

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 произ-
ВОДСТВ»

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Проектирование технологических процессов
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления шпинделя станка для намотки конденса-
торов

Обучающийся

Н.А. Бабенкова

(Инициалы Фамилия)

_____ (личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Д.Г. Левашкин

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

Аннотация

«Данная бакалаврская работа посвящена разработке технологического процесса изготовления шпинделя станка для намотки конденсаторов. Выпускная квалификационная работа содержит 114 страниц пояснительной записки, в том числе 22 таблицы, 6 рисунков; 82 формулы, 3 приложения и 7 листов формата А1 графической части» [17]. Работа содержит шесть разделов, введение, заключение, список используемых источников и приложения, «которые содержат разработанную технологическую документацию, включающую в себя спецификацию, маршрутные и операционные карты.

В разделе под номером один внесены исходные данные для проектирования технологического процесса. Рассматривается базовый технологический процесс и на основании его недостатков определяются мероприятия по улучшению нового технологического процесса. Определены задачи, решение которых представлено во всех шести разделах выпускной работы» [25].

В разделе под номером два представлена технологическая часть бакалаврской работы, определено «среднесерийное производство, выбран метод получения заготовки и произведен расчет припусков. Определены все средства технологического оснащения. Рассчитаны режимы резания и нормы времени для технологических операций» [25].

В разделе под номером три производится расчет и проектирование станочного приспособления для токарной операции.

В разделе под номером четыре производится проектирование режущего инструмента для сверлильной операции [25].

В разделах под номерами пять и шесть предложены мероприятия по обеспечению безопасности и экологичности технического объекта.

В разделе под номером шесть рассчитана экономическая эффективность работы [25].

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Анализ служебного назначения и условий работы детали.....	6
1.2 Анализ материала детали.....	
1.3 Систематизация поверхностей детали.....	8
1.4 Анализ технологичности конструкции детали.....	9
1.5 Формулировка задач работы.....	11
2 Технологическая часть.....	14
2.1 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	16
2.2 Выбор метода получения заготовки.....	16
2.3 Выбор методов обработки поверхностей.....	18
2.4 Определение припусков и проектирование заготовки.....	25
2.5 Разработка технологического маршрута и плана изготовления....	29
2.6 Выбор средств технологического оснащения.....	36
2.7 Проектирование технологических операций.....	37
3 Расчет и проектирование станочного приспособле- ния.....	40
3.1 Данные на проектирование станочного приспособления для то- карной обработки шпинделя.....	55
3.2 Анализ технического задания.....	55
3.3 Определение свободного пространства зоны обработки заготов- ки.	56
3.4 Расчет погрешности базирования заготовки.....	56
3.5 Выбор установочной базы заготовки.....	57
3.6 Расчет составляющих сил резания на токарной операции.....	57
3.7 Разработка схемы приложения сил зажима заготовки.....	57

3.8 Расчет величин сил зажима заготовки.....	61
3.9 Выбор зажимного приспособления.....	61
3.10 Расчет силового привода.....	63
3.11 Расчет погрешности установки заготовки.....	64
3.12 Описание и принцип работы устройства.....	66
4 Проектирование режущего инструмента.....	67
4.1 Исходные данные.....	69
4.2 Сила резания.....	69
4.3 Мощность резания.....	69
4.4 Проверка режима резания по мощности резания.....	70
4.5 Проверка резца на изгиб.....	71
4.6 Проверка на точность обработки.....	72
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	74
5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.....	74
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	75
5.3 Методы и технические средства снижения рисков.....	76
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	78
5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	79
6 Экономическая эффективность работы.....	81
Заключение.....	85
Список используемых источников.....	86
Приложение А - Маршрутная карта.....	90
Приложение Б - Операционная карта.....	98
Приложение В - Спецификация к станочному приспособлению.....	113

Введение

Для выпуска высококачественной и конкурентоспособной продукции, следует проектировать изделия с соблюдением экологических и эргономических запросов по обслуживанию и эксплуатации, на самом высоком современном уровне, с учетом новейших достижений в области механической обработки. Актуальными на сегодняшний день являются высокоскоростная обработка на оборудовании ЧПУ с использованием высокоточных заготовок, с применением прогрессивного высокостойкого режущего и абразивного инструмента. Передовое современное оборудование, снабженное числовым программным управлением, способствует как высокой производительности, точности, качеству изделий, так и уменьшению себестоимости обработки, и сокращению издержек. Как показатель, снижается трудоемкость рабочего, в результате автоматизации производства. Также к результативности автоматизированного инновационного оборудования можно отнести компоновку станков и обрабатывающих центров с ЧПУ, где за счет использования многообразного модульного оснащения есть возможность совершать и внедрять самые разнообразные технологические переходы. Теперь затраты физических усилий сводятся к минимуму, следовательно, снижается возможность получения производственных травм и вероятность выпуска брака, возникающего в силу человеческого фактора.

