

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)

Проектирование технологических процессов
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления вала двух ступенчатого редуктора

Обучающийся	<u>М.В. Рагулин</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>к.э.н., доцент О.М. Сярдова</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)
	<u>к.т.н., доцент А.Н. Москалюк</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2022

Аннотация

В работе рассматривается разработка технологического процесса изготовления вала двух ступенчатого редуктора для объема выпуска 1000 штук в год.

Для разработанного чертежа детали выполнен анализ технологичности, который позволил выявить трудности при выполнении обработки вала двух ступенчатого редуктора, связанные с необходимостью высокоточной обработки закаленной поверхности, а также средней жесткостью заготовки вала.

Определен тип производства – среднесерийный с его характеристиками и для него спроектирована технология.

С учётом среднесерийного типа производства в ходе сравнительного анализа методов получения исходной заготовки из двух вариантов выбран метод проката. Данный метод обеспечивает необходимую точность и минимальную себестоимость.

Далее разработана маршрутная технология, которая состоит из обработки следующих типов поверхностей: крайних торцов, буртиков, цилиндрических шеек, шпоночных пазов. С учётом типового технологического процесса изготовления вала сформированы технологические операции.

Так как одной из главных операций является обработка наружного контура, а также обработка резьбовых отверстий в торцах вала, подробное проектирование представлено на эти операции – токарную с переходами по черновому точению и сверлильную операции. Для токарной операции спроектировано станочное приспособление в виде специализированного приспособления, а также резец.

Для технологии предусмотрены меры по защите охраны труда и обеспечения экологичности, а изменения конструкции резца обоснованы в ходе экономического расчёта.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ состояния вопроса	6
1.1 Служебное назначение вала.....	6
1.2 Анализ технологичности	7
1.3 Задачи работы.....	8
2 Технологическая часть работы	10
2.1 Определение типа производства	10
2.2 Выбор метода получения и проектирование заготовки.....	10
2.3 Технологические переходы.....	13
2.4 Технологический маршрут.....	15
2.5 Средства оснащения	16
2.6 Схемы базирования.....	17
2.7 Определение припусков и проектирование заготовки.....	18
2.8 Проектирование операций	21
2.9 Расчет времени	24
3 Разработка специальной технологической оснастки	28
3.1 Проектирование приспособления.....	28
3.2 Проектирование инструмента.....	37
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	39
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта	39
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	40
4.3 Методы и технические средства снижения рисков	40
4.4 Обеспечение пожарной безопасности объекта	41
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	42
5 Экономическая эффективность работы	44
Заключение	49
Список используемых источников.....	50
Приложение А Маршрутные карты	54
Приложение Б Спецификация на приспособление	60
Приложение В Спецификация на инструмент	62

Введение

При обработке в машиностроительном производстве необходимо основное внимание обращать на достижение точности и качества обработанных поверхностей при минимальных затратах на выполнение технологических переходов.

В машиностроительной отрасли реализуется множество новейших технологий, которые и определяют уровень научно-технического развития страны. Машиностроение является одной из ключевых отраслей экономики любой страны. От уровня развития машиностроения зависит экономическая устойчивость и самостоятельность развития производительных сил. Она включает различные производственные процессы разнообразных отраслей, включая такие как, авиастроение, судостроение, космическая отрасль, авто- и станкостроение и так далее. Машиностроение включает в себя различные производственные процессы, такие как заготовительные, обрабатывающие, сборочные. От качества проектирования технологических процессов зависит эффективность, которая определяет себестоимость продукции и, в конечном итоге, её конкурентоспособность.

В основе эффективности технологических процессов лежит правильный выбор технологического оборудования и оснащения. Производительное современное оборудование обеспечивает высокую концентрацию технологических переходов, что избавляет современное производство от необходимости больших производственных помещений, значительного количества работников. При этом на выходе получается продукция полностью соответствующая техническим требованиям чертежа.

Одной из основных деталей различных преобразующих механизмов является вал для передачи крутящего момента и преобразования частоты вращения. Это деталь, устанавливаемая по подшипникам, передает крутящий момент при помощи пазов. Обработка таких поверхностей отличается

своими особенностями, включая использование специализированного оборудования и инструмента.

Возможности универсального автоматизированного оборудования современного типа обеспечивает обработку различных поверхностей на универсальных станках типа токарно-фрезерных центров. Обработка может вестись как при вращении заготовки, так и в неподвижном ее состоянии. Это даёт возможность получения поверхностей высокой точности с высокой производительностью. Из-за уменьшения количества используемого инструмента снижается количество переустановок заготовок, что повышает точность относительного положения обрабатываемых с одного установа основных конструкторских баз - шеек под подшипник.

При разработке технологии обработки валов, которые имеют очень широкое распространение в технических системах различного назначения, необходимо ориентироваться на типовые технологии. Для вала ступенчатой формы, который имеет длину более пяти диаметров, существуют отработанные технологические процессы, включая обработку дополнительных конструктивных элементов, таких как пазы, соосные и несоосные отверстия.

В работе предлагается технология, которая обеспечивает технические требования, заданные на рабочем чертеже.

1 Анализ состояния вопроса

1.1 Служебное назначение вала

Вал – деталь (рисунок 1) предназначен для передачи крутящего момента в двухступенчатом цилиндрическом редукторе.

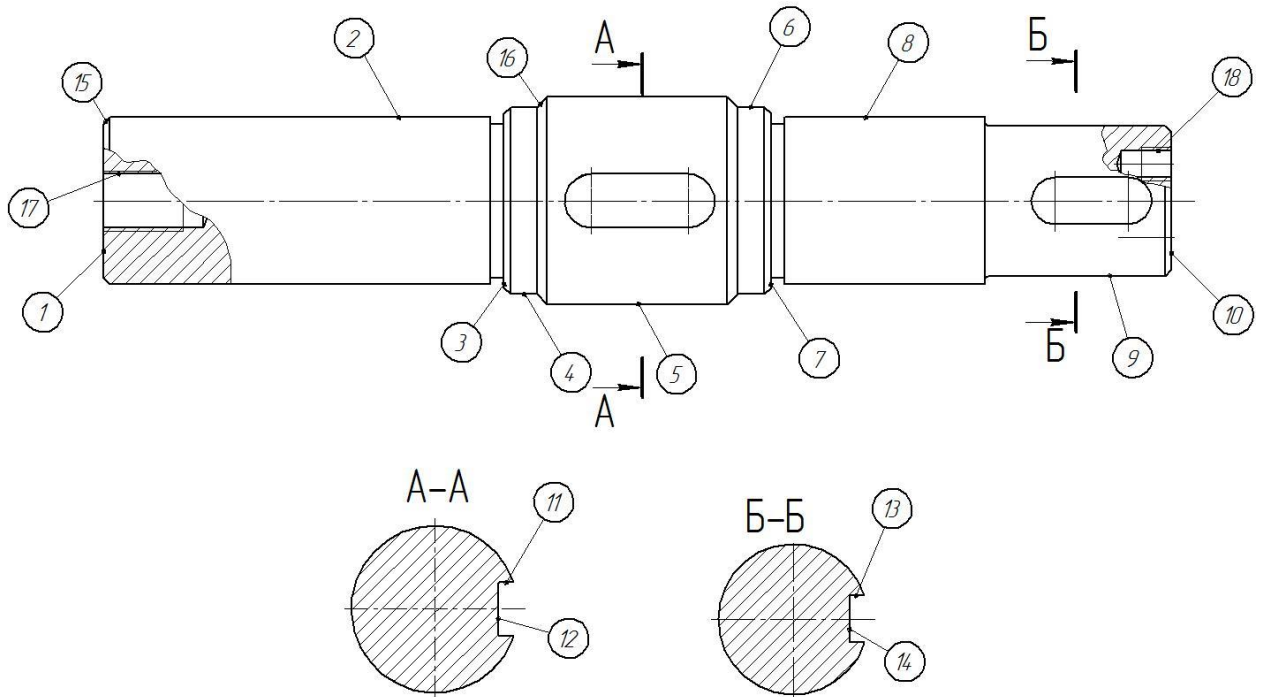


Рисунок 1 - Эскиз вала

Условия работы: выходной вал двух ступенчатого редуктора работает в неравномерном режиме, возможно загрязнение масла [2].

По назначению поверхностей. Исполнительными элементами вала, которые передают крутящий момент, являются боковые стенки шпоночных пазов 11 и 13.

Главными конструкторскими базами у вала являются шейки под подшипники, расположенные симметрично относительно центральной

ступеньки. Это цилиндрические поверхности 2,8 и прилегающие плоскости 3,7.

Вспомогательными конструкторским базами является поверхности, по которым присоединяются детали на шейку 5, на выходную шейку 9 с торцом, резьбовое отверстие соосное 17 и несоосные резьбовые отверстия 18, а также шпоночные пазы поверхности 11-14.

Все остальные поверхности относятся к категории свободных.

1.2 Анализ технологичности

С точки зрения технологичности конструкции вал является ступенчатым с центральной ступенчатостью. Поверхности обрабатываемые имеют свободный доступ для инструмента и контрольно-измерительных средств. Протяжённость их относительно небольшая.

Материал углеродистая сталь 45, которая является эталоном для определения технологических свойств. Коэффициент обрабатываемости у неё равен 1. Предел прочности 750 Мпа [7].

Форма конструктивных элементов стандартная, включая канавки под выход шлифовального инструмента [9].

Заготовку данной детали можно получать любыми методами, включая штамповку, поковку или прокат. С учётом серийности выпуска в данном случае может быть использован любой из перечисленных способов получения исходной заготовки. На заготовительном этапе получить поверхности той точности и качества, которые указаны на чертеже, невозможно в силу высоких требований. Поэтому все поверхности подвергаются обработке [2].

Базирование и закрепление данного вала будет проводиться по типовой схеме установки. С одной стороны используем самоцентрирующее приспособление, типа трех кулачкового патронов на токарных операциях и поводкового патрона на шлифовальных. С другой стороны будем проводить

поджим задним центром. Использование дополнительной опоры необязательно.

С точки зрения всех показателей данная деталь имеет нормальную технологичность [6].

Технические требования, заданные на чертеже, систематизированы в таблице 1.

Таблица 1 - Анализ технических требований к чертежу детали

Вид	Габаритные размеры	IT	Ra, мкм	Допуск расположения
Плоскость	Диаметр 50 при длине 320	12	12,5	
Цилиндр	Диаметр 50 на 117	k6	1,25	Соосность 0,01 Цилиндричность 0,004
Плоскость	Диаметр 52	h10	2,5	-
Цилиндр	Диаметр 56 на 10	h10	12,5	-
Цилиндр	Диаметр 62 на 60	n7	1,25	-
Цилиндр	Диаметр 56 на 10	h10	12,5	-
Плоскость	Диаметр 52	12	2,5	-
Цилиндр	Диаметр 50 на 61	n7	1,25	-
Цилиндр	Диаметр 45 на 56	k6	1,25	Соосность 0,01 Цилиндричность 0,004
Плоскость	Диаметр 41	12	1,25	-
Плоскость	45x16	N9	2,5	Симметричность 0,01 Параллельность 0,01
Плоскость	44	12	6,3	-
Плоскость	36x14	N9	2,5	Симметричность 0,01 Параллельность 0,01
Плоскость	39,5	12	6,3	-
Плоскость	Диаметр 46	12	12,5	-
Плоскость	Диаметр 58	12	12,5	-
Резьба	M18	12	12,5	-
Резьба	M10	12	12,5	-

1.3 Задачи работы

Первой задачей работы является на основе анализа технических требований рабочего чертежа вала, анализа общей технологичности детали с

выявленными недостатками и предложенными изменениями, выбрать тип производства [12].

С учётом типа производства определить способ получения исходной заготовки, назначить технологические переходы.

С учётом типового технологического процесса, сгруппировать их в соответствующие технологические операции, подобрать подходящие технологическое оборудование и соответствующие оснащение.

