин	То, мин
7. Нарезать резьбу	0,2	4	1,5	953	98,8	0,58
8. Фрезеровать шлицы	2	1	1,35	165	32,7	2,51

Для 015 операции все режимы резания представлены в таблице Б.1 приложения Б и наладке.

Суммарно время обработки по всем переходам

$$T_o = 1,56 + 0,51 + 0,58 + 2,51 + 0,1 + 0,2 = 5,56 \text{ мин.}$$

Тогда штучное время 010 операции

$$T_{шт} = 5,56 + 2,5 + 0,6 + 0,3 = 8,96 \text{ мин.}$$

И окончательно

$$T_{шт-к} = \frac{25}{472} + 8,96 = 9 \text{ мин.}$$

Для операции 015 расчеты по времени будут аналогичными.

Включаются переходы по сверлению

$$T_0 = 0,2 + 0,23 + 0,18 + 0,26 + 0,11 + 0,07 + 0,03 = 1 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шт}} = 1 + 1,6 + 0,3 + 0,09 = 3 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{25}{472} + 3 = 3,49 \text{ мин.}$$

Выводы по разделу

Для шпинделя выбрана заготовка – прокат, разработан технологический маршрут и рассчитаны припуски на точную поверхность. Для операций выбраны станки и оснащение.

Режимы резания и нормы времени определены на первую часть технологического процесса изготовления шпинделя.

Все расчеты выбраны по соответствующим стандартам.

3 Проектирование оснастки

3.1 Проектирование станочного приспособления

Проектирование ведем для операции 015. Это цанговый патрон самоцентрирующий, устанавливаемый на фланец шпинделя станка.

Для выбранного станка SE 320 NUMERIC посадочные места корпуса патрона должны соответствовать размерам с рисунка 4 [22].

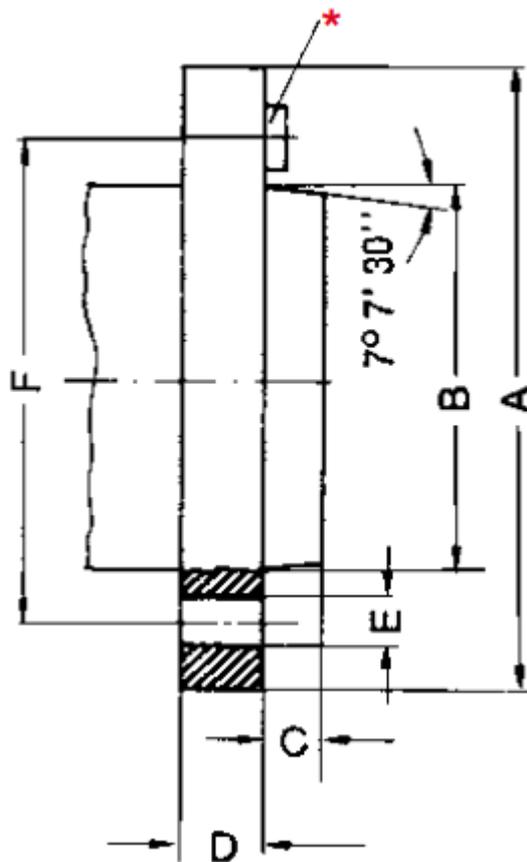


Рисунок 4 – Посадочный фланец шпинделя станка

Для конструктивных элементов зажимных приспособлений необходимо выделить основные эксплуатационные функции для обоснованного назначения технических требований.

К основным функциям приспособления относят базирование и фиксацию. Основные элементы оснастки реализуют их. Это зажимные кулачки или лепестки цанги: обеспечивают крепление заготовки в нужном положении с центрированием и фиксацию ее при обработке. Зависят от параметров размеров заготовки и требуемой силы зажима.

Зажимной механизм нужен для преобразования усилия от штока на кулачки.

Вспомогательные элементы оснастки также должны быть предусмотрены. Упоры, стопоры, крышки, уплотнения служат для поддержки работоспособности патрона.

Конкретные параметры и зависимости будут определяться требованиями к обрабатываемой заготовке (уровень точность 12-9 квалитеты) и условиями ее обработки (черновое много переходное и чистовое скоростное течение). Также предусматривается обработка заготовки в зафиксированном положении.

Для расчета станочного приспособления необходимо задать исходные данные. Геометрические параметры обрабатываемой детали, такие как размеры, форма, материал. Размеры базовой поверхности по диаметру 53 мм, длина 340 мм. Форма – вал средней ступенчатости. Материал – сталь 40X.

Технологические требования к обработке шпинделя, такие как точность (черновая – 12 квалитет, чистовая -9), шероховатость поверхности (6,3 и 2,5 мкм), требуемая производительность (партия запуска 472 детали при общем времени операции 9 мин). На всю партию 8 смен, что при двухсменной работе занимает 4 дня.