В данной выпускной квалификационной работе с учетом вышеуказанных характерных, отличительных свойств спроектирован технологический процесс изготовления шпинделя станка для намотки высоковольтных конденсаторов. За счёт использования современного высокоточного, многоцелевого и многоинструментального автоматизированного оборудования с ЧПУ

изделию обеспечена высокая точность и скорость обработки, идеальная повторяемость, оптимальный расход материалов, снижение отходности производства и исключение брака.

1 Анализ исходных данных

1.1 Анализ служебного назначения и условий работы детали [25]

Деталь, «Шпиндель станка для намотки высоковольтных конденсаторов» выполняет функцию оси для механизма смотки (рисунок 1), поддерживает установленные на ней детали и воспринимает действующие на них нагрузки, кроме вращательного момента, то есть не испытывает деформацию кручения.

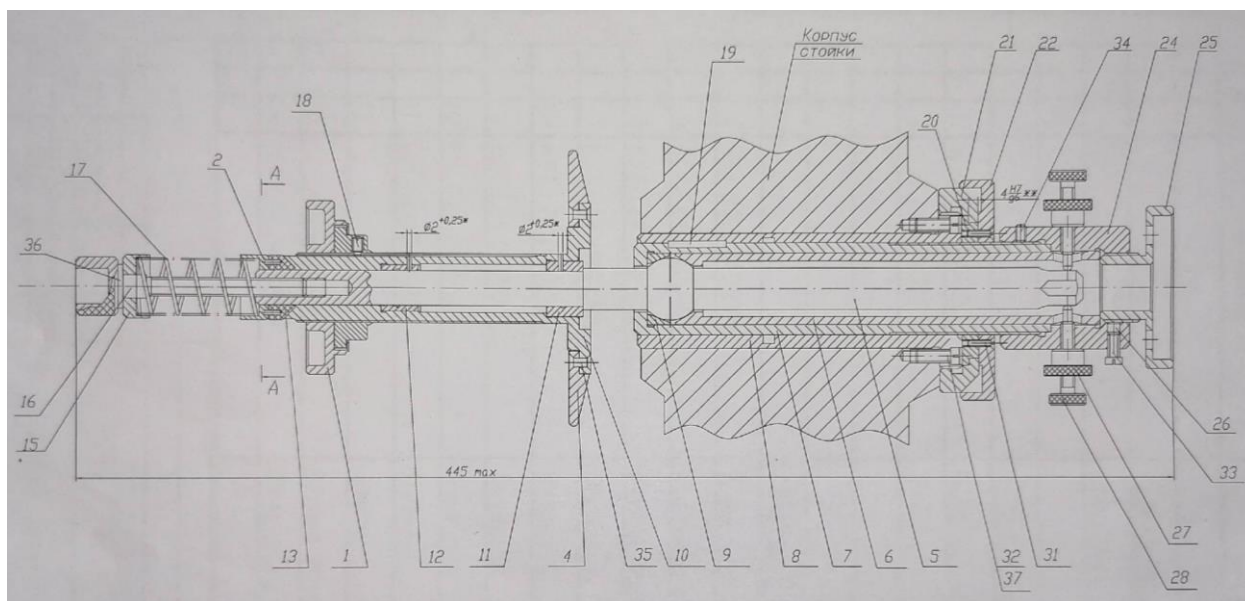


Рисунок 1 – Механизм смотки (сборочный чертеж)

Деталь «Шпиндель» (5) располагается в корпусе стойки станка для намотки высоковольтных конденсаторов. Шпиндель (5), это деталь сборочного изделия «Механизм смотки» (рисунок 1).

В корпусе стойки выполнено отверстие под крепление шпинделя, превышающее диаметр самого шпинделя. Чтобы закрепить Шпиндель (5) на стойке необходимо укрепить его серией втулок. Закрепление шпинделя на стойке станка происходит с одной стороны (на чертеже справа).

Первоначально в отверстие вставляется Втулка из стали 35 (8). Во Втулку (8) вставляется Обойма из стали 20 (7), которая справа имеет резьбу, на которую наворачивается Гайка из стали 35 (21). И эта конструкция крепится Винтом М4 (32) с Шайбой (37) с двух сторон. Гайку укрепляет Кольцо из стали 35 (22), которое также наворачивается на гайку. Кольцо с гайкой скреплены Винтом М3 (31). В Обойму (7) вставляется Вкладыш из стали 20 (9), затем вставляется Шпиндель (5) и Втулка прижимная из стали 35 (6) Для регулировки Шпинделя (5) на Обойму (7) наворачивается Втулка резьбовая из стали 35 (24). Втулка резьбовая (24) крепится Винтами (28). Регулировка вдоль оси Y производится с помощью Винтов (28). Регулировка вдоль оси Y необходима для соблюдения параллельности с приспособлением для намотки секций конденсаторов. После регулировки Винты (28) фиксируются Гайками (27). Завершающей деталью правосторонней сборки является Гайка с резьбой из стали 35 (25), для закрепления Шпинделя (5) на корпусе станка. При ослаблении связи Гайки (25) и Втулки (24), Шпиндель (5) имеет возможность перемещения вдоль оси X, для соблюдения перпендикулярности с приспособлением для намотки секций конденсаторов.