Для определённой лимитирующей ответственной операции выполнить проектирование зажимного приспособления и обрабатывающего инструмента.

Предусмотреть меры по обеспечению охраны труда и выполнить экономическое обоснование предложенных изменений.

Выводы по разделу

В разделе выполнено проектирование рабочего чертежа детали с изменениями конструкции, которые основаны на анализе технологичности конструкции вала.

В разделе выполнен анализ технологичности конструкции вала по различным критериям, который позволил определить основные проблемы при её изготовлении.

Сформулированы задачи по выполнению данной работы.

2 Технологическая часть работы

2.1 Определение типа производства

Первым этапом проектирования технологии является выбор типа производства. Он основан на анализе трудоёмкости, которая определяется косвенно по массе самой детали и заданному годовому выпуску [22]. Для массы 6,4 кг и 1000 деталей в год тип производства - среднесерийный.

2.2 Выбор метода получения и проектирование заготовки

Согласно рекомендациям [11], в качестве метода получения заготовки для вала принимаем или прокат или штамповку.

Выбор заготовки для вала средних габаритов из стали 45 проводим для 2 возможных вариантов. Первый вариант, самый простой - это прокат. Для проектирования такой заготовки достаточно использовать всего 2 припуска. Первый припуск, на самую большую ступеньку, которая изготавливается по шестому качеству точности. Для обработки поверхности до заданного качества необходимо использовать, по крайней мере, три перехода, возможно четыре. С учетом этого примем на сторону размер припуска равным 4 мм. Округляя полученное значение, получаем стандартный размер горячекатаного прутка равным 70 мм. Для обработки торцов достаточно одного фрезерного перехода со снятием припуска 2,5 мм. В результате общая длина заготовки из проката после резки будет равна 325 мм. С учётом полученных габаритов масса такого прутка будет равна 9,8 кг.

Если проектировать прокат, то выбираем только припуск на диаметр 62 мм и длину 320 мм (рисунок 2).

Для проката с учетом двух переходов для шейки (черновое и чистовое точение) припуск $Z_3=4$ мм. Для торцов при фрезеровании принимаем $Z_1=Z_2=2,5$ мм.

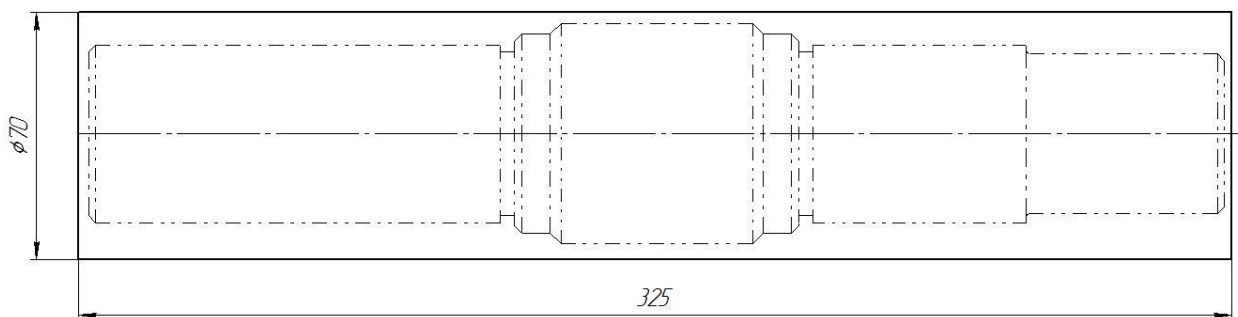


Рисунок 2 – Эскиз проката

Формула, для определения технологической себестоимости заготовки с учётом затрат на обработку [11]

$$C_{T_i} = \frac{g}{K_{M_i}} \cdot [C_{заг_i} + (C_{мех} - C_{отх}) \cdot (1 - K_{M_i})], \quad (1)$$

где g – масса детали, кг;

K_{M_i} – коэффициент использования материала для рассматриваемого i -того выбранного способа получения исходной заготовки;

$C_{заг_i}$ – стоимость заготовки, руб/кг;

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

$C_{отх}$ – стоимость отходов, руб/кг.

Затраты на обработку

$$C_{мех} = C_C + E_M \cdot C_K, \quad (2)$$

где C_C – текущая стоимость обработки, руб/кг;

C_K – капитальная стоимость обработки, руб/кг;

E_H – стандартный параметр отдачи капитальных вложений.

Примем для расчета: $C_C=0,468$ руб/кг, $C_K=1,039$ руб/кг, $E_H= 0,15$. Для отходов: $C_{отх} = 0,0298$ руб/кг.

Для общего машиностроения

$$C_{\text{мех}} = 0,468 + 1,039 \cdot 0,15 \approx 0,624 \text{ руб/кг.}$$

Окончательно стоимость штамповки

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{шт}} \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{\Pi}, \quad (3)$$

«где $C_{\text{шт}}$ – справочная стоимость базового способа штамповки, руб/кг;

h_T – коэффициент, учитывающий точность заготовки;

h_C – коэффициент, учитывающий сложность заготовки;

h_B – коэффициент, учитывающий массу заготовки;

h_M – коэффициент, учитывающий материал заготовки;

h_{Π} – коэффициент, учитывающий группу серийности» [12].

Примем $C_{\text{шт}}=315$ руб/кг. Для штамповки на КГШП коэффициенты будут равны: $h_T = 1$ для Т4 (по методике второй класс); $h_C = 0,7$ для С1 (первая группа); $h_B = 0,75$ для массы менее 10 кг; $h_M = 1$ для стали 45; $h_{\Pi} = 1$ для 1000 деталей [10].

Тогда себестоимость штамповки

$$C_{\text{заг}} = 315 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 = 165,4 \text{ руб/кг.}$$

Для проката соотношение массы заготовки и детали по коэффициенту использования материала будет более 0,5. Это делает затраты на механическую обработку не очень значительными.

Для проката

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

где $C_{\text{пр}}$ – стоимость килограмма проката, руб;

h_{ϕ} – коэффициент формы.

Килограмм проката

$$C_{\text{заг}} = 125 \cdot 1 = 125 \text{ руб./кг.}$$

Себестоимость сравниваемых вариантов с учётом обработки составит для коэффициента использования штамповки

$$K_{\text{им}} = \frac{q}{Q}, \quad (5)$$

где q – масса детали, кг;

Q – масса заготовки, кг.

Для штамповки

$$K_{\text{им}} = \frac{6,4}{8,1} = 0,79.$$

$$C_{m_1} = \frac{6,4}{0,79} \cdot [165,4 + (0,624 - 0,0298) \cdot (1 - 0,79)] = 1342 \text{ руб.}$$

Для проката

$$K_{\text{им}2} = \frac{6,4}{9,8} = 0,63.$$

$$C_{m_2} = \frac{6,4}{0,63} \cdot [125 + (0,624 - 0,0298) \cdot (1 - 0,63)] = 1228 \text{ руб.}$$

В результате сравнительного анализа, выяснили, что себестоимость штамповки не намного больше стоимости проката.

Дальнейший расчёт ведём для заготовки вала, получаемый методом проката после штучной резки.

Относительная выгода при выборе данного метода обработки не входит в общую технологическую себестоимость, рассчитываемой в последнем разделе.

2.3 Технологические переходы

Основные виды поверхности у вала цилиндрическая наружная точности 6 или 7 квалитет. Есть укороченные бортики с точностью по 12 квалитету. Для обработки цилиндрических поверхностей применим типовой набор технологических методов из точения черного и чистового и окончательного шлифования [5].

Так как обработка на токарном станке предполагается высокоточная с обеспечением точности по 8 качеству, перед финишной операцией данная последовательность является обоснованной.

Группа крайних торцовых поверхностей обрабатывается фрезерованием однократным.

Для обработки промежуточных буртиков используется три перехода. Первые два точение, третьей - подшлифовка торца.

Кроме этого обрабатываются канавки под выход шлифовального инструмента однократно на чистовой токарной обработке.

Для фрезерования шпоночных пазов применяем однократный переход с использованием концевого фрезерного инструмента.

Обработка крепёжных резьбовых отверстий в торцах проводится последовательно с использованием переходов сверления, рассверливание для формирования заходной фаски, нарезание резьбы метчиком [9].

Сводная информация по технологическим переходам для каждой группы представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Технологический маршрут

Вид поверхности	Габа рит ы	Квалит ет IT	Ra	Маршрут (шероховатость, квалитет)
1	2	3	4	5
Плоская	320	12	12,5	Фрезерование черновое (Ra 12,5; 13).
Фасонная	2	12	12,5	Обтачивание черновое (Ra 2,5; 10).
Цилиндрическая	50	6	1,25	Обтачивание черновое (Ra 6,3, 12); Обтачивание чистовое (Ra 3,2; 9); закалка; шлифование (Ra 1,25; 6)
Плоская	320	12	12,5	Обтачивание черновое (Ra 12,5; 13).
Цилиндрическая	42	6	1,25	Обтачивание черновое (Ra 6,3, 12); Обтачивание чистовое (Ra 2,5; 9); закалка; шлифование (Ra 0,63; 6)
Цилиндрическая	62	6	1,25	Обтачивание черновое (Ra 6,3, 13); Обтачивание чистовое (Ra 2,5; 10); закалка; шлифование (Ra 0,63; 6)
Плоская	130	14	12,5	Обтачивание черновое (Ra 12,5; 13).
Плоская	130	12	12,5	Обтачивание черновое (Ra 12,5; 13).

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5
Цилиндрическая	65	12	12,5	Обтачивание черновое (Ra 6,3, 13)
Фасонная	2,5	12	12,5	Обтачивание чистовое чист (Ra2,5; 10).
Плоская	56	12	2,5	Обтачивание черновое (Ra 6,3, 13); Обтачивание чистовое (Ra 2,5; 10); закалка
Плоская	120	12	1,25	Обтачивание черновое (Ra 6,3, 13); Обтачивание чистовое (Ra 2,5; 10); закалка
Отверстие	M18	8	2,5	Сверление (Ra 6,3; 11) Зенкование (Ra 2,5; 9) Нарезание резьбы (Ra 2,5; 8)
Отверстие	M10	8	2,5	Сверление (Ra 6,3; 11) Зенкование (Ra 2,5; 9) Нарезание резьбы (Ra 2,5; 8)
Фасонная	14	9	2,5	Фрезерование (Ra 2,5; 9)
Фасонная	16	9	2,5	Фрезерование (Ra 2,5; 9)

2.4 Технологический маршрут

В соответствии с типовым технологическим процессом изготовления ступенчатого вала разработан технологический маршрут, который будет показан в сводной таблице 5, а также в маршрутной карте и представлен на плане изготовления.

Операция фрезерно-центровальная для подготовки чистовых технологических баз [4].

Далее идёт токарная черновая операция с формированием контура детали. На чистовой токарной операции производим окончательную обработку контура детали, в том числе мелкие конструктивные элементы.

На сверлильной операции на двух установках последовательно производится обработку крепёжных отверстий.

На фрезерной операции проводится обработка шпоночных пазов. После этого производится термообработка в виде закалки.

На окончательной операции - круглошлифовальной производится обработка окончательная самых точных шеек с под шлифовкой торцов.

Две заключительные операции это моечная и контрольная.

2.5 Средства оснащения

Информация по оборудованию, которое предполагается использовать в данной технологической последовательности, а также средства технологического оснащения необходимые для закрепления заготовки [18], а также проведения технологических переходов с их операционным контролем [16] показаны в таблице 5.