Учитываются характеристики станка, такие как тип станка (токарный центр), его габаритные размеры (2400 на 1490 мм), максимальная нагрузка на закрепление детали (определяется жесткостью).

Учитываются характеристики приспособления, такие как тип приспособления (универсальный, наладочный), его габаритные размеры (до 200 мм в диаметре), материал (сталь 40 или 40X), масса (до 30 кг).

При расчете сил закрепления необходимо учитывать различные нагрузки при обработке. Это могут весовые или центробежные силы.

Необходимо учитывать точки закрепления заготовки в приспособлении и на станке (схема базирования показана на рисунке 2).

Максимальная нагрузка для закрепления детали, которую может выдержать приспособление и станок (проверочный расчет на прочность).

Коэффициент трения между деталью и приспособлением принимаем для черногового перехода равным 0,3. Для чистового перехода примем 0,1.

Коэффициент трения между приспособлением и станком определяется базовыми поверхностями и схемой фиксации винтами.

Схема сил резания и закрепления, возникающая при обработке детали, представлена на рисунке 5.

Базовая схема базирования 010 операции остается. Реализация меняется. На 010 используется патрон трех кулачковый и поджим задним центром. На 015 операции из-за зажима по обработанной поверхности необходимо более щадяще отнестись к базовой поверхности. Поэтому выбрана цанга.

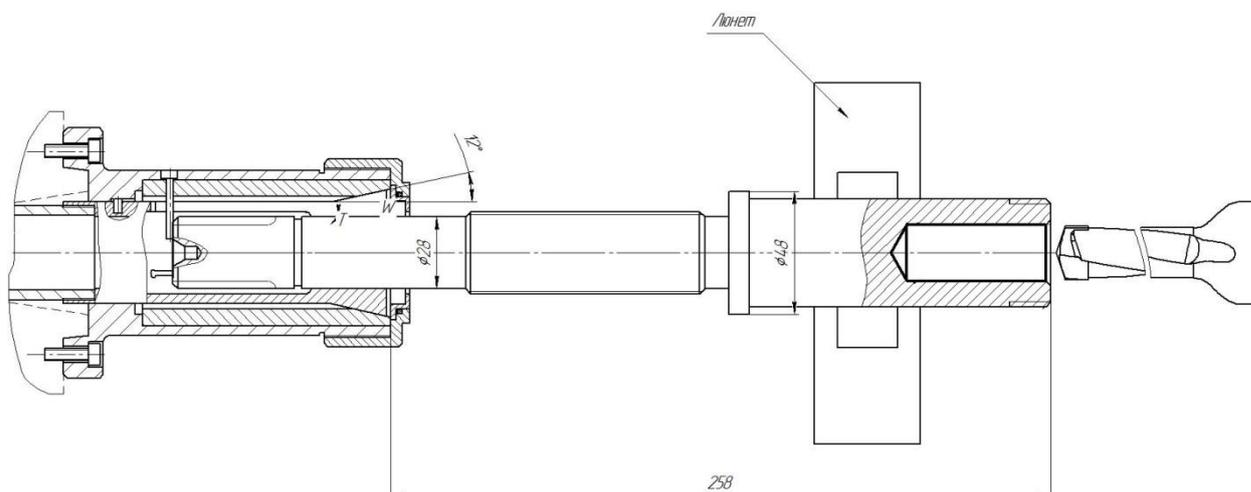


Рисунок 5 – Схема установки вала на операции 015

Для исключения вырывания заготовки вместо центра используется люнет.

Дополнительные нагрузки на деталь и приспособление, такие как вибрации и удары, для данной операции исключены.

Учитывая эти исходные данные, можно рассчитать минимально необходимые силы закрепления для обработки заготовки шпинделя на станке с использованием цангового приспособления [1].

Проектируем патрон цанговый для 015 токарной операции.

Переходы для расчета: сверление отверстия 20 мм. Заготовка из проката, сталь 40Х, прочность $\sigma_B=750$ МПа. Сверло спиральное 2301-0840 Р6М5 ГОСТ 19546-74.

Момент при сверлении

$$M = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (20)$$

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.

После подстановки показателя для сверления

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

Для перехода момент резания

$$M = 10 \cdot 0,0345 \cdot 20^2 \cdot 0,25^{0,8} \cdot 1 = 45,5 \text{ Нм.}$$

Зажим цангой с люнетом обеспечивает жесткость заготовки.

«Момент сил закрепления рассчитываем через силу зажима:

$$M_3 = \frac{W \cdot f \cdot d_3}{2}; \quad (21)$$

где W – сила зажима, Н;

d_3 – диаметр вала (32 мм), мм;

f – коэффициент трения 0,15» [16].