Согласно рисунку 1 с левой стороны Шпинделя (5) собран узел смотки, который состоит из Корпуса (10) и Диска из сплава алюминия с магнием и медью Д16 (4), к которому прижимается втулка с материалом для конденсаторов Гайкой зажимной (1). То есть втулка, с материалом для конденсаторов, зажимается и фиксируется в двух сторон, между Диском (4) и Гайкой (1).

Вращаясь оправка (приспособление для намотки конденсаторов) смазывает на себя фольгу и ленты диэлектрика (конденсаторный материал) с втулки с материалом, установленной на механизме смотки. Намоточная оправка приводится во вращение электродвигателем через фрикционную

муфту сцепления, которая позволяет осуществить плавный пуск и остановку станка.

Конденсаторы и секции конденсаторов должны быть плотной намотки, насколько позволяет механическая прочность диэлектрика и фольги в пределах упругой деформации. Плотная намотка зависит от большого равномерного натяжения диэлектрика.

Для выставления и корректировки натяжения конструкция, из Втулки стали 35, Шайбы (36), Шайбы установочной из стали 35 (15) и Винта (16), поджимает Пружину из стали кл.2А и диаметром 1,5 мм. (17), которая действует на Втулку тормозную из текстолита ПТК-520 (13). Вследствие чего Втулка (13) действует на Гайку зажимную (1), которая поджимается к Корпусу (10). В результате тормозная Втулка (13) прижимается к Корпусу (10), тормозит его вращение, тем самым усиливает натяжение материала для намотки высоковольтных конденсаторов. При ослаблении Пружины (17) осуществляется обратное действие, натяжении ослабевает.

Вращение механизма смотки происходит на подшипниках качения, которые выполнены в виде Втулок из бронзы (11) и (12).

1.2 Анализ материала детали

Марка: 30ХГСА

Класс: Сталь конструкционная легированная

Физические свойства стали 30ХГСА - приводятся в таблице 1. Данные значения в зависимости от температуры испытания [22]

Таблица 1 – Свойства материала

Температура испытания, °С	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
модуль нормальной упругости, Е, ГПа	215	211	203	196	184	173	164	143	125	-

плотность, ρ_n , кг/см ³	7850	7830	7800	7760	7730	7700	7670	-	-	-
коэффициент теплопроводности Вт/(м · °С)	38	38	37	37	36	34	33	31	30	-

Продолжение Таблицы 1

Температура испытания, °С	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
уд. электросопротивление (ρ , НОм · м)	210	-	-	-	-	-	-	-	-	-
температура испытания, °С	20 - 100	20 - 100	20 - 100	20 - 100	20 - 100	20 - 100	20 - 100	20 - 100	20 - 100	20 - 100
удельная теплоемкость (c , Дж/(кг · °С))	496	504	512	533	554	584	622	693	-	-

Химический состав выбранного материала приведен в таблице 2

Таблица 2 – Химический состав

Элемент	C	S	P	Cr	Ni	Mn	Cu	Si	Fe
содержание, %	0,28-0,34	<0,025	<0,025	0,800-1,100	<0,300	0,800-1,100	<0,350	0,900-1,200	~96,00

Сталь 30ХГСА один из наиболее востребованных сплавов в промышленности.

1.3 Систематизация поверхностей детали

«Все поверхности детали делятся на четыре группы:

- основные конструкторские базы;
- вспомогательные конструкторские баз;
- исполнительные поверхности;
- свободные поверхности» [11].

Все поверхности детали на эскизе (рисунок 2) нумеруем и систематизируем по их назначению (таблица 3).

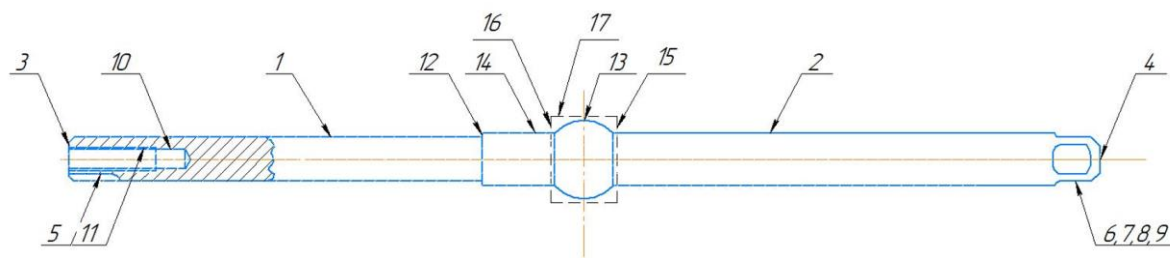


Рисунок 2 – Нумерация поверхностей детали на эскизе

Таблица 3 – Систематизация поверхностей

Тип поверхности	Номер поверхности
основная конструкторская база (ОКБ)	1,2,3,4
вспомогательная конструкторская база (ВКБ)	5,6,7,8,9,10
исполнительная поверхность (ИП)	11,12,13
свободная поверхность (СП)	14,15,16,17