Таблица 5 - Выбор средств технологического оснащения

Номер и наименование операции	Наименование оборудования	Станочное приспособление	Режущий инструмент	Контрольно-измерительные средства
1	2	3	4	5
010 Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный полуавтомат МР-72	Тиски винтовые самоцентрирующиеся с призматическими губками Тиски 7200-0252 ГОСТ 21168-85	Фреза торцевая насадная, Т5К10 Фреза П 110 ГОСТ 9304-80 Сверло центровочное комбинированное, Р6М5 Сверло 2317-0001 ГОСТ 14952-75	Штангенциркуль ШЦ-250-0,05 ГОСТ 166-89
015 Токарная	Токарный станок с ЧПУ Accuway UT 300	Патрон кулачковый 7108-0027 ГОСТ 2571-71 Центр вращающийся Центр А-1-4-Н ГОСТ 8742-75	Резец-вставка регулируемая типа L. Марка материала Т5К10 ГОСТ 29133-91	Штангенциркуль ШЦ-250-0,05 ГОСТ 166-89
020 Токарная	Токарный станок с ЧПУ Accuway UT 300	Патрон кулачковый 7108-0027 ГОСТ 2571-71 Центр вращающийся Центр А-1-4-Н	Резец-вставка регулируемая типа L. Марка материала Т30К6 ГОСТ 29133-91	Штангенциркуль ШЦ-250-0,05 ГОСТ 166-89

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5
		ГОСТ 8742-75		
025 Сверлильная	Вертикально-сверлильный станок KSB 40 CNC	Тиски 7200-0253 ГОСТ 21168-75	2301-0830 Сверло диаметр 9 мм P6M5 ГОСТ 19546-74 2629-0054 Метчик ГОСТ 17927-72 2301-1089 Сверло диаметр 16 P6M5 ГОСТ 19547-74 2629-0112 Метчик ГОСТ 17927-72	Штангенциркуль ШЦ-250-0,05 ГОСТ 166-89
030 Фрезерная	Вертикально-фрезерный станок Milltronics VM-20	Тиски винтовые самоцентрирующиеся с призматическими губками Тиски 7200-0252 ГОСТ 21168-85	Фреза концевая 36.0x25x83-4п, P6M5 Фреза концевая 22x32x92 P6M5	Штангенциркуль ШЦ-250-0,05 ГОСТ 166-89
040 Термическая обработка	-	-	-	-
045 Торцекруглошлифовальная	Круглошлифовальный станок 3M151Ф2	Патрон поводковый. Центр упорный Центр А-1-4-Н ГОСТ 8742-75	Круг шлифовальный прямого профиля 1 250x50x125 25A F60 L 7 V	ШЦ-250-0,05 ГОСТ 166-89 Микрометр цифровой ГОСТ 6507-90 МКЦ 25
050 Моечная	Моечная машина	-	-	-
055 Контрольная	Контрольный стенд	-	-	Контрольный стенд

2.6 Схемы базирования

Схема базирования детали на данной операции предполагается в токарном патроне, который даёт возможность проводить обработку с высокими скоростями резания с поджимом задним центром [19].

На токарной черновой используется всего один технологический переход - обтачивание по контуру на двух установках.

На сверлильных операциях предполагается использование приспособления в виде самоцентрирующих тисков с призматическими элементами, расположенными вертикально для базирования заготовки вала в вертикальном положении. Для направления режущего инструмента используется система позиционирования ЧПУ [20].

На сверлильной операции на двух установках последовательно производятся четыре технологических перехода различным инструментом. Производится обработка отверстий при помощи спиральных свёрл. Далее, после того как убирается направляющая втулка, производят обработку рассверливанием для формирования фаски. Можно использовать ступенчатое сверло. Окончательный переход - это нарезание резьбы при помощи машинного метчика.

Схема установки заготовки на токарных операциях: в центровых отверстиях с упором в базовый левый торец. Для этого используется самоцентрирующий патрон с зажимными кулачками и задний вращающийся центр.

На круглошлифовальной операции схема установки и базирования аналогичная.

2.7 Определение припусков и проектирование заготовки

Необходимо расчетным способом определить значение минимальных припусков и размеры на переходы по обработке шеек диаметром $50_{+0.002}^{+0.018}$ мм с шероховатостью Ra 1,25 мкм.

Для вычисления припуска необходимо определить его составляющие, куда входят глубина дефектного слоя и шероховатость от предыдущего перехода, возможное пространственное отклонение в виде различных смещений и короблений, опять же от предыдущего перехода, а также

погрешность установки, возникающая при выполнении перехода на данной операции.

Дефектный слой и шероховатость [11]

$$a = Rz + h. \quad (6)$$

где Rz – шероховатость обрабатываемой поверхности, мкм;

h - дефектный слой, мкм.

Все выбранные показатели сведены в таблицу 6. Для определения пространственного коробления шеек на заготовительной операции учитываем табличные значения удельного коробления и размеры самого шпинделя

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2 + \rho_{\text{см}}^2} \quad (7)$$

где $\rho_{\text{кор}}$ - величина коробления, мкм;

$\rho_{\text{ц}}$ - погрешность зацентровки, мкм;

$\rho_{\text{см}}$ - смещение поверхности, мкм.

Первое слагаемое в формуле (7)

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta k \cdot l, \quad (8)$$

где Δk – удельное коробление, мкм/мм;

l - длина нормируемой поверхности, мкм.

Для половины длины вала

$$\rho_{\text{кор}} = 1,5 \cdot 160 = 240 \text{ мкм.}$$

Зацентровка

$$\rho_{ц} = \sqrt{0,25 \cdot TD_3^2 + 1}, \quad (9)$$

где TD_3 – допуск шейки заготовки, мм.

Тогда

$$\rho_{ц} = \sqrt{0,25 \cdot 2,2^2 + 1} = 1,5 \text{ мм.}$$

$$\rho_{заг} = \sqrt{0,24^2 + 1,5^2} = 1,6 \text{ мм.}$$

С учетом повышения точности

$$\rho_{точ1} = K_i \cdot \rho_{заг}, \quad (10)$$

где K_i – коэффициент уточнения.

Тогда для четырех переходов

$$\rho_{точ1} = K_1 \cdot \rho_{заг} = 0,06 \cdot 1,6 = 0,1 \text{ мм.}$$

$$\rho_{точ2} = K_2 \cdot \rho_{заг} = 0,05 \cdot 1,6 = 0,09 \text{ мм.}$$

$$\rho_{шл2} = K_3 \cdot \rho_{заг} = 0,04 \cdot 1,6 = 0,064 \text{ мм.}$$

$$\rho_{шл2} = K_4 \cdot \rho_{заг} = 0,03 \cdot 1,6 = 0,048 \text{ мм.}$$

Расчеты занесем в таблицу 6.

Таблица 6- Расчет припуска

Переход	Элемент припуска, мкм				Td, мм	2·Z, мм		D, мм	
	T	R _z	ρ	ε _ц		min	max	min	max
Прокат	120	80	1600	-	2,2	-	-	54,6	56,8
Точение черновое	50	50	100	80	0,3	3,6	5,5	51,025	51,33
Точение чистовое	30	30	90	70	0,12	0,52	0,70	50,50	50,623
Шлифование	15	5	64	30	0,032	0,3	0,387	50,204	50,236
Шлифование чистовое	10	10	48	00 8	0,019	0,2	0,221	50,002	50,018

В таблице 3 приняты следующие обозначения: T- дефектный слой; Rz – шероховатость; ρ – пространственные отклонения; ε_ц – погрешность установки; Td – допуск; Z – припуск на сторону; D – диаметр.

Дополнительные параметры по заготовке: отклонение от прямолинейности 0,1 на 100 мм.

Размер вала 70 мм с допуском на диаметр 2,2 мм.

2.8 Проектирование операций

Для проектирования технологических операций выберем лимитирующую токарную черновую, которая производится со снятием основного отпуска и припуска по контуру детали. На операцию в дальнейшем рассчитаем и спроектируем зажимное приспособление, а также режущий инструмент в виде токарного многофункционального резца.

Технологическая последовательность, используемая в расчёте стандартная. Сначала назначают глубину резания. Далее идёт выбор или расчёт подачи. После этого определяем скорость резания и обороты инструмента или заготовки. Уточняем полученные значения по паспорту станка. Для токарной обработки производим проверку по мощности резания.

На токарной операции на двух установках с поворотом заготовки производится её обтачивание по контуру.

На следующей чистовой токарной производится обработка самых точных поверхностей с обработкой фасок и канавок.

Глубина по расчету 2,3 мм.

Подача S с учетом размеров инструмента и глубины принимается равной 0,6 мм/об [13].

Скорость резания

$$V = \frac{C_v}{T^{m \cdot t^{x \cdot S^y}}} \cdot K_v \cdot K, \quad (11)$$

где C_v - основной коэффициент;

T –экономическая стойкость для серийного производства, мин;

t – расчетный припуск, мм;

m, x, y - уточняющие показатели степени;

K_v - поправочный коэффициент для точения.

Принимаем их основной коэффициент равен 292, экономическая стойкость 40 мин, расчетный припуск 4,55 мм, $m=0,20$, $x=0,15$ и $y=0,20$.

Поправочный коэффициент:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{пв} \cdot K_{ив}, \quad (12)$$

где K_{mv} - коэффициент для материала заготовки – серого чугуна;

$K_{пв}$ - коэффициент обработанной поверхности заготовки;

$K_{ив}$ – коэффициент материала инструмента (Т15К6).

Коэффициент поверхности $K_{пв}$ примем 0,82 -, для Т15К6 $K_{ив}$ равен 1.

Для материала

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v}, \quad (13)$$

где n_v - показатель степени при обработке материала резцом из твердого сплава (n_v равен 1,25).

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{750}\right)^{1,25} = 1.$$

$$K_v = 1 \cdot 0,82 \cdot 1 = 0,82.$$

$$V = \frac{292}{40^{0,20} \cdot 2,3^{0,15} \cdot 0,6^{0,20}} \cdot 0,83 = 102 \text{ м/мин.}$$

Определяем обороты шпинделя [8]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (14)$$

где V – расчетная скорость, м/мин;

D - диаметр вала, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 102}{3,14 \cdot 50} = 650 \text{ мин}^{-1}.$$

Скорректированная частота вращения шпинделя будет $n = 650 \text{ мин}^{-1}$.

Минутная подача:

$$S_m = S \cdot n. \quad (15)$$

$$S_m = S \cdot n = 0,6 \cdot 650 = 390 \text{ мм/мин.}$$

Тангенциальная сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (16)$$

где C_p - базовый коэффициент;

x, y, n - показатели степени;

K_p - поправочный коэффициент:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (17)$$

где K_{mp} - поправочный коэффициент на качество материала;

$K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}$ - поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания.

Поправочный коэффициент C_p примем 92, показатели степени $x=1,0$; $y=0,75$; $n=0$, а для геометрии инструмента на главный угол в плане коэффициент $K_{\varphi p} = 0,89$, на передний угол $K_{\gamma p} = 1,0$ и наклона кромки $K_{\lambda p} = 1,0$.

Поправочный коэффициент на сталь

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_{\text{в}}}{750}\right)^n. \quad (18)$$

где n – показатель степени примем равным 0,4.

Тогда

$$K_{\text{мр}} = (1)^{0,4} = 1.$$

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

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot (4,55)^{1,0} \cdot (0,6)^{0,75} \cdot (102)^0 \cdot 0,89 = 2540 \text{ Н.}$$

Мощность резания [15]:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}. \quad (19)$$

$$N = \frac{2540 \cdot 102}{1020 \cdot 60} = 4,23 \text{ кВт.}$$

Проверка мощности станка по условию нагрузки:

$$N_e \leq N_{\text{э.дв}} \cdot \eta, \quad (20)$$

где $N_{\text{э.дв}}$ - мощность станка, кВт ;

η – коэффициент полезного действия привода, который равен 0,9.

$$4,23 \leq 15 \cdot 0,9 = 13,5.$$

Условие соблюдается, значит, обработка возможна.

На переходы по сверлению и нарезанию резьбы режимы обработки считаются аналогично по материалам [9] и сведены в операционную карту в приложении Б.

2.9 Расчет времени

«Штучное время [12]:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_{\text{в}} + T_{\text{об}} + T_{\text{от}}, \quad (21)$$

где T_o – основное время;

T_b – вспомогательное время;

$T_{об}$ – время на обслуживание рабочего места;

$T_{от}$ – время перерывов на отдых и личные надобности», [11].