«Сила закрепления выражается как

$$W = \frac{2 \cdot K \cdot M}{n \cdot f \cdot d_3}, \quad (22)$$

где K – коэффициент запаса» [17]

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (23)$$

где « $K_0 = 1,5$ - коэффициент гарантированного запаса,
 $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$ – коэффициенты условий обработки» [18].

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,3 = 2,34.$$

Коэффициент примем 2,5. n конструктивно равно 3.

$$W = \frac{2,5 \cdot 45,5}{3 \cdot 0,15 \cdot 0,03} = 15799 \text{ Н.}$$

В цанге для деформации лепестков цанги необходима еще сила:

$$Q = Q_1 + Q_2, \quad (24)$$

где Q_1 - усилие деформации лепестков, Н;

Q_2 - исходная сила зажима, Н.

«Дополнительное усилие рассчитывается по формуле:

$$Q_1 = 3 \cdot \frac{E J f_z}{l^3} t q (\alpha + \varphi), \quad (25)$$

где E – модуль упругости стали, МПа;

J – момент инерции сечения цанги;

f - прогиб лепестка цанги, мм;

l – вылет лепестка цанги, мм;

α - конус цанги;

φ - угол трения» [18]:

Последний равен

$$\varphi = \operatorname{arctg} f, \quad (26)$$

где f – коэффициент трения 0,15.

$$\varphi = \operatorname{arctg} 0,15 = 8,53^\circ.$$

«Момент инерции

$$J = \frac{D^3 S}{8} \left(\alpha_1 + \sin \alpha_1 \cos \alpha_1 - \frac{2 \sin^2 \alpha_1}{\alpha_1} \right), \quad (27)$$

где D – диаметр цапги, мм;

S – толщина лепестка, мм;

α_1 - угол сегмента секции цапги» [18].

$$J = \frac{42^3 \cdot 4}{8} \left(1,9199 + \sin 1,9199 \cos 1,9199 - \frac{2 \sin^2 1,9199}{1,9199} \right) = 24820 \text{ мм}^4;$$

$$Q_1 = 3 \cdot \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 24820 \cdot 0,3 \cdot 3}{34^3} \operatorname{tg} 23^\circ = 69713 \text{ Н}.$$

Усилие на штоке привода:

$$Q_2 = W \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi). \quad (28)$$

$$Q_2 = 15799 \cdot \operatorname{tg}(15 + 8,53) = 6879 \text{ Н}.$$

После подстановки полученных данных получим:

$$Q = 6879 + 69731 = 76610 \text{ Н}.$$

Диаметр поршня привода зажима:

$$D = \sqrt{1,27 \frac{Q}{\eta P} + d^2}, \quad (29)$$

где η - коэффициент полезного действия;

P – давление, МПа;

d – диаметр штока, мм.

$$D = \sqrt{1,27 \frac{76610}{0,95 \cdot 7,5} + 70^2} = 136 \text{ мм.}$$

Округляем до 150 мм.

Цанговый патрон предназначен для закрепления заготовки шпинделя на токарной операции.

Цанговый патрон состоит из корпуса 1, внутри которого располагается перемещающаяся в продольном направлении цанга 3. Своими коническими поверхностями она скользит по направляющей втулке 6, которая запрессована внутри корпуса 1. Сам корпус 1 крепится на шпинделе станка при помощи винтов 8.

Промежуточным элементом, соединяющим перемещение цанги 3 и привод зажима, является тяга 4. По резьбе она вкручивается в цангу 3. Для исключения поворота цанги внутри корпуса 1 используются направляющие штифт, который скользит по направляющему пазу внутри отверстия корпуса 1. Для обеспечения фиксации заготовки в заданном осевом направлении используется вкручивающийся винт-упор 2. Для того, чтобы предотвратить попадание грязи и стружки внутрь корпуса приспособления, и снижения эксплуатационных характеристик, используется защитная крышка гайка 5. Через ступенчатое отверстие она поджимает защитное кольцо, с которым контактирует крышка-гайка 5 через уплотнительное кольцо 9.

Патрон работает следующим образом. После закрепления винтами 8 на шпинделе станка цанги 3 при помощи тяги 4 с приводом зажима происходит установка заготовки. Шпиндель помещается внутри цанги 3. Доводится до касания упора 2. При включении привода зажима перемещается влево тяга 4 и цанга 3 своей наклонной частью под 12 градусов скользит по направляющей втулке 6. Происходит фиксация заготовки.

После обработки давление продается в другую полость привода зажима. Тяга 4 и цанга 3 перемещаются вправо. За счет сил упругости освобождается заготовка, которая вынимается из патрона.

3.2 Проектирование инструмента

В данной работе предлагается использовать вместо зенкера расточную борштангу.

В настоящее время существует несколько основных направлений совершенствования режущего инструмента. Одно основано на использовании достижений в области материаловедения. Разработка и применение нанотехнологий в производстве режущих инструментов позволяет создавать инструменты с улучшенными свойствами, такими как повышенная твердость, стойкость к износу и термостойкость [21].