Основное служебное назначение шпинделя станка для намотки высоковольтных конденсаторов – поддерживать установленные на нем детали и воспринимать действующие на них нагрузки. Шпиндель имеет, в качестве исполнительных поверхностей, метрическую резьбу, торец свободной поверхности и сферическую поверхность.

В качестве основных баз имеются цилиндрические поверхности перпендикулярные одним и соосные другим исполнительным поверхностям и их опорные торцы.

Далее разрабатываются вспомогательные конструкторские базы, а это лыски для плотного соединения с фиксирующими его винтами и канавка для плотного соединения с зажимной втулкой, и уже далее определяются формы свободных поверхностей, они (свободные поверхности) не выполняют никаких функций.

1.4 Анализ технологичности конструкции детали

Деталь «Шпиндель» изготавливается из стали 30ХГСА ГОСТ 4543-2016 сортового проката. Для заготовки применяется стальной круг с круглым поперечным сечением без полого пространства, в прутках, из легированной стали 30ХГСА диаметром 30 мм. Конфигурация внешней поверхности не имеет выраженных трудностей при изготовлении заготовки. Следовательно, заготовку можно считать технологичной.

Целью изучения конструкции детали «Шпиндель» на технологичность будет обнаружение недостатков на основании чертежей и технических требований.

Анализ технологичности конструкции:

- качественный анализ технологичности детали;
- количественный анализ технологичности детали [15].

Качественный анализ на технологичность детали:

- в рабочем чертеже представлена вся необходимая графическая информация о конструкции детали шпиндель;
- указаны необходимые размеры, отклонения, шероховатости поверхностей;
- небольшая масса детали, менее 1 кг.
- деталь имеет максимальное количество цилиндрических поверхностей;
- деталь является телом вращения, нет труднодоступных мест и поверхностей для обработки;
- глухое отверстие, под резьбу, спроектировано с коническим дном, образуемым режущей кромкой сверла;
- удобное расположение баз;
- плоскость входа (выхода) инструмента перпендикулярна оси отверстий;

- деталь достаточно технологична для обработки, все поверхности легкодоступны для инструмента.

Вывод: конструкция шпинделя является технологичной.

Количественный анализ на технологичность детали [15]:

- коэффициент точности обработки, по формуле (1) и формуле (2):

$$K_{\text{Тч}} = \left(1 - \frac{1}{A_{\text{ср}}}\right), \quad (1)$$

$$A_{\text{ср}} = \frac{\sum A_{ki} \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (2)$$

где $K_{\text{Тч}}$ – «коэффициент точности обработки;

$A_{\text{ср}}$ – средний квалитет точности обработки;

A – квалитет точности обработки;

n – число размеров соответствующего квалитета» [15]

$$A_{\text{ср}} = \frac{11 \cdot 11 + 7 \cdot 2}{17} = 7,9$$

$$K_{\text{Тч}} = 1 - \frac{1}{7,9} = 0,87$$

Если $K_{\text{Тч}}$ превышает 0,8, деталь технологична посредством обработки резанием.

- коэффициент шероховатости обработки, по формуле (3) и формуле (4):

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{B_{\text{ср}}}, \quad (3)$$

$$B_{\text{ср}} = \frac{\sum B_{ki} \cdot n_{iш}}{\sum n_{iш}}, \quad (4)$$

где $K_{ш}$ – «коэффициент шероховатости обработки;

$B_{ср}$ – средняя величина коэффициента приведения;

$B_{кш}$ – класс шероховатости;

n – число размеров соответствующего параметра шероховатости» [15]

$$B_{ср} = \frac{1,6 \cdot 2 + 3,2 \cdot 5 + 6,3 \cdot 6}{17} = 3,3$$

$$K_{ш} = \frac{1}{3,3} = 0,3$$

Деталь технологична, если значение коэффициента находится в интервале от 0,16 до 0,32 [15]

- коэффициент сложности конструкции детали, по формуле (5):

$$K_{сл} = 0,25 (K_{к} + K_{р} + K_{в} + K_{с}) \quad (5)$$

где $K_{сл}$ - коэффициент сложности конструкции детали;