Основное время:

$$T_o = \frac{(l_1 + l_p + l_2) \cdot i}{S_{мин}}, \quad (22)$$

где l_1 - длина подвода инструмента к заготовке, мм;

l_p - длина резания, мм;

l_2 - длина перебега режущего инструмента, мм;

i - число проходов (равно 1);

$S_{мин}$ - минутная подача.

Для черновой операции необходимо определить время обработки с учетом снятия напуска

$$T_o = \frac{(320 + 260 + 240 + 25) \cdot 1}{390} = 2,13 \text{ мин.}$$

Для чистовой обработки

$$T_o = \frac{(320 + 20 + 10) \cdot 1}{390} = 0,9 \text{ мин.}$$

С учетом двух проходов по обработке канавок

$$T_o = \frac{(5 + 3) \cdot 2}{390} = 0,04 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время складывается из времени на установку и снятие вала в патроне и поджиме центром, управление станком, на операционный контроль. Все данные берутся из соответствующего стандарта для массового производства [11]. Для приведения его к серийному используется поправочный коэффициент $K_{ср}$:

$$T_b = (T_{у.с.} + T_{з.о.} + T_{уп} + T_{из}) \cdot K_{ср}, \quad (23)$$

где $T_{у.с.}$ - время базирования и снятие корпуса;

$T_{з.о.}$ - время фиксации и раскрепления корпуса;

$T_{уп}$ - время на управление;

$T_{из}$ - время измерения, мин;

$K_{ср}$ - коэффициент для серийного производства, который принимаем равным 1,85.

$$T_{в} = (0,16 + 0,24 + 0,08 + 0,2) \cdot 1,85 = 1,26 \text{ мин.}$$

Оперативное время:

$$T_{оп} = T_{в} + T_{о}. \quad (24)$$

Для черновой операции

$$T_{оп} = 2,13 + 1,26 = 3,39 \text{ мин.}$$

Для чистовой

$$T_{оп} = 0,94 + 1,26 = 2,2 \text{ мин.}$$

Время на обслуживания:

$$T_{об} = T_{оп} \cdot \frac{a}{100}. \quad (25)$$

где a – параметр загрузки станка в серийном производстве.

Для токарного станка, черновая

$$T_{об} = 3,39 \cdot \frac{6}{100} = 0,2 \text{ мин.}$$

Чистовая операция

$$T_{об} = 2,2 \cdot \frac{6}{100} = 0,13 \text{ мин.}$$

Время на отдых:

$$T_{от} = T_{оп} \cdot \frac{b}{100}. \quad (26)$$

где b – процент для вала массой не более 10 кг.

Черновая операция

$$T_{от} = 3,39 \frac{5}{100} = 0,17 \text{ мин.}$$

Чистовая операция

$$T_{от} = 2,2 \frac{5}{100} = 0,11 \text{ мин.}$$

Суммарно для операций

$$T_{шт} = 3,4 + 0,2 + 0,17 = 3,77 \text{ мин.}$$

$$T_{шт} = 2,2 + 0,13 + 0,11 = 2,44 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время для партии запуска в 41 деталь

$$T_{шт-к010} = 3,77 + \frac{20}{41} = 4,3 \text{ мин.}$$

$$T_{шт-к015} = 2,44 + \frac{20}{41} = 2,9 \text{ мин.}$$

Все расчет приведен в маршрутной карте в приложении А.

Для сверлильной операции результаты представлены на наладке и в таблице операционной карты в приложении Б.

Выводы по разделу

В разделе спроектирована технология для среднесерийного производства по изготовлению вала. В качестве исходной заготовки принят прокат. С учетом исходной заготовки выбраны методы обработки, которые сконцентрированы на различных технологических операциях, выполняемых на автоматизированных и универсальных обрабатывающих станках. Это позволяет снизить количество перестановок заготовки, количество переходов и повысить точность обработки. Спроектирована технологическая операция по обработке наиболее точной поверхности - шеек для установки подшипников точением.

3 Разработка специальной технологической оснастки

3.1 Проектирование приспособления

Проектирование зажимного приспособления начинается со сбора исходных данных, к которым относятся параметры материала заготовки, вид обработки, особенности режущего инструмента, а также режимы обработки. Данные параметры были приняты или рассчитаны в разделе 2 Вид и материал заготовки – прокат и сталь45.

Операция выполняется, включая различные технологические переходы - точение черновое и чистовое. Расчёт необходимо вести для чернового точения, так как при этом снимается максимальный припуск и возникают наибольшие силы резания, которые стремятся сместить заготовку [1].

Для обработки используются контурный токарный резец сборный. Материал режущей пластины T15K6

Режимы резания для чернового перехода по расчету припуска глубина резания t равна 2.3 мм. Подача с учетом жесткости S равна 0,6 мм/об, а скорость резания V составит 102 м/мин.

Для зажима применим специализированное наладочное приспособление – самоцентрирующий патрон [17].

Для расчёта сил закрепления необходимо знать сдвигающие усилия, которые найдём из расчета составляющих сил резания: тангенциальной, осевой и радиальной.

Операционный эскиз показан на рисунке 3.

Схема действия сил резания и закрепления приведена на рисунке 4.

Расчет радиальной и осевой составляющих сил резания

$$P_{y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p, . \quad (27)$$

где C_p - поправочный базовый коэффициент;

x, y, n – показатели степени для конкретных условий обработки;

K_p - поправочный коэффициент.

Схемы базирования на рисунках 3 и 4.

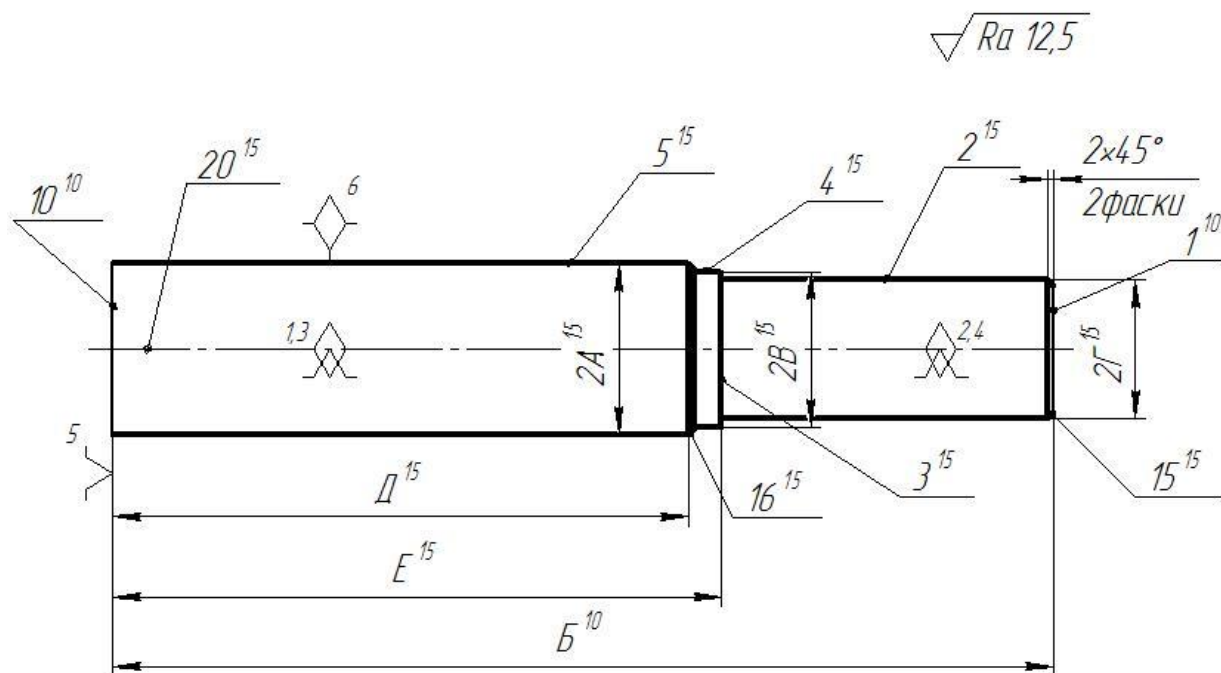


Рисунок 3 - Схема базирования (установ А)

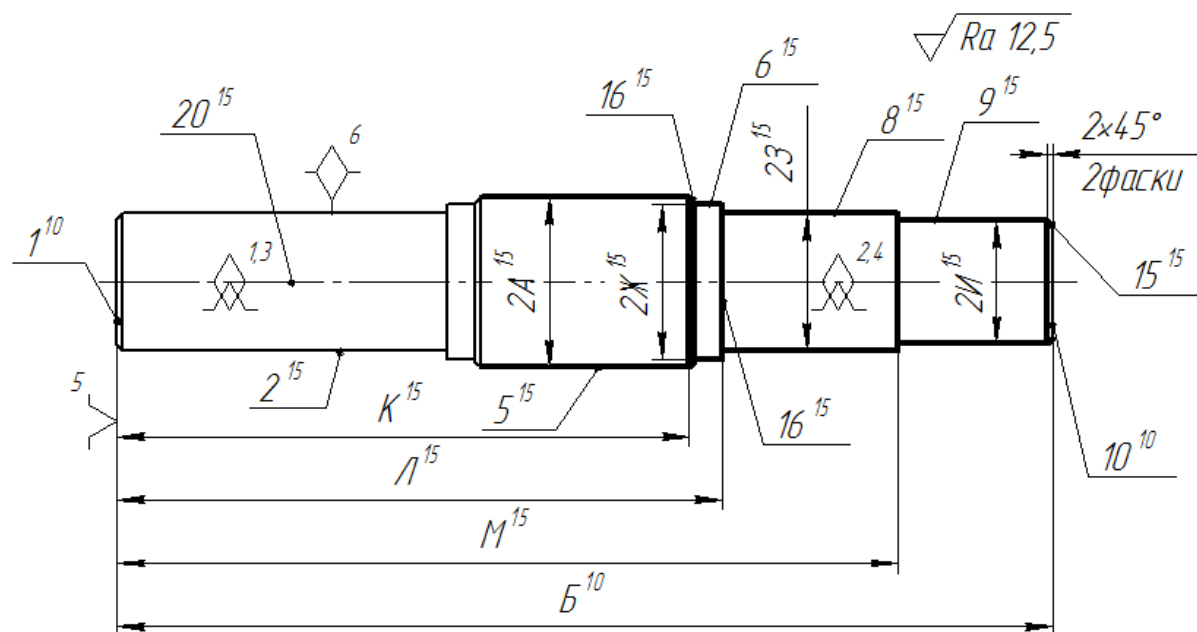


Рисунок 4 – Схема базирования (установ Б)

Все коэффициенты находим по формулам (15), (16). Только коэффициенты и показатели изменяем соответственно для осевой и радиальной составляющих сил.

Для осевой силы поправочный коэффициент C_p примем 339, показатели степени $x=1,0$; $y=0,5$; $n=-0,4$, а для геометрии инструмента на главный угол в плане коэффициент $K_{\varphi p} = 1,17$, на передний угол $K_{\gamma p} = 1,0$ и наклона кромки $K_{\lambda p} = 0,85$, радиуса 1.

Для радиальной составляющей поправочный коэффициент C_p примем 243, показатели степени $x=0,9$; $y=0,6$; $n=-0,3$, а для геометрии инструмента на главный угол в плане коэффициент $K_{\varphi p} = 0,5$, на передний угол $K_{\gamma p} = 1,0$ и наклона кромки $K_{\lambda p} = 1,25$, радиуса 0,82.