Применение аддитивных технологий и использование 3D-печати для создания режущего инструмента позволяет проектировать сложные формы инструментов, а также создавать инструменты с быстро изменяемой геометрией [24].

Также с достижениями в области материаловедения связана разработка более эффективных покрытий, которые обладают повышенной твердостью, адгезией и стойкостью к износу [23] применение новых материалов, таких как композиты и керамика, для создания режущих инструментов с улучшенными свойствами [11].

Разработка автоматизированных систем контроля, которые автоматически мониторят состояние режущего инструмента, такие как износ, трещины и повреждения. Это позволяет предотвратить выкрашивание, поломку инструмента и повысить надежность процесса обработки [20].

Применение искусственного интеллекта и машинного обучения для оптимизации процессов обработки и управления режущим инструментом [25].

Модель инструмента представлена на рисунке 6.

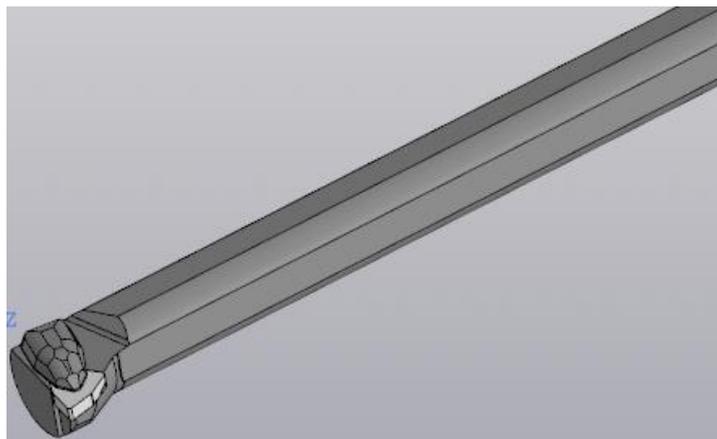


Рисунок 6 - Модель борштанги

Данный инструмент предназначен для обработки центрального отверстия. Конструкция инструмента обеспечивает универсальность обработки отверстий разного размера [10]. Это снижает количество необходимого осевого инструмента. Кроме этого стойкость резца и повышение режимов обработки обеспечивает повышение эффективности операции.

При обработке лимитирующим переходом является нарезание прямобочных шлицов. Альтернативными методами нарезания данной поверхности является использование метода обката и метода копирования.

Первый связан с использованием червячной фрезы. Для реализации этого способа необходимо обеспечить согласованное вращение инструмента и заготовки с одновременным продольным движением инструмента. Это выполняется на специализированных зубофрезерных станках, работающих методом обкатки.

Для уменьшения количества используемого оборудования, повышения точности за счет сокращения количества переустановок, используем метод копирования, который можно реализовать на токарно-фрезерном центре. Особенностью операции является использование фасонной фрезы для нарезания шлицев (рисунок 7).

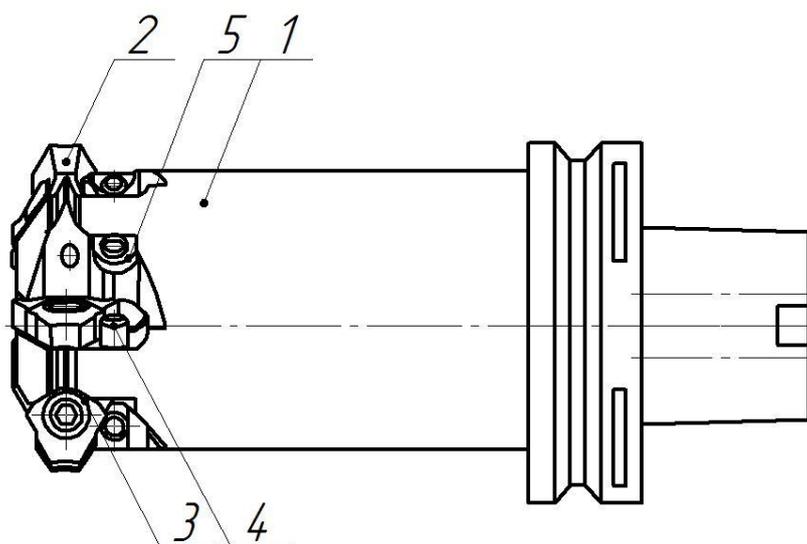


Рисунок 7 - Фреза

Особенностью конструкции инструмента является форма режущих пластин 2, которая копирует форму впадины между выступами шлицов. Инструмент имеет хвостовик 1 для закрепления в приводной позиции резцедержателя токарно-фрезерного станка. Для крепления режущих пластин используются промежуточные клиновые вставки 5, которые обеспечивают надежную фиксацию за счет поперечной силы, а также при необходимости возможность быстрой замены режущих пластин.