$K_{к}+K_{р}+K_{в}+K_{с}$ – коэффициенты, определяемые по формуле (6) как:

$$K_i = 1 - A_i \quad (6)$$

где K_i – коэффициент;

A_i – поправки, численные значения

$$K_{сл} = 0,075$$

- коэффициент унификации элементов детали, по формуле (7):

$$K_{у.э} = \left(\frac{Q_{у.э}}{Q_3} \right) - 0,1n, \quad (7)$$

где $K_{y.э}$ - коэффициент унификации элементов детали;

$Q_{y.э}$ – количество унифицированных элементов;

$Q_э$ – общее количество конструктивных элементов;

n – количество нетехнологичных элементов детали.

$$K_{y.э} = 0,95$$

- коэффициент использования материала, по формуле (8):

$$K_{им} = \frac{M_d}{M_з}, \quad (8)$$

где $K_{им}$ - коэффициент использования материала;

M_d – масса детали;

$M_з$ – масса заготовки.

$$K_{им} = 0,69$$

Для металлопроката средний показатель КИМ 0,78...0,38, следовательно технология является технологичной.

«Технологичность базирования и закрепления.

Технологичность базирования и закрепления детали обусловлена наличием опорных поверхностей (баз), совпадением технологической и измерительной баз, точностью и шероховатостью базовых поверхностей» [15].

Вывод: конструкция шпинделя является технологичной.

1.5 Формулировка задач работы

«После анализа исходных данных необходимо решить ряд задач:

- определить тип производства и выбрать стратегию разработки ТП;

- выбрать оптимальный метод получения заготовки и маршруты обработки поверхностей;
- разработать технологический маршрут и схемы базирования заготовки;
- выбрать оборудование, приспособления, режущий инструмент, средства контроля;
- рассчитать припуски на обработку и спроектировать заготовку;
- определить содержание операций, рассчитать режимы резания и время на обработку;
- разработать технологическую документацию и графические материалы» [17].

Решение всех этих задач позволит снизить себестоимость изготовления шпинделя станка для намотки конденсаторов

2 Технологическая часть

2.1 Выбор стратегии разработки техпроцесса

Согласно исходным данным годовая программа выпуска детали «Шпиндель станка для намотки высоковольтных конденсаторов» составляет 4000 шт. Режим работы предприятия по изготовлению детали, пятидневка с числом рабочих дней в году 248 и продолжительностью смены 8 часов. Для предприятия установлен 2-х сменный режим работы.

Масса детали 0,66 кг., геометрия ее поверхности средней сложности, трудоемкость изготовления средняя. Тип производства – среднесерийный [8], [20], [21].

Годовая программы запуска, по формуле (9) [8], [20], [21]:

$$N_3 = N_B \cdot k_1 \cdot k_2, \quad (9)$$

где N_3 – заданное количество деталей;

N_B – количество выпускаемых деталей;

k_1 - коэффициент, характеризующий технологический брак (4...5% от годовой программы выпуска);

k_2 - коэффициент незавершенного производства (2...3% от годовой программы выпуска).

$$N_3 = 4000 \cdot 1,05 \cdot 1,03 = 4326 \text{ шт.}$$

Такт производства расчетный, по формуле (10):

$$\tau_p = \frac{F_a \cdot 60}{N_3}, \quad (10)$$

где τ_p - расчетный такт производства;

F_a - расчетный фонд работы в часах при двухсменном режиме работы
($F_a = 4015\text{ч.}$);

N_3 – заданное количество деталей.

$$\tau_p = \frac{4015 \cdot 60}{4326} = 55,68 \text{ мин/шт}$$

Такт производства действительный, по формуле (11):

$$\tau_a = \tau_p \cdot \eta_3, \quad (11)$$

где τ_a - действительный такт производства;

τ_p - расчетный такт производства;

η_3 - коэффициент загрузки оборудования ($\eta_3 = 0,75 \dots 0,85$)

$$\tau_a = 55,68 \cdot 0,8 = 44,55 \text{ мин/шт.}$$

Для выявления типа производства берем массу детали 0,66 кг и годовой объем выпуска изделия 4326 шт./год, что соответствует среднесерийному типу производства.

Среднесерийный тип производства имеет ряд характеристик:

- изготовление деталей партиями и сериями, регулярно повторяющимися через определённый промежуток времени;
- использование высокопроизводительного оборудования, часто специализированного и даже специального оборудования;

- широкое использование универсально – наладочных и универсально - сборных приспособлений, универсального и специального режущего инструмента;
- заготовки имеют небольшие припуски на обработку;
- оборудование располагается как по ходу технологического процесса, так и по типам станков;
- технологические процессы в серийном производстве разрабатываются подробно;
- квалификация основных рабочих в целом ниже, чем в единичном производстве, но остается высокой, например, при выполнении работ на станках с ЧПУ.