Поправочный коэффициент на сталь 45

$$K_{\text{мп}} = \left(\frac{750}{750}\right)^{0,75} = 1.$$

$$K_p = 1 \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 0,82 = 0,51.$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot (4,6)^{0,9} \cdot (0,6)^{0,6} \cdot (121028)^{-0,3} \cdot 0,51 = 900 \text{ Н.}$$

Для осевой силы

$$K_p = 1 \cdot 1,17 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 1.$$

$$P_y = 10 \cdot 339 \cdot (4,6)^1 \cdot (0,6)^{0,5} \cdot (102)^{-0,4} \cdot 1 = 1899 \text{ Н.}$$

Для тангенциальной силы

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot (4,55)^{1,0} \cdot (0,6)^{0,75} \cdot (102)^0 \cdot 0,89 = 2540 \text{ Н.}$$

Три составляющих вырывают заготовку вала. При обработке заготовка удерживается при помощи кулачков, действующих симметрично с трех сторон. Они фиксируют вал. Возникающие силы трения между кулачками и базовой поверхностью, а также между центровым отверстием и центром, препятствует её смещению от суммарного действия силы резания.

Данная сдвигающая нагрузка складывается из осевой, радиальной и тангенциальной. Осевую в данном случае составляющую можно исключить

из расчёта, поскольку она прижимает заготовку к опорной поверхности кулачков.

Радиальный и тангенциальный векторы силы резания создают момент резания, который имеет максимальную величину при обработке шейки на максимальной длине от кулачков, где плечо действия сил максимальное. При этом расстояние равно 320 мм. Опрокидыванию от действия силы радиальной препятствует центр [19].

Общая схема сил показана на рисунке 5.

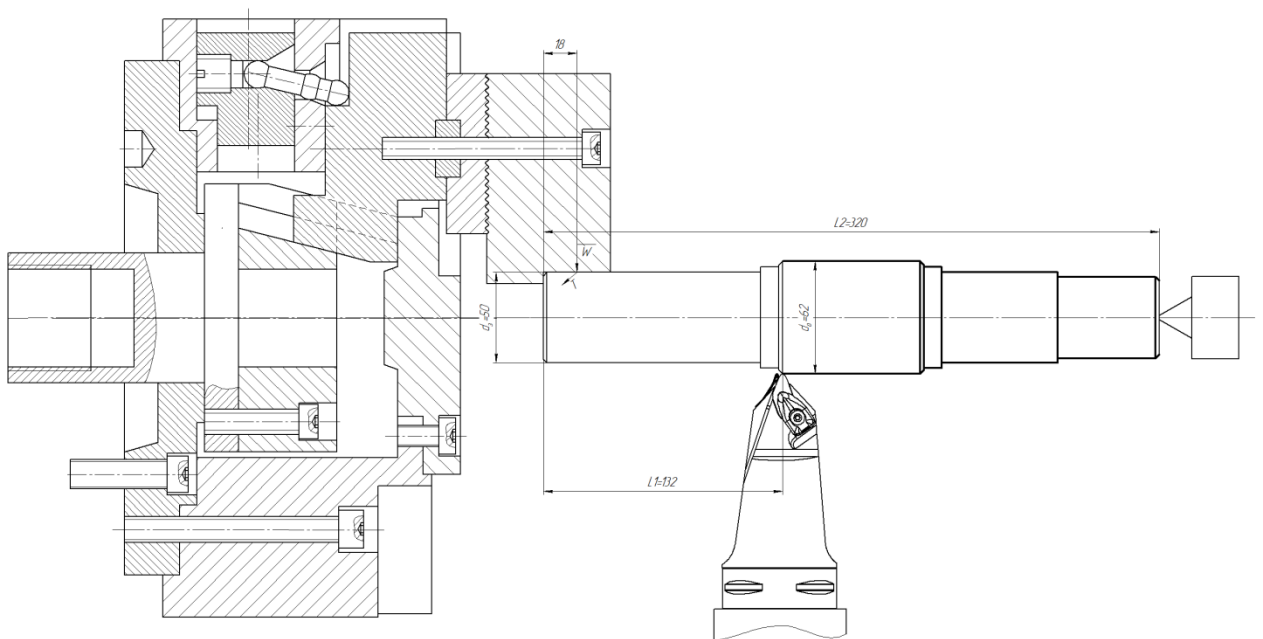


Рисунок 5 – Схема закрепления

Опрокидыванию заготовки будет препятствовать сила закрепления. Соответственно, для нахождения зажимной силы необходимо составить уравнения статического равновесия.

Из данного уравнения выведем силу зажима, необходимую для предотвращения опрокидывания заготовки с учётом коэффициента безопасности

$$W_{Pz} = \frac{k \cdot \left(P_z \cdot \frac{d_1}{2} \right)}{f \cdot \frac{d_3}{2}}, \quad (28)$$

где P_z – тангенциальная составляющая силы резания, Н;
 d_1 – плечо действия сил тангенциальной, м;
 L – плечо действия радиальной силы, м;
 f – коэффициент трения на рабочей поверхности прихвата;
 k – коэффициент запаса;
 d_3 – плечо действия сил тангенциальной, м [20].

Коэффициент запаса k :

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (29)$$

где k_0 – минимальный коэффициент безопасности, $k_0 = 1,5$;
 k_1 – параметр, учитывающий случайности сил резания для черновой обработки. Он возникает из-за неровностей обрабатываемой поверхности, $k_1 = 1,2$;
 k_2 – параметр учитывает износ инструмента, $k_2 = 1,1$;
 k_3 – параметр, учитывающий прерывистое резание. В данном случае у нас непрерывное резание и $k_3 = 1$;
 k_4 – параметр учитывающий механизацию зажима и в данном случае $k_4 = 1$;
 k_5 – параметр, учитывающий эргономику ручного привода зажима. В данном случае он отсутствует $k_5 = 1$;
 k_6 – коэффициент, который не учитываем, так как заготовка не опирается на плоские штыри.

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 1,9.$$

Округляем до минимально стандартного – 2,5.

Принимая с учетом того, что установочная поверхность механически не обработана и имеет грубую структуру, коэффициент трения f примем равным 0,3.

$$W_1 = \frac{2,5 \cdot (2540 \cdot 35)}{0,3 \cdot 35} = 21167 \text{ Н.}$$

Для дальнейших расчетов принимаем силу W , равной 21167 Н.

Так как кулачки перемещаются в направляющих пазах корпуса, в которых они скользят по Т-образным пазам, возникают изгибающие моменты, приводящие к затиранию этих направляющих. Необходимо учесть потери части нагрузки, которая возникает при действии давления рабочей среды.

Увеличенная сила зажима W_1 :

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left(\frac{l_k}{H_k} \cdot f_1 \right)}, \quad (30)$$

где l_1 – вылет кулачка от оси направляющей до места приложения силы закрепления, м;

H_k – длина трения, м;

f_1 - коэффициент трения в направляющей, принимаем $f_1=0,1$.

Параметры примем конструктивно.

$$W_1 = \frac{21167}{1 - \left(\frac{120}{130} \cdot 0,1 \right)} = 23519 \text{ Н.}$$

В данном случае усилие на штоке Q не равняется усилию на кулачке, так как используется передаточный клиновой зажимной механизм, приводящий к его усилению.

С учетом угла клина в 15 градусов получаем по [20] силовое передаточное отношение равное 2,1. Тогда сила на штоке будет в 2,1 раз меньше, то есть 11200 Н.

Для расчёта силового привода необходимо найти диаметр поршня, который будет создавать усилие зажима. Этот диаметр зависит от давления рабочей среды, а также потерь в системе

$$D = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{\eta P}}, \quad (31)$$

где P – избыточное давление рабочей среды.

Примем первоначально $P = 5$ МПа.

$$D = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{21200}{5}} = 74 \text{ мм.}$$

Принимаем $D = 100$ мм.

Погрешность закрепления и установки в данном приспособлении определяется неточностью изготовления клиновой пары и зазорами в сопряжениях направляющих элементов.

В данном случае общая погрешность складывается из следующих составляющих. Погрешность размера клина, сменного кулачка. Также зазор в сопряжении клина и постоянного кулачка.

Для расчёта точности используемого токарного патрона составим размерную цепь (рисунок б), которая формирует точность замыкающего звена. В данном случае является это расстояние от оси вращения патрона до опорной поверхности кулачков. Для расчетной схемы замыкающее звено зависит от составляющих звеньев, представленных в уравнении [24].

Погрешность установки детали в приспособлении равна:

$$\varepsilon_v = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + A_4^2 + A_5^2 + A_6^2 + A_7^2}, \quad (32)$$

где A_1 - расстояние сменного кулачка от опорной поверхности до первоначального рифления, которое используется для установки сменного кулачка на промежуточной вставке, мм;

A_2 - размер от промежуточного рифления до шпоночного паза, мм;

A_3 - зазор в шпоночном соединении, мм;

A_4 - расстояние от шпоночного паза постоянного кулачка до направляющего Т-образного элемента, мм;

A_5 - зазор в Т-образном зацеплении постоянного кулачка и центровика, мм;

A_6 - расстояние от направляющего паза в центровике до осевой посадочной шейки центральной тяги, мм;

A_7 - несоосность центральной тяги и базового отверстия корпуса патрона, мм.

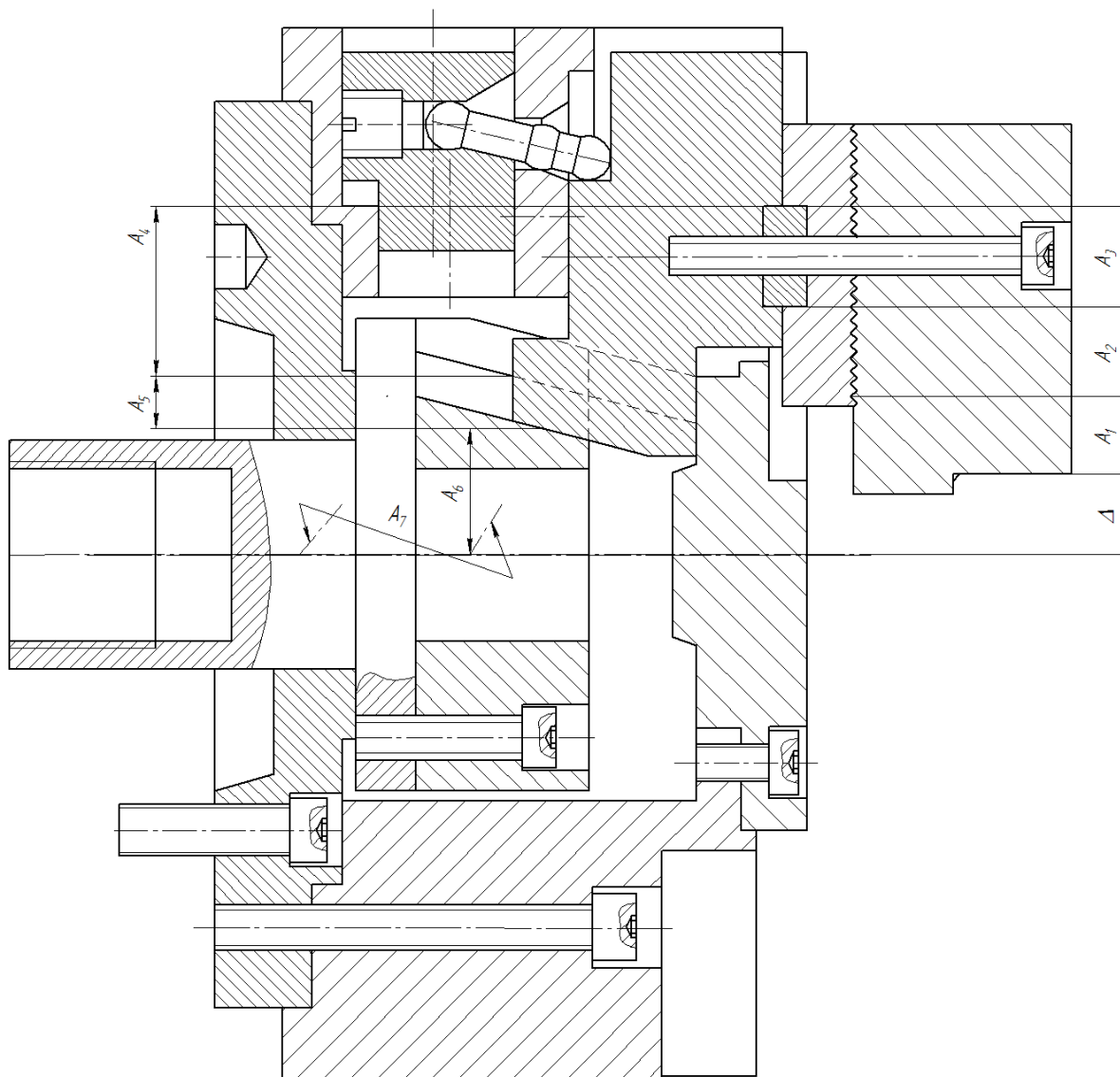


Рисунок 6 – Размерная цепь

Выбираем шейку с посадкой с натягом, зазор отсутствует, ось посадочного отверстия и шейку совмещаем.

$$\varepsilon_y = \sqrt{7(0,01)^2} = 0,026 \text{ мм.}$$

Приспособление специализированное, наладочное предназначено для установки вал на операциях механической обработки, в частности, на токарной [23].