Инструмент является высокопроизводительным, высокоточным. Его использование позволяет снизить время обработки по сравнению с нарезанием зубьев стандартным режущим инструментом.

Вывод по разделу

Спроектировано приспособление и инструмент, спецификации на которые представлены в таблице Б.1 приложения Б и в таблице В.1 приложения В.

4 Экологичность и безопасность проекта

В разделе рассматриваются опасные факторы, возникающие при изготовлении шпинделя, и меры борьбы с ними [3].

Заготовка используется прокат. В работе рассматриваются 010 и 015 токарные операции на токарном центре SE 320 NUMERIC. Заготовка фиксируется в патроне, спроектированном в разделе 3. Дополнительно на 010 используется центр А-1-4-Н ГОСТ 8742-75, а на 015 - люнет Rohm. Это обеспечит двух опорную схему установки. Инструменты стандартные под точение: резец PCLNR 2525M12 T15K6 ТУ 2-035-892-82; резец 2130-0002 T15K6 ГОСТ 18884-73; резец 035-2126-1179 T14K8 ОСТ 2И10-7-84. Для нарезания шлицев используется спроектированная фреза сборная с пластинами 15K6. Для обработки отверстия используется осевой инструмент сверло диаметр 19 мм и материал T15K6, борштанга расточная T14K8, сверло диаметр 9 мм P6M5 ГОСТ 19546-74, сверло 2300-1026 диаметр 5 мм P6M5 ГОСТ 19544-74. На шлифовальных операциях проводится обработка шеек, отверстия и резьбы. Станки центро-шлифовальный ZS 102, кругло-шлифовальный станок 3T153E, резьбо-шлифовальный 5K822B, внутришлифовальный станок 3K228B. Охлаждение полусинтетической СОЖ. Состав: вода (до 50%) и эмульгаторы (до 40%), нефтяное масло. Положительные свойства: коррозионная стойкость, стойкость к био-разложению. Операторы: токарь оператор станков с ЧПУ и шлифовщики.

К опасным и вредным производственным факторам на участке по обработке шпинделя можно отнести шум и вибрацию от оборудования, пыль и испарения, в том числе токсичные, образующиеся при обработке металла, опасность травмирования при работе с металлорежущим оборудованием, пожароопасность из-за наличия горючих материалов и источников искр, напряжение зрения при работе с мелкими деталями, статическое электричество при работе с пластиками и металлами.

Для снижения вредного влияния этих факторов необходимо применять следующие меры.

Использовать средства индивидуальной защиты (наушники, перчатки, маски), проводить регулярные проверки и техническое обслуживание оборудования, организовывать регулярные перерывы для отдыха и расслабления глаз, применять антистатические покрытия на поверхностях материалов и инструментов, обеспечивать хорошую вентиляцию помещения и контроль за содержанием вредных веществ в воздухе.

Для снижения последствий воздействия металлической пыли и токсичных испарений на здоровье работников и окружающую среду необходимо применять средства индивидуальной защиты: респираторы, защитные очки, перчатки и спецодежду.

Использование местной вытяжной системы для каждого рабочего места, а также системы вентиляции и очистки воздуха на рабочем месте, чтобы удалять пыль и вредные испарения из воздуха.

Регулярное проведение медицинских осмотров работников для выявления ранних признаков заболеваний, вызванных воздействием металлической пыли и испарений.

К мерам обеспечения пожарной безопасности относятся разработка и внедрение правил и инструкций по пожарной безопасности, обучение работников мерам пожарной безопасности и действиям в случае пожара, установка систем пожарной сигнализации и пожаротушения, а также обеспечение работников средствами индивидуальной защиты при пожаре и организация эвакуации людей и материальных ценностей в случае пожара.

На производстве предусматривается система пожарной сигнализации в виде комбинированного пожарного извещателя и порошковой системы пожаротушения. Дымовые пожарные извещатели обнаруживают наличие дыма в воздухе, пламенные - обнаруживают открытое пламя. Порошковые системы пожаротушения выбрасывают порошок на очаг пожара, который предотвращает доступ кислорода и тушит огонь.

Мероприятия для снижения уровня шума и вибраций при работе технологического оборудования связаны между собой. Шум часто является результатом вибраций, поэтому снижение вибраций может помочь уменьшить уровень шума. Может помочь использование звукопоглощающих материалов или виброизоляторов, также помогают уменьшить вибрации. Для достижения максимальной эффективности в снижении уровня шума и вибраций необходимо проводить комплексные мероприятия, учитывающие как вибрационные, так и шумовые характеристики оборудования, особенности процесса резания и применяемого оборудования. Особое внимание на процессы фрезерования, которые отличаются высокочастотным врезанием зубьев в заготовку.