2.2 Выбор метода получения заготовки

Учитывая физико-механические свойства выбранного материала для детали (сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-2016), а также объемы и геометрию тела шпинделя, будет разумно выбрать метод получения заготовки, объемную штамповку из сортового металлопроката [5], [6], [8], [14].

Для изготовления детали «Шпиндель станка для намотки высоковольтных конденсаторов» применяется стальной круг с круглым поперечным сечением без полого пространства, в прутках, из легированной стали 30ХГСА диаметром 30 мм.

Характеристики круга стального регламентирует ГОСТ 2590-88.

Метод получения заготовки: Объемная штамповка. Метод состоит в том, что при применении высокого давления металл горячей болванки подвергается серии последовательных деформаций, и, не нарушая своей целостности, затекает в свободное пространство специально подготовленных штампов, повторяя их пространственную форму и приходя к заданным размерам. [5], [6], [8], [14].

Вид оборудования: Специальные обрезающие и пробивные штампы и кривошипные прессы.

Для изготовления детали «Шпиндель станка для намотки высоковольтных конденсаторов» применяется горячая объемная «штамповка на кривошипных горячештамповочных прессах.

Для определения допусков, припусков и уклонов для изготовления заготовки применим ГОСТ 7505-89.

Определение исходного индекса для последующего назначения основных припусков, допусков и допускаемых отклонений определяется в зависимости от массы, марки стали, степени сложности и класса точности поковки» [7] (таблица 4).

Определяем группу стали. Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-2016 относится к группе М1 – содержит свыше 0,35 до 0,65 процента углерода.

Определяем степень сложности детали $d_{max} = 27$ мм. $L_{max} = 355$ мм., по формуле (12), (13):

$$C = \frac{m_{дет}}{m_{ф}} \quad (12)$$

где C – степень сложности

$m_{дет}$ – масса детали, кг

$m_{ф}$ – масса цилиндра (фигуры), описанного вокруг детали по максимальным размерам диаметра и длины.

$$m_{ф} = \frac{\pi \times d_{max}^2}{4} \cdot L_{max} \cdot \frac{\gamma}{1000} \text{ (кг)} \quad (13)$$

где $m_{ф}$ – масса цилиндра (фигуры), описанного вокруг детали по максимальным размерам диаметра и длины;

π - математическая постоянная;

d_{max} – максимальный диаметр детали;

L_{max} – максимальная длина детали;

где γ - удельный вес (плотность) материала заготовки, г/см³. (Для углеродистых сталей $\gamma = 7,85 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$, для легированных - $\gamma = 7,83 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$.)

$$m_{\phi} = \frac{3,14 \times 2,7^2}{4} \cdot 35,5 \cdot \frac{7,83}{1000} = 1,590$$

$$C = \frac{0,66}{1,59} = 0,415$$

Т.к $0,415 > 0,32$, то степень сложности поковки С2 [7]

Определим класс точности штамповки. Так, как заготовку получаем на кривошипном горячештамповочном прессе в закрытом штампе, «класс точности штамповки – Т2 (по ГОСТ7505-89)

Таблица 4 – Определение исходного индекса

Наименование характеристики	Показатель
Масса заготовки, кг.	0,957
Группа стали	М1
Степень сложности	С2
Класс точности	Т2
Исходный индекс	5

Основные припуски на механическую обработку поковок в зависимости от исходного индекса» [7]. Припуски и допуски представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Припуски и допуски

Поверхность	Размер детали, мм	z (на сторону), мм	Смещение по поверхности разъема штампов, мм	Изогнутость и отклонения от плоскостности и прямолинейности	Отклонения межосевого расстояния	Размер заготовки, мм	Допуск, мм
4	167	1,1	0,1	0,2	0,2	170,2	+0,7; -0,3
3	142	1,0	0,1	0,2	0,2	145,0	+0,6; -0,3

Продолжение Таблицы 5

Поверхность	Размер детали, мм	z (на сторону), мм	Смещение по поверхности разъема штампов, мм	Изогнутость и отклонения от плоскостности и прямолинейности	Отклонения межосевого расстояния	Размер заготовки, мм	Допуск, мм
13	∅ 27	0,9	0,1	0,2	0,2	29,8	+0,5; -0,2
12	25	0,9	0,1	0,2	0,2	27,8	+0,5; -0,2
2	∅ 18	0,8	0,1	0,2	0,2	20,6	+0,5; -0,2
14	∅ 18	0,8	0,1	0,2	0,2	20,6	+0,5; -0,2
1	∅ 15	0,8	0,1	0,2	0,2	17,6	+0,5; -0,2

Радиус закругления наружных углов - 1,6 мм и 2,0 мм.

Штамповочные уклоны не должны превышать величин, установленных в таблице 6.