Трех кулачковый скоростной патрон предназначен для установки заготовки вала на токарных операциях. Базирование заключается в центрирование по базовой шейке и по противоположному центральному отверстию. При переустановке базирование полностью сменяется, но поскольку требования по соосности относительно невысокие (0,01 мм), данную схему установки используем на всех токарных операциях [21].

Приспособление состоит из корпуса 1, в левую базовую выточку которого устанавливается базовое кольцо 7. На корпусе 1 это кольцо закрепляется при помощи винтов 15. Базовое кольцо 7 к шпинделю станка прикрепляется при помощи винтов 16. В центральном отверстии корпуса 1 и базового кольца 7 перемещается тяга 8. Через резьбовое отверстие оно соединяется с механизированным приводом зажима (на листе не показан). На правой центрирующей шейке тяги 8 по посадке с натягом установлен центровик 6, который дополнительно зафиксирован винтами 14 по фланцу. В Т-образных пазах центровика 6 могут перемещаться постоянные кулачки 4. На постоянных кулачках 4 через шпонку 19 и промежуточную пластину 3 фиксируется сменный кулачок 2. Он закрепляется на промежуточной пластине 3 при помощи винтов 13. Контактуют они между собой при помощи рифлёной поверхности, которая обеспечивает возможность точной и быстрой переналадки сменного кулачка 2 на заданный радиальный размер. В центральной части корпуса 1 установлена крышка 5, которая закрепляется винтами 12. В радиальных пазах корпуса изготовлены радиальные ступенчатые отверстия, в которых располагается противовес 9, который через рычажный элемент 11 упирается в постоянный кулачок 4. Установка

рычажного элемента 11 до упора производится при помощи регулировочного винта 10.

Приспособление работает следующим образом. При отведённых сменных кулачках 2 подводится заготовка вала до упора в торцевую поверхность этих кулачков. Включается механизированный привод зажима. При этом тяга 8 перемещается влево. По наклонным Т-образным пазам, постоянные кулачки 4 перемещаются к осевой линии патрона. При этом происходит закрепление заготовки. Далее включается вращение шпинделя и начинается обработка заготовки. При этом центробежная сила стремится отбросить кулачки 4 от центра вращения. То же самое действие происходит с противовесом 9 за счёт поворота рычажного элемента 11 по часовой стрелке. При этом происходит нажимное воздействие правого сферического конца рычажного элемента 11 на ступеньку постоянного кулачка 4, оказывая противодействие центробежной силе, действующей на этот кулачок. Причём, чем больше такое центробежное воздействие, тем сильнее будет рычаг передавать радиальное усилие, направленное к центру вращения на постоянный кулачок, что обеспечивает стабилизацию силы зажима заготовки. Для раскрепления тяга 8 подаётся вправо и постоянный кулачок 4, скользя по Т-образным пазам, перемещается от центра патрона. Происходит раскрепление заготовки.

3.2 Проектирование инструмента

На операции 010 токарной обрабатываются цилиндрические шейки и торцы в заготовке из стали 45 на токарном станке.

Для обработки заготовки вала на токарных операциях используется многофункциональный токарный инструмент в виде резцовой вставки на которой с двух сторон могут закрепляться пластины различного исполнения [14]. Можно на одной стороне использовать пластину для контурного

точения, на другой стороне - пластину для обработки канавок под выход шлифовального инструмента или поменять черновую на чистовую.

Настройка токарного резца на обработку различных конструктивных элементов обеспечивается поворотом его в резцедержателе на 180° .

Хвостовик обеспечивает максимальный вылет 60 мм. Возможен подвод СОЖ к инструменту через центральное отверстие корпуса. Материал корпуса сталь 40Х.

Данный тип инструмента обеспечивает высокую стабильность процесса нарезания резьбы из-за высокоточного подвода СОЖ в зону обработки. За счёт использования специальной формы стружечных канавок.

Резец состоит из хвостовика 1 – призматической державки 3, в пазу которой закрепляются режущая пластина 3 при помощи винта 4, а пластина 6 прихватом 5. Сам резец державкой вставляется в паз инструментального держателя при помощи хвостовика $C_{\text{арто}}$ трёхгранного профиля и центрируется с закреплением на инструментальном суппорте.

Использование данного резца позволило увеличить стойкость инструмента до 480 мин и увеличить минутную подачу до 700 мм/мин, снизить вспомогательное время. Данные для расчета приведены в 5 разделе.

Выводы по разделу

В разделе выполнено проектирование технологического оснащения для проведения обработки на токарной операции по обработке вала. Применяемый режущий инструмент обеспечивает высокую точность, снижает расходы на инструмент. Приспособление обеспечивает фиксацию заготовки на операции при установке в регулируемые сменные кулачки.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Задача – разработка мер по безопасности труда для спроектированной технологии изготовления вала двух ступенчатого редуктора [3].

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Технология изготовления предложенной конструкции вала из стали 45 состоит из следующих операций. Операция фрезерно-центровальная для подготовки чистовых технологических баз. Далее токарная черновая операция с формированием контура детали. На чистовой токарной операции производим окончательную обработку контура детали, в том числе мелкие конструктивные элементы. На сверлильной операции на двух установках последовательно производится обработку крепёжных отверстий. На фрезерной операции проводится обработка шпоночных пазов. После этого производится термообработка в виде закалки. На окончательной операции - круглошлифовальной производится обработка окончательная самых точных шеек с под шлифовкой торцов. Используются тиски 7200-0252 ГОСТ 21168-85, фреза торцевая Т5К10, сверло центровочное Р6М5 и спиральные 2317-0001 ГОСТ 14952-75. На токарных патрон поводковый 7108-0027 ГОСТ 2571-71 с центром вращающимся А-1-4-Н ГОСТ 8742-75. Многофункциональный резец-вставка Т5К10.

На фрезерной – тиски и концевые фрезы Р6М5. На круглошлифовальных операциях круг абразивный.

Лимитирующей операцией является токарная, которая используется для обработки начерно всего контура вала, а затем для чистовой обработки. Обработка ведется с использованием смазочно-охлаждающей жидкости на основе минерального масла FU50Т.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

К опасным и вредным производственным факторам в технологии изготовления вала в зависимости от выполняемой операции относятся следующие производственные риски. На лезвийных, круглошлифовальных и термической операциях это будут факторы, связанные с высоким уровнем температуры заготовки и инструмента. На черновой токарной обработке, а также на полировальном переходе будет загрязнение воздушной среды в зоне дыхания вследствие запылённости из-за мелких частиц, удаляемых при обработке, а также связаны с испарением СОЖ.

Обработка проводится на технологическом оборудовании. Поэтому будут факторы, связанные с воздействием электрического тока и электромагнитных полей.

Процесс обработки происходит при высоких оборотах заготовки и инструмента, что будет вызывать повышенный шум и вибрации.

Режущий инструмент лезвийный, стружка, а также острые кромки заготовки могут привести к травмированию станочников.

Операционный контроль связан с перенапряжением анализаторов.

Выполнение вспомогательных технологических переходов для повторяющихся заготовок сопровождается психофизиологическим воздействием. Источниками данных факторов являются как сам станок, так и процесс резания и оснащение.

4.3 Методы и технические средства снижения рисков

Для снижения указанных рисков при работе на технологическом оборудовании применяются средства индивидуальной защиты в виде специальной защитной одежды, обуви, прорезиненных перчаток, а также защитных очков.

На самом оборудовании применяется защитная экранировка с местной

системой вентиляции для удаления испаряемых газов и образующейся пыли и мелкой стружки. Кроме этого, во всём производственном цеху используется общая вентиляция вытяжного типа с системой фильтрации выходящего воздуха.

Исполнители станочники обязательно проходят инструктаж по охране труда.

Для защиты от поражения электрическим током используется заземление и изоляция токоведущих элементов оборудования, а также предохранители.

В целях снижения психофизиологического воздействия используются перерывы в работе, а также правильная организация рабочего места с достаточным уровнем освещения и вентиляции.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности объекта

Технология осуществляется в трёх цехах. Обработка по формообразованию проводится в механическом цехе, включая получение заготовки путем отрезки проката, термообработка в термическом цеху. Для данных подразделений класс пожарной опасности будет относиться к категориям В и Е, где опасными факторами при пожаре являются пламя, искры, а также неисправности электропроводки. Это может привести при пожаре к разрушению оборудования с выносом высокого напряжения на металлические части. В случае тушения пожара может оказывать вредное воздействие огнетушащее средства.

Для тушения пожара рабочее подразделение оборудуется набором огнетушителей, пожарными гидрантами с напорными пожарными рукавами, средствами по пожарному оповещению с управление эвакуацией. Также используются автоматические извещатели, а для тушения пожара непосредственно исполнителями могут использоваться ручной инструмент – лопаты и топоры, ящики с песком.

Для защиты органов дыхания используют средства индивидуальной защиты в виде противогазов и респираторов.

Все исполнители обязательно проходят пожарный инструктаж на регулярной основе.

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Разработанная технология с точки зрения воздействия на окружающую среду содержит следующие опасные факторы.

Воздействие на воздушную среду заключается в возможных токсических испарениях при высокотемпературной обработке (чистовое точение, шлифование и термообработка).

С точки зрения вредного воздействия на сточные воды опасными факторами в данной технологии являются взвешенные вещества и нефтепродукты, а также эмульсолы.

С точки зрения загрязнения литосферы образуются отходы в виде стружки и ветоши.

Для снижения влияния вредных факторов при воздействии на воздушную среду можно использовать фильтрационные системы, для снижения воздействия на сточные воды - локальную многоступенчатую очистку сточных вод, а для снижения влияния вредных факторов на литосферу - утилизация полученных отходов на полигоне.

4.6 Выводы по разделу

В ходе выполнения раздела по безопасности и экологичности технологического процесса изготовления вала, включающей в себя отрезку, токарную, фрезерную, сверлильную, термическую, круглошлифовальные, моечную и контрольную операции, были получены следующие результаты.

Для предложенного технологического процесса проанализированы основные операции и оборудование, а также материалы и оснащение. С учётом проведённого конструкторско-технологического описания выявлены опасные и вредные производственные факторы, характерные для соответствующих этапов технологии изготовления вала, к которым отнесены высокотемпературные воздействия, возможные повреждения острыми кромками, поражение электрическим током, загрязнение воздушной среды, шум, вибрации и психофизиологические воздействия.

С учётом указанных факторов разработаны мероприятия по защите работников, участвующих в данной технологии в виде средств индивидуальной защиты, а также защитных мер по организации работы в виде соответствующих систем вентиляции, освещения, режима работы, а также мер по подготовке работника в виде различных инструктажей.

Проанализирована пожарная безопасность подразделений, участвующих в технологии изготовления вала и предложены меры по ее обеспечению. Данные организационно-технические меры включают в себя подбор соответствующего инструмента, мероприятий по организации работы, а также меры, необходимые в случае возникновения пожара.