Нормы содержания вредных веществ в сточных водах и воздухе определяются законодательством и стандартами. Нормы содержания нефтепродуктов в сточных водах не должны превышать 0,1 мг/л, а сернистого газа в воздухе - 0,05 мг/м³. Способы обеспечения норм содержания вредных веществ включают использование соответствующих очистных технологий с регулярной проверкой и обслуживанием систем очистки, а также обучение рабочих правилам экологической ответственности.

Механическая очистка включает фильтрацию и осаждение, физико-химическая – коагуляцию, флокуляцию, биологическая – аэробную и анаэробную очистку. Для очистки воздуха на промышленных предприятиях применяются системы вентиляции и очистки воздуха, включая механические, электростатические и фильтрующие системы. Механические системы используются для удаления пыли и других механических загрязнений, электростатические – для удаления газов и паров, а фильтрующие – для удаления частиц различного размера.

Выводы по разделу

Предлагаются все необходимые способы защиты работников при изготовлении шпинделя.

5 Экономическая эффективность работы

Любое техническое решение предполагает экономическое обоснование предложенных совершенствований. В этом и заключается основная задача данного раздела бакалаврской работы [6].

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 8.

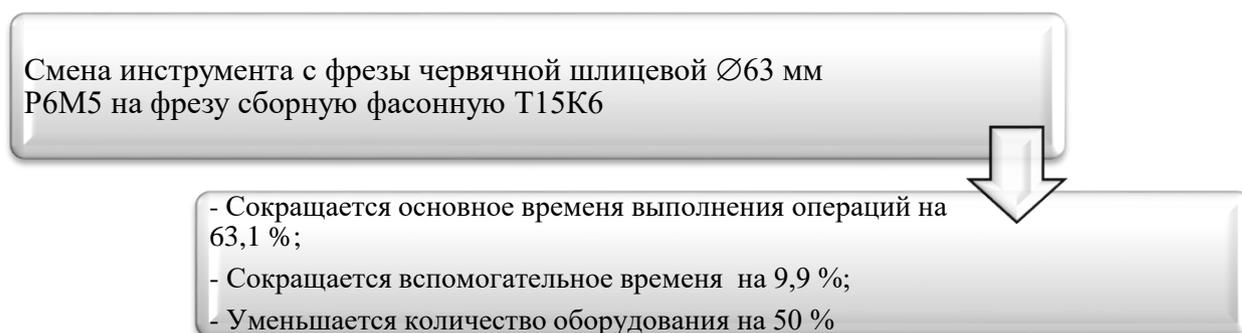


Рисунок 8 – Основные изменения технологического процесса и их технические результаты

Основываясь на технических результатах, представленных на рисунке 8, 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 9.



Рисунок 9 – Последовательность выполнения этапов экономических расчетов определению эффективности проекта

Представленные на рисунке 9 расчеты и методики для их проведения [6] 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 10.

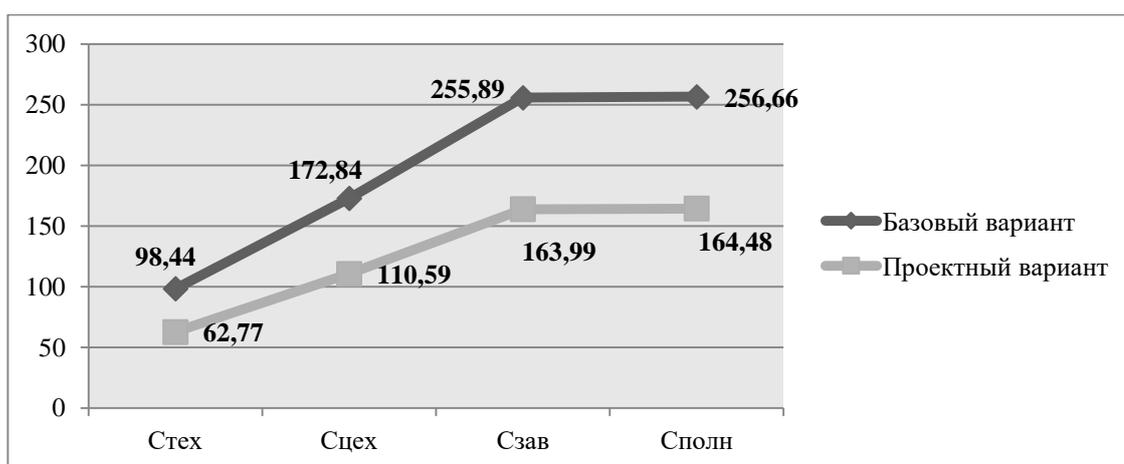


Рисунок 10 – Результаты расчетов по определению себестоимости

На рисунке 10 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 36,2 %.

Результаты расчетов по определению капитальных вложений в совершенствованный технологический процесс, представлены на рисунке 11.