Таблица 6 – Штамповочные уклоны

Оборудование	Штамповочные уклоны, град	
	на наружной поверхности	на внутренней поверхности
Прессы с выталкивателями, горизонтально-ковочные машины	5	7

Поковка изготавливается на кривошипном горячештамповочном прессе. Заготовка имеет размеры диаметра 31,16 × длины 365,8 мм. Выбранная

заготовка по форме и размерам максимально приближена к форме и размерам готовой детали.

Стоимость заготовки учитывается при расчете технологической себестоимости. При экономическом обосновании выбора заготовок используют те же показатели, что и при выборе процессов механической обработки. Оценку результатов различных вариантов получения заготовок чаще всего проводят по двум показателям коэффициента использования материала заготовки:

- $K_{им1}$ (прокат) = 0,30
- $K_{им2}$ (горячештампованная заготовка) = 0,69

«Если деталь изготавливается из проката, то затраты на заготовку определяются исходя из стоимости проката, требующего на изготовление детали, по формуле (14):

$$C_{заг1} = C_{пр} \cdot h_{\phi} \quad (14)$$

где $C_{заг}$ - затраты на заготовку, руб.;

$C_{пр}$ - цена одного кг материала заготовки, руб.;

h_{ϕ} - коэффициент, учитывающий форму заказа металлопроката.

$$C_{заг1} = 47,75 \cdot 1,06 = 50,62 \frac{\text{руб.}}{\text{кг.}}$$

Значение коэффициента h_{ϕ} для проката мерной длины - 1,06. Стоимость 1 кг. круга с круглым поперечным сечением без полого пространства, в прутках, из легированной стали 30ХГСА диаметром 30 мм. – 47,75 руб./кг.

Стоимость горячештамповочных заготовок рассчитывается по формуле (15):

$$C_{заг2} = C_{шт} \cdot h_{т} \cdot h_{м} \cdot h_{с} \cdot h_{п} \cdot h_{в} \quad (15)$$

где $C_{заг}$ - стоимость одного кг заготовки, руб./кг;

$C_{шт}$ - базовая стоимость одного кг штампованных заготовок, руб.;

$h_m, h_c, h_b, h_{м}, h_n$ - коэффициенты, зависящие от класса точности, массы, группы сложности, марки материала и объема производства заготовок.

$$C_{заг_2} = 47,75 \cdot 0,9 \cdot 1,18 \cdot 0,87 \cdot 1,0 \cdot 1,29 = 56,91 \frac{\text{руб.}}{\text{шт.}}$$

Затраты на механическую обработку, отнесенные на один кг стружки, могут быть определены по формуле (16)» [17]:

$$C_{мех} = C_c + E_n \cdot C_k \quad (16)$$

где $C_{мех}$ – стоимость механической обработки, отнесенная к 1кг снимаемой стружки;

C_c – текущие затраты на один кг стружки, руб./кг;

E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ($E_n=0,1...0,2$)

C_k – капитальные затраты на один кг. стружки, руб./кг.

$$C_{мех} = 3,56 + 0,15 \cdot 10,35 = 5,11$$

Заготовительная цена на 1 кг стальной стружки марки лома 16А – 18,50 руб./кг [23].

На стадии проектирования технологических процессов оптимальный вариант заготовки, если известны масса заготовки и масса детали, можно определить путем сравнения технологической себестоимости изготовления детали, по формуле (17):

$$C_{T_1} = C_{заг_1} \cdot Q + C_{мех} \cdot (Q - q) - C_{отх} \cdot (Q - q) \quad (17)$$

где C_m - технологическая себестоимость изготовления детали, руб.;

$C_{заг}$ - стоимость одного кг заготовки, руб./кг;

Q – масса заготовки детали;

$C_{мех}$ - стоимость механической обработки, отнесенная к одному кг срезаемой стружки, руб./кг;

q – масса детали;

$C_{отх}$ - цена одного кг отходов, руб./кг.

$$C_{T_1} = 50,62 \cdot 2,16 + 5,11 \cdot (2,16 - 0,66) - 18,5 \cdot (2,16 - 0,66) = 89,25 \frac{\text{руб.}}{\text{шт.}}$$

Если известны масса детали и коэффициент использования материала $K_{им}$, то формула технологической себестоимости может быть преобразована к виду формулы (18):

$$C_{T_2} = \frac{q}{K_{им2}} \cdot (C_{заг_2} + (C_{мех} - C_{отх}) \cdot (1 - K_{им_2})) \quad (18)$$

где C_m – технологическая себестоимость изготовления детали, руб.;

$C_{заг}$ – стоимость одного кг заготовки, руб./кг;

$C_{мех}$ – стоимость механической обработки, отнесенная к одному кг срезаемой стружки, руб./кг;

$C_{отх}$ – цена одного кг отходов, руб./кг;

$K_{им}$ – коэффициент использования материала

$$C_{T_2} = \frac{0,66}{0,69} \cdot (56,91 + (5,11 - 18,5) \cdot (1 - 0,69)) = 12,95 \frac{\text{руб.}}{\text{шт.}}$$

Экономический эффект при сопоставлении различных способов получения заготовок может быть рассчитан по формуле (19):

$$\mathcal{E} = (C_{T_1} - C_{T_2}) \cdot N \quad (19)$$

где C_{m1} , C_{m2} – техническая себестоимость изготовления детали из сопоставляемых заготовок, руб.