Проанализированы вредные экологические факторы. Предложены меры по снижению данных вредных воздействий путём организации общей вентиляции, системы очистки сточных вод, а также утилизации отходов.

5 Экономическая эффективность работы

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

Данный раздел, является итоговым в написании бакалаврской работы, в ходе которой предлагается внести изменения в технологический процесс изготовления вала двух ступенчатого редуктора, а именно заменить инструмент на двух токарных операциях 010 и 015.

Подробное описание предложенных совершенствований описано в предыдущих разделах бакалаврской работы, а краткое их описание представлено в таблице 7.

Таблица 7 – Краткое описание изменений технологического процесса изготовления вала двух ступенчатого редуктора

Элементы технологического процесса	Базовый вариант	Проектный вариант
Оборудование	Токарный станок, модель UT-300SM	Токарный станок, модель UT-300SM
Оснастка	Патрон, центр вращающийся	Патрон, центр вращающийся
Инструмент	Резец T5K10 (черновое точение) Резец T15K6 (чистовой точение)	Многофункциональный инструмент с 2-мя пластинами (черновое и чистовое точение)
Трудоемкость	$T_{O(010)} = 2,13$ мин $T_{ШТ-К(010)} = 4,3$ мин	$T_{O(010)} = 1,81$ мин $T_{ШТ-К(010)} = 3,8$ мин
	$T_{O(015)} = 0,94$ мин $T_{ШТ-К(015)} = 2,9$ мин	$T_{O(015)} = 0,8$ мин $T_{ШТ-К(015)} = 2,6$ мин

Для экономического обоснования предложенных совершенствований необходимо произвести расчеты ряда параметров согласно этапам алгоритму определения экономической эффективности технологических решений. Данный алгоритм состоит из 5 этапов, которые включают обязательное

выполнение соответствующих расчетов. Этапы выполнения алгоритма и сопровождающие их экономические расчеты представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Этапы алгоритма определения экономической эффективности технологических решений

Номер и название этапа	Параметры, которые, собираются или определяются входе этапа	Формула расчета параметра
Этап 1. Сбор и расчет необходимых данных	- «трудоемкость выполнения операций; - оборудование, оснастка и инструмент, применяемые в ТП; - технические характеристики оборудования (габариты и мощность); - количество необходимого оборудования (H_{OB}); - коэффициент загрузки оборудования (K_3)» [7]	
Этап 2. Определение технологической себестоимости	- «основной материал (M); - основная заработная плата рабочих ($З_{ПЛ.ОСН}$); - социальные отчисления ($НЗП$); - расходы на содержание и эксплуатацию оборудования ($P_{Э.ОБ}$); - технологическая себестоимость ($C_{ТЕХ}$)» [7]	$M = M_3 \cdot Ц_M \cdot K_{ТЗ} - M_0 \cdot Ц_0$ $З_{ПЛ.ОСН} = З_{ПЛ.ОП} + З_{ПЛ.Н}$ $НЗП = З_{ПЛ.ОСН} \cdot K_C$ $P_{Э.ОБ} = P_{ОБ} + P_{ПР} + \dots + P_i$ $C_{ТЕХ} = M + З_{ПЛ.ОСН} + НЗП + P_{Э.ОБ}$
Этап 3. Определение полной себестоимости	- «цеховая себестоимость ($C_{ЦЕХ}$); - производственная (заводская) себестоимость ($C_{ЗАВ}$); - полная себестоимость ($C_{ПОЛН}$)» [7]	$C_{ЦЕХ} = C_{ТЕХ} + P_{ЦЕХ}$ $C_{ЗАВ} = C_{ЦЕХ} + P_{ЗАВ}$ $C_{ПОЛН} = C_{ЗАВ} + P_{ВН}$
Этап 4. Определение инвестиций	- «капитальные вложения в основное технологическое оборудование ($K_{ОБ}$); - сопутствующие капитальные вложения ($K_{СОП}$); - общий объем инвестиций ($K_{ИНВ}$)» [7]	$K_{ОБ} = \sum H_{ОБ} \cdot Ц_{ОБ} \cdot K_3$ $K_{СОП} = З_{ПР} + K_{ПР} + \dots + K_i$ $K_{ИНВ} = K_{ОБ} + K_{СОП}$
Этап 5. Экономическое обоснование изменений технологического процесса	- «чистая прибыль ($П_{ЧИСТ}$); - срок окупаемости (T); - чистый дисконтированный доход ($ЧДД$); - индекс доходности ($ИД$); - доход на капитал ($Д_{КАП}$)» [7]	$П_{ЧИСТ} = П_{ОЖ} - Н_{П}$ $T = \frac{K_{ИНВ}}{П_{ЧИСТ}}$ $ИД = \frac{Д_{ОБЩ.ДИСК}}{K_{ИНВ}}$

Этап 1. Сбор и расчет необходимых данных. Данный этап предполагает, на основе технологического процесса и его изменений, сбор таких данных, как стоимость оборудования, оснастки и инструмента, а так же площадь и мощность данного оборудования. Кроме этого необходимо произвести расчеты по определению количества оборудования и его загрузки.

Этап 2. Определение технологической себестоимости. Данный этап позволяет произвести расчеты слагаемых технологической себестоимости: расходов на материал, заработную плату рабочих и операторов, социальных отчислений и расходов на содержание и эксплуатацию оборудования.

Этап 3. Определение полной себестоимости. В рамках данного этапа последовательно определяются такие виды себестоимости как: цеховая, производственная и полная.

Этап 4. Определение инвестиций. Этот этап позволяет определить необходимый объем инвестиций, который потребуется для осуществления предложенных совершенствований технологического процесса.

Этап 5. Экономическое обоснование изменений технологического процесса. На данном этапе выполняются все необходимые расчеты, связанные с определением срока окупаемости инвестиций и прибыльности предлагаемых мероприятий по совершенствованию технологического процесса.

Применение данного алгоритма, в совокупности с программным обеспечением Microsoft Excel позволяет получить числовые параметры всех необходимых значений для написания соответствующих выводов по этапам 2-5.

Так как этап 1 является предварительным, т.е. служит только для получения исходных данных, поэтому выводы по нему писать не будем.

Результаты выполнения этапа 2 представлены на рисунке 7.

Анализируя рисунок 7 можно сделать вывод о том, что расходы по представленным параметрам снижаются, и позволяют в итоге достичь уменьшения технологической себестоимости на 18,2%.

Результаты выполнения этапа 3 представлены на рисунке 8. Так как основой для определения полной себестоимости является технологическая себестоимость, то целесообразно данную величину включить в это графическое изображение.

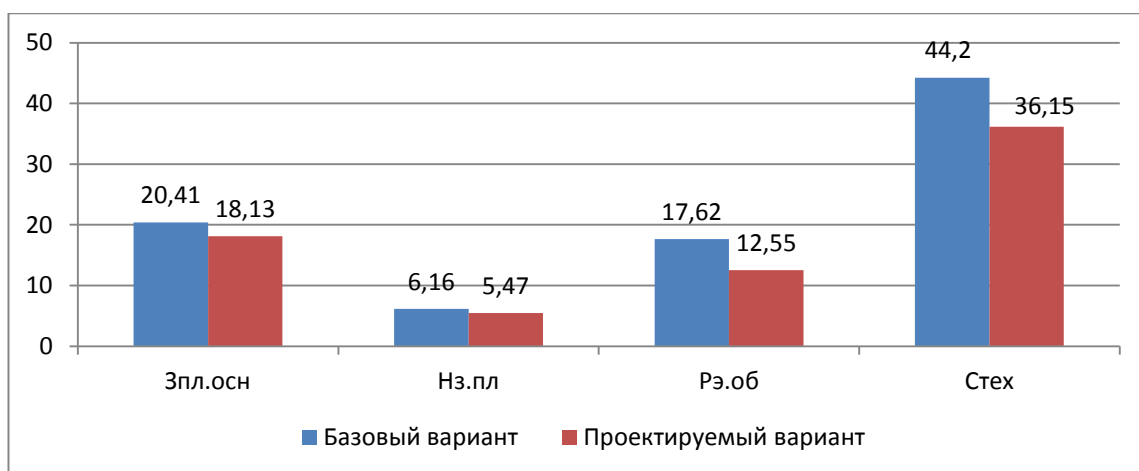


Рисунок 7 – Определение технологической себестоимости детали «Вал двухступенчатого редуктора», на 010 и 015 операциях по вариантам, руб.

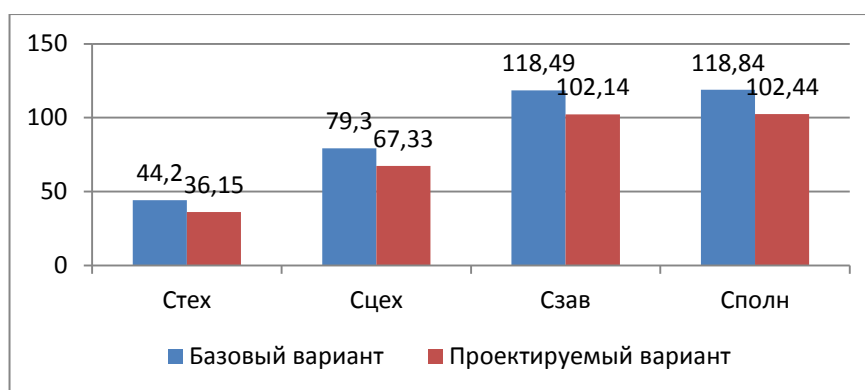


Рисунок 8 – Определение полной себестоимости, детали «Вал двухступенчатого редуктора», на 010 и 015 операциях по вариантам, руб.

Значения, представленные на рисунке 8, также имеют тенденцию к снижению в проектируемом варианте. Разница величины полной себестоимости между вариантами составляет 13,8%, т.е. в проектируемом варианте полная себестоимость меньше на 16,4 рубля.

Результаты выполнения этапа 4 представлены на рисунке 9.

Как видно из рисунка 9, инвестиций потребуют: затраты на проектирование ($Z_{ПР}$), затраты на инструмент ($K_{И}$), затраты на корректировку управляющей программы (K_A) и незавершенное производство ($HЗП$).

Учитывая полученную величину перечисленных параметров, общий объем инвестиций ($K_{ИНВ}$) составит 37212,11 руб. Результаты выполнения этапа 5 представлены в таблице 9.

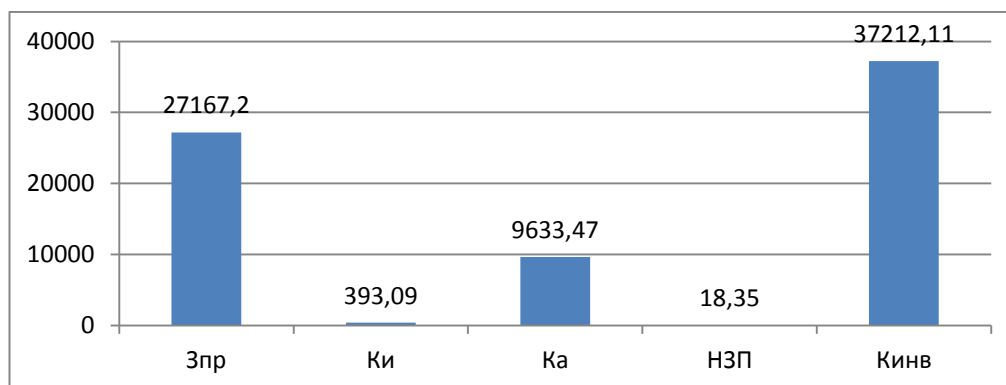


Рисунок 9 – Определение инвестиций на выполнение 010 и 015 операций детали «Вал двухступенчатого редуктора», руб.