Общие капитальные вложения Кобщ = Квв.пр = 637631,32 руб.	
Прямые капитальные вложения Коб = 0 руб.	Сопутствующие капитальные вложения Ксоп = 697631,32 руб.

Рисунок 11 – Результаты расчетов по определению капитальных вложений

Из рисунка 11 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 12.

Результаты расчетов
<ul style="list-style-type: none">• Срок окупаемости $T = 1$ год• Чистая прибыль $P_{\text{чист}} = 1474880$ руб.• Интегральный экономический эффект $\text{Эинт} = 69263,48$ руб.

Рисунок 12 – Результаты расчетов по определению экономической эффективности

Вывод по разделу

Как видно из рисунка 12, предложенные совершенствования технологического процесса можно внедрять, т. к. это позволит получить предприятию экономический эффект в размере 69263,48 руб.

Заключение

В данной работе представлен разработанный технологический процесс обработки шпинделя инструментальной головки. Для шпинделя выбран материал, а по массе и объему выпуска - серийное производство.

Данная работа посвящена проектированию технологического процесса изготовления шпинделя из стали 40X в условиях среднесерийного производства. Основной целью работы является разработка такого технологического процесса, который обеспечит высокое качество изготовления шпинделя, позволит сократить производственные затраты и выполнить заданный производственный объем.

Этапы работы включают анализ характеристик стали 40X, конструкции детали по технологичности и определение степени ее пригодности для изготовления в заданных условиях.

Изучение технических требований по чертежу, включая самые точные размеры, отклонения расположения, формы, твердость и прочностные характеристики и другие технические параметры для обоснованного выбора технологических переходов.

Разработка технологического маршрута, включая выбор и расчет необходимого оборудования и инструментов. Определение последовательности операций и параметров обработки для достижения требуемых характеристик шпинделя. Расчет нормативов расхода сырья и энергии, а также нормирование. Оценка экономической эффективности проекта с точки зрения обоснованности предложенных изменений и прогнозирование затрат на модернизацию технологии.

Результатом данной работы является разработанный технологический процесс изготовления шпинделя, который будет соответствовать стандартам качества и эффективности производства. Также представлены расчеты затрат и оценка экономической эффективности, что позволит принять обоснованные решения о его внедрении в серийное производство.

Список используемых источников

1. Антонюк В. Е. Конструктору станочных приспособлений : справ. пособие / В. Е. Антонюк. - Минск : Беларусь, 1991. - 400 с. : ил. - 5-50. - Текст : непосредственный.
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. 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.
6. Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова, – Тольятти : ТГУ, 2015. - 46 с.
7. Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. -

782 с.

8. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке : учебное пособие / В. М. Кишуров, М. В. Кишуров, П. П. Черников, Н. В. Юрасова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 216 с. — ISBN 978-5-8114-4521-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121986> (дата обращения: 17.05.2020)

9. 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.

10. Проектирование металлообрабатывающих инструментов : учеб. пособие / А. Г. Схиртладзе, В. А. Гречишников, С. Н. Григорьев, И. А. Коротков. - Изд. 2-е стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 256 с. : ил. - (Учебник для вузов. Специальная литература). - URL: <https://e.lanbook.com/book/64341> (дата обращения: 10.02.2020)

11. Растачивание соосных отверстий резцами из эльбора-Р / Ахлюстина В.В., Власов И.С. // Современные фундаментальные и прикладные исследования. 2015. № 1 (16). С. 32-36.

12. Растачивание конических отверстий малой конусности под пальцы упругих втулочно-пальцевых муфт / Макаров К.К. // Вестник машиностроения. 2014. № 4. С. 85-86.

13. 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.

14. 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.

15. 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.

16. 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.

17. 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.

18. 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.

19. Система управления процессом формообразования внутренних отверстий / Решетова Е.А., Абрамов И.В. // В сборнике: Молодые ученые - ускорению научно-технического прогресса в XXI веке, ФГБОУ ВПО "Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова". 2013. С. 384-389.

20. 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.

21. 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.

22. 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.

23. Qixin Lan Unsupervised Deep Transfer Learning Model for Tool Wear States Recognition / Lan Qixin, Chen Binqiang, Yao Bin, He Wangpeng 10.1007/978-981-99-5847-4_20/ - 2023

24. Yayun Liu Effect of nano-micro-textures on the enhancement of tool wear resistance in green ceramics processing / Liu Yayun, Zhang Kedong, Zhu Qi, Wang Chuanyang // International Journal of Applied Ceramic Technology. 10.1111/ijac.14513. - 2023

25. Wei Ma Multi-scale one-dimensional convolution tool wear monitoring based on multi-model fusion learning skills / Ma Wei, Liu Xianli, Yue Caixu, Wang Lihui, Liang Steven // Journal of Manufacturing Systems. 70. 69-98. 10.1016/j.jmsy.2023.07.007. - 2023

Приложение А

Технологические карты

Таблица А.1 - Маршрутная карта

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1											
Директ.											
Взам.											
Посл.											3
											1
Разраб.	Майстрюк										
Проверил	Рассторгуев										
Утвердил	Логинюв										
Н. контр.	Рассторгуев										
Шлиндель инструментальный											
М 01	Круг 58 ГОСТ 2590-88 / Сталь 40Х ГОСТ 4543-71										
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	МЗ	
М 02		кг	4,2	1	1	0,75	Круг	52x345	1	5,2	
А	Цех Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции			Обозначение документа				
Б	Код, наименование оборудования		СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.
А03	000 4286 Фрезерно-отрезная										
Б04	Круглошлипильный автомат 8Г642										
А05	07	2	005	4221 Фрезерно-центровальная			1	1	1	1	
Б06	Фрезерно-центровальный МР72										
А07	07	2	010	4114 Токарная-фрезерная			ИОТ Т5, С6	1	1	1	
Б08	Токарный центр SE 320 NUMERIC										
А09	07	2	015	4114 Токарная фрезерная			ИОТ Т5, С6	1	1	1	1,36
Б10	Токарный центр SE 320 NUMERIC										
А11	020 5030 Закалка										
Б12											
А13	025 4143 Центрошлифовальная										
Б14	Бесцентровый специальный полуавтомат СШ64										
А15	030 4145 Торцешлифовальная										
Б16	Круглошлифовальный станок ЗТ153Е										
МК	Маршрутная карта										

Продолжение Приложения А

Таблица А.2 – Операционная карта

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3

Дубл. Взам. Плод.	Разраб. Проверил Утвердил	Майсторюк Расторгуев Логоинов	Наименование операции	Шпindelь инструментальный				07	2	010
				Материал	Твердость	EB	MD			
			Токарная-фрезерная	Сталь 40X ГОСТ 4543-71	HB 220	кг	4,2		5,2	1
			Оборудование, устройство ЧПУ	Обозначение программы	To	Гв	Г шт.		СОЖ	
			Токарный центр SE 320 NUMERIC		1,36	2,5	25	9,2		
P	PI	D или B	L	t	i	s	n	v		
T01			Патрон ГОСТ 2571-71							
T02			Центр А-1-4-Н ГОСТ 8742-75							
O03			1. Установить деталь							
O04			2. Точить заготовку							
T05			PCLNR 2525M12 Резец T15K6 TY 2-035-892-82							
P06		52		105	1,5	1	0,659	648	105,9	
O07			3. Переустановить и закрепить заготовку							
O08			4. Точить заготовку							
T09			PCLNR 2525M12 Резец T15K6 TY 2-035-892-82							
P10		52		205	1,5	1	0,659	648	105,9	
O11			5. Точить заготовку							
T12			PCLNR 2525M12 Резец T15K6 TY 2-035-892-82							
P13		50		205	0,5	1	0,099	2062	323,9	
OK	Операционная карта									

Приложение Б

Спецификация приспособления

Таблица Б.1 – Спецификация приспособления

Формат Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание
			<i>Документация</i>		
A1		23.ВКР.ОТМП.29.65.00.000.СБ	Сборочный чертеж. Сборочный чертёж		
			<i>Сборочные единицы</i>		
	1	23.ВКР.ОТМП.29.65.01.000	Привод	1	
			<i>Детали</i>		
	2	23.ВКР.ОТМП.29.65.00.002.	Корпус	1	
	4	23.ВКР.ОТМП.29.65.00.003.	Цанга	1	
	4	23.ВКР.ОТМП.29.65.00.004.	Шток	1	
	5	23.ВКР.ОТМП.29.65.00.005.	Фиксатор	1	
	6	23.ВКР.ОТМП.29.65.00.006.	Опора цанги	1	
	7	23.ВКР.ОТМП.29.65.00.007.	Втулка защитная	1	
			<i>Стандартные изделия</i>		
	8		Винт М10 х 125-6g х 2550.35Х01 ГОСТ 17475-80	6	
	9		Кольцо 5-5-40-2-1 ГОСТ 18829-73	1	
	10		Штифт 2,6 h9 х 15,20Х88 ХимОкс.трм ГОСТ 10774-80	1	
			23.ВКР.ОТМП.29.65.00.000.СП		
Изм	Лист	№ док-м	Подп.	Дата	
Разраб.		Майстрюк А.Ю.			
Пров.		Расторгцев Д.А.			
Н.контр.		Расторгцев Д.А.			
Утв.		Логинов Н.Ю.			
			Цанговый патрон		
			Лист	Лист	Листов
					1
			ТГУ, ИМ ТМбд-1801а		
			Формат А4		

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Не для коммерческого использования

Копировал