Таблица 9 – Экономическое обоснование изменений технологического процесса

Экономический показатель, единица измерения	Условное обозначение	Значение
Общий объем инвестиций, руб.	$K_{ИНВ}$	37212,11
Чистая прибыль, руб.	$П_{ЧИСТ}$	13120
Срок окупаемости, год	T	4
Чистый дисконтированный доход (интегральный экономический эффект), руб.	$ЧДД$	4376,52
Индекс доходности, руб. / руб.	$ИД$	1,12

Наиболее значимой величиной, из всех представленных в таблице 9, является числовое значение чистого дисконтируемого дохода, а именно то, что оно положительное. Это значит, что инвестиции вкладывать в предлагаемые изменения технологического процесса экономически целесообразно.

Вывод по разделу

Данные действия позволят получить дополнительную прибыль на каждый вложенный рубль в размере 1,12 рублей, что подтверждает значение индекса доходности.

Заключение

В работе выполнено проектирование технологии изготовления вала двух ступенчатого редуктора для условий среднесерийного производства. Для разработанного чертежа детали выполнен анализ технологичности, который позволил выявить трудности при выполнении обработки вала, связанные с необходимостью его кантования для обеспечения инструментальной доступности с разных сторон.

С учётом среднесерийного типа производства в ходе сравнительного анализа методов получения исходной заготовки из двух вариантов выбран метод проката. Данный метод обеспечивает необходимую точность и минимальные значения операционных припусков.

Далее разработана маршрутная технология, которая состоит из обработки основных типов поверхностей: плоскостей, основных шеек, пазов и крепежных отверстий. С учётом типового технологического процесса изготовления вала сформированы технологические операции.

Так как одной из главных операций является обработка наружного контура обтачиванием, а также обработка резьбовых отверстий в торцах вала. Выполнено подробное проектирование с расчетом режимов резания на токарную с переходами по черновому точению. На сверлильную операции расчет выполнен упрощенный. Для токарной операции спроектировано станочное приспособление в виде специализированного приспособления – клинового патрона, а также многофункциональный резец.

Для технологии предусмотрены меры по защите охраны труда и обеспечения экологичности, а изменения конструкции резца обоснованы в ходе экономического расчёта.

В работе выполнено проектирование технологии, которая при минимальных издержках обеспечивает необходимые требования, заданные на рабочем чертеже для заданного объема выпуска в 1000 деталей в год.

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. Бабичев А. П., Попов М. Е., Эль Дакдуки А., Пастухов Ф. А. Поиск новых технологических методов упрочняющей обработки коленчатых валов двигателей // Вестник Донского государственного технического университета 2015, №1(80), 68-78
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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. 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. 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.

18. 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.

19. Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 1 / А. И. Астахов [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 591 с.

20. 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.

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

22. Cha K. C., Wang N., Liao J. Y. Stability analysis for the crankshaft grinding machine subjected to a variable-position work // Int. J. Adv. Manuf. Technol. (2013) 67: pp. 501–516
23. Heinz, Tschätsch Applied Machining Technology / Tschätsch Heinz – Springer-Verlag : Berlin, Heidelberg, 2009. – p. 396
24. Grote K.-H., Antonsson E.K. Springer Handbook of Mechanical Engineering / K.-H Grote, E.K. Antonsson – New York : Springer Science - Business Media, 2008.

Приложение А

Технологическая документация

Таблица А.1 - Маршрутная карта

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1															
Дубл.															
Взам.															
Плоп.															
I															
Разраб.	Рагулин М.В.														
Проверил	Расторгуев Д.А.														
Утвердил	Логинюв Н.Ю.														
Н. контр.	Расторгуев Д.А.														
17															
Сталь 45 ГОСТ 1050-88															
M 01															
Профиль и размеры															
M 02	12	кг	6,4	1	1	0,85	24					62x320		1	9,8
A	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код. наименование операции			Обозначение документа							
B	Код. наименование оборудования			СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тшт.	Тшт.	
A03	005 Заготовительная (отрезная)														
B04	1 1 1 1														
A05	010 4269 Фрезерно-центровальная														
B06	1 1 1 1														
A07	015 4233 Токарная с ЧПУ														
B08	1 1 1 1														
A09	020 4233 Токарная с ЧПУ														
B10	1 1 1 1														
A11	025 4214 Вертикально-сверлильная														
B12	1 1 1 1														
A13	030 4273 Универсально-фрезерная														
B14	1 1 1 1														
A15	040 5000 Термическая обработка														
B16	1 1 1 1														
МК	Маршрутная карта														2

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма																				
Дубл.																				
Взам.																				
Площ.										2										
Вал																				
А	Цех	Уч.	ГРМ	Юлер.	Код. наименование операции	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	Обозначение документа									
											КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.				
Б	Код. наименование оборудования					Обозначение код						ЕН	КИ	Н. расх.						
КМ	Наименование детали, сб. единицы или материала											ОПП	ЕВ							
A01	07	2		045	Круглошлифовальная															
B02	Круглошлифовальный станок 3М151Ф2											1	1	1	1					
A03				050	0125 Моечная															
B04												1	1	1	1					
A05				055	0200 Контроль															
B06												1	1	1	1					
07																				
08																				
09																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
МК	Маршрутная карта																			3

Продолжение Приложения А

Таблицы А.2 – Операционная карта

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3																
Дубл.																
Взам.																
Плол.																
													1	1		
Разраб.	Рагулин М.В.															
Проверил	Рассторгуев Д.А.															
Утвердил	Логинов Н.Ю.															
Н. контр.	Рассторгуев Д.А.													015		
Наименование операции	17 Вал													МЗ	КОИД	
Токарная с ЧПУ	Материал	Сталь 45 ГОСТ 1050-88	Твердость	220	ЕВ	кз	МД	6,4	Профиль и размеры	62x320				9,8	1	
Оборудование, устройство ЧПУ	Обозначение программы	СОЖ														
Токарный центр Ассиway UT 300			То	2,13	Тв	1,6	Т пз.	20	Тшт.	4,3						
P			PI		L		t		i		s		n	v		
T01	Патрон 7108-0027 ГОСТ 2571-71															
T02	Центр А-1-4-Н ГОСТ 8742-75															
O03	1. Установить деталь															
O04	2. Точить заготовку															
T05	Резец многофункциональный T15K6	T1	63,3	320	320	4,55	3	0,6	455	102						
O06	3. Переустановить и закрепить заготовку															
O07	4. Точить заготовку															
T08	Резец многофункциональный T15K6	T1	63,3	320	320	4,55	3	0,6	455	102						
O09	5. Снять деталь															
10																
11																
12																
13																
OK	Операционная карта														5	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.2

Дубл.		Взам.		Плодл.		ГОСТ 3.1105-84		Форме	
									3
									005

Technical drawing showing two views of a stepped shaft. The left view is a front view with dimensions: diameter 60±0.23, length 60±0.23, diameter 63.3±0.03, length 1915±0.23, diameter 57.3±0.03, length 2015±0.23, and total length 320±0.57. The right view is a side view with dimensions: diameter 65±0.03, diameter 57.3±0.03, diameter 63.3±0.03, length 1915±0.23, diameter 57.3±0.03, length 2015±0.23, and total length 320±0.57. Both views show chamfered ends with a 2x45 degree angle.

КЭ

Карта эскизов

Приложение Б

Спецификация на приспособление

Таблица Б.1 – Спецификация приспособления

Формат Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание
<i>Документация</i>					
A1		22.ВКР.ОТМП.318.65.00.000.СБ	Сборочный чертеж. Сборочный чертеж		
<i>Детали</i>					
	1	22.ВКР.ОТМП.318.65.00.001	Корпус	1	
	2	22.ВКР.ОТМП.318.65.00.002	Кулачок сменный	3	
	3	22.ВКР.ОТМП.318.65.00.003	Вставка промежуточная	3	
	4	22.ВКР.ОТМП.318.65.00.004	Кулачок постоянный	3	
	5	22.ВКР.ОТМП.318.65.00.005	Крышка	1	
	6	22.ВКР.ОТМП.318.65.00.006	Центровик	1	
	7	22.ВКР.ОТМП.318.65.00.007	Крышка	1	
	8	22.ВКР.ОТМП.318.65.00.008	Тяга	1	
	9	22.ВКР.ОТМП.318.65.00.009	Противовес	3	
	10	22.ВКР.ОТМП.318.65.00.010	Винт заглушка	3	
	11	22.ВКР.ОТМП.318.65.00.011	Рычаг	3	
<i>Стандартные изделия</i>					
	12		Винт 2 М12 х 0,5-6д х 23.58.35Х01 ГОСТ Р 11738-84	3	
	13		Винт 2 М12 х 0,75-6д х 78.58.35Х01 ГОСТ Р 11738-84	3	
	14		Винт 2 М14 х 0,5-6д х 52.58.35Х01 ГОСТ Р 11738-84	3	
	15		Винт 2 М14 х 1-6д х 62.58.35Х01 ГОСТ Р 11738-84	3	
22.ВКР.ОТМП.318.65.00.000.СП					
Изм. Лист		№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб. Рагулин М.В.					
Проб. Расторгуев Д.А.					
Н.контр. Расторгуев Д.А.					
Утв. Логинов Н.Ю.					
Патрон			Лит.	Лист	Листов
				1	2
			ТГУ, ИМ ТМбп-17028		

Копировал

Формат А4

Приложение В

Спецификация на инструмент

Таблица В.1 – Спецификация приспособления

Инв. №	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Лист		Листов
									Лит.	Лит.	
Инв. № подл.	Разраб.	Разулин МВ			22.ВКР.ОТМП.318.70.00.000.СП						
	Проб.	Рассторзев Д.А.									
Инв. № подл.	Н.контр.	Рассторзев Д.А.			Резец многофункциональный						
	Утв.	Логинав Н.Ю.									
								1			
					ТГУ, ИМ ТМбп-1702б						
					Формат А4						
					Копировал						

Инв. №	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Лист		Листов
									Лит.	Лит.	
Инв. № подл.	Разраб.	Разулин МВ			22.ВКР.ОТМП.318.70.00.000.СП						
	Проб.	Рассторзев Д.А.									
Инв. № подл.	Н.контр.	Рассторзев Д.А.			Резец многофункциональный						
	Утв.	Логинав Н.Ю.									
								1			
					ТГУ, ИМ ТМбп-1702б						
					Формат А4						
					Копировал						

Инв. №	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Лист		Листов
									Лит.	Лит.	
Инв. № подл.	Разраб.	Разулин МВ			22.ВКР.ОТМП.318.70.00.000.СП						
	Проб.	Рассторзев Д.А.									
Инв. № подл.	Н.контр.	Рассторзев Д.А.			Резец многофункциональный						
	Утв.	Логинав Н.Ю.									
								1			
					ТГУ, ИМ ТМбп-1702б						
					Формат А4						
					Копировал						

Инв. №	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Лист		Листов
									Лит.	Лит.	
Инв. № подл.	Разраб.	Разулин МВ			22.ВКР.ОТМП.318.70.00.000.СП						
	Проб.	Рассторзев Д.А.									
Инв. № подл.	Н.контр.	Рассторзев Д.А.			Резец многофункциональный						
	Утв.	Логинав Н.Ю.									
								1			
					ТГУ, ИМ ТМбп-1702б						
					Формат А4						
					Копировал						

Инв. №	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Лист		Листов
									Лит.	Лит.	
Инв. № подл.	Разраб.	Разулин МВ			22.ВКР.ОТМП.318.70.00.000.СП						
	Проб.	Рассторзев Д.А.									
Инв. № подл.	Н.контр.	Рассторзев Д.А.			Резец многофункциональный						
	Утв.	Логинав Н.Ю.									
								1			
					ТГУ, ИМ ТМбп-1702б						
					Формат А4						
					Копировал						

Инв. №	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Лист		Листов
									Лит.	Лит.	
Инв. № подл.	Разраб.	Разулин МВ			22.ВКР.ОТМП.318.70.00.000.СП						
	Проб.	Рассторзев Д.А.									
Инв. № подл.	Н.контр.	Рассторзев Д.А.			Резец многофункциональный						
	Утв.	Логинав Н.Ю.									
								1			
					ТГУ, ИМ ТМбп-1702б						
					Формат А4						
					Копировал						