N – годовая программа, шт.

На основании сопоставления технологической себестоимости по рассматриваемым вариантам делаем заключение о том, какой вариант принимается для дальнейшей разработки

$$\mathcal{E} = \left(89,25 \frac{\text{руб.}}{\text{шт.}} - 12,95 \frac{\text{руб.}}{\text{шт.}} \right) \cdot 4326 \text{шт.} = 330073.80 \text{ руб}$$

Соответственно оптимальный вариант заготовки, штамповка на кривошипном горячештамповочном прессе.

2.3 Выбор методов обработки поверхностей

Маршрут (таблица 7) выбран на основании технологических методов обработки, «конфигурации заготовки, вида исходной заготовки, конечных требований по точностным показателям и физико-механическим свойствам» [8], [11].

Таблица 7 – Маршрут обработки поверхностей

Н о	В и д	П	Т и	Технические требования	Ш с	Т е х н
-----	-------	---	-----	------------------------	-----	---------

			расположение	формы		
1	наружный цилиндр l=142 ^{-0,04} мм Ø15 ^{-0,018} мм R _a = 1,6 мкм	ОКБ	отклонение от соосности и параллельности поверхности А не более 0,06 мм	отклонение от цилиндричности поверхности А не более 0,05 мм [8], [11]	1,6	т(h12) тп(h11) тч(h10) тт (h9) то (h10) шп(h9) шч(h8) шт(h7)

Продолжение Таблицы – 7

Номер поверхности	Вид поверхности	Тип поверхности	Технические требования		Шероховатость, мкм	Технологические переходы (IT)
			расположение	формы		
2	наружный цилиндр l=167 ^{-0,25} мм Ø18 ^{-0,11} мм R _a = 6,3 мкм	ОКБ	отклонение от соосности поверхности А не более 0,16 мм	отклонение профиля продольного сечения поверхности Б и В не более 0,2 мм	6,3	т(h12) тп(h11) тч(h10) то(h11) шп(h10)
			отклонение от соосности поверхности Б и В не более 0,16 мм	отклонение от круглости поверхности Б и В не более 0,12 мм		
3	торец Ø15 ^{-0,043} мм R _a = 6,3 мкм	ОКБ	отклонение от перпендикул. поверхности А не более 0,1 мм	-	6,3	т(h12) тп(h11) тч(h10) то(h11) шп(h10)
			отклонение от биения поверхности А не более 0,06 мм			
4	торец Ø18 ^{-0,11} мм R _a = 6,3 мкм	ОКБ	отклонение от перпендикул. поверхности А не более 0,1 мм	-	6,3	т(h12) тп(h11) тч(h10) то(h11)

			отклонение от биения поверхности А не более 0,06 мм			шп(h10)
5	канавка $l = 15^{-0,11}$ мм $b = 3,5^{-0,075}$ мм $d = 8,5^{-0,09}$ мм $R_a = 3,2$ мкм	ВКБ	отклонение от параллельности поверхности А не более 0,04 мм	-	3,2	фдч(h11) то(h11)
			отклонение от симметричности поверхности А не более 0,05 мм			
6	лыска $h = 14^{-0,11}$ мм $d = 15^{-0,11}$ мм $n = 15^{-0,11}$ мм $R_a = 3,2$ мкм	ВКБ	отклонение от биения поверхности А не более 0,06 мм		3,2	фкч(h11) то(h11)
7						
8						
9						

Продолжение Таблицы – 7

Номер поверхности	Вид поверхности	Тип поверхности	Технические требования		Шероховатость, мкм	Технологические переходы (IT)
			расположение	формы		
10	центровое отверстие [3], [4] $\varnothing 6,7^{+0,22}$ мм $R_a = 12,5$ мкм	ВКБ	отклонение от соосности поверхности А не более 0,1 мм	отклонение от цилиндричности не более 0,08 мм	7Н	с(h11) то(h11)
11	резьба метрическая М8 $R_a = 12,5$ мкм	ИП	-	-	8М	р(h11) то(h11)
12	торец $\varnothing 18^{-0,11}$ мм $R_a = 6,3$ мкм	ИП	отклонение от биения поверхности Б не более 0,025 мм		6,3	т(h12) тп(h11) тч(h10) то(h11) шп(h10)

13	сфера наружная $\varnothing 27^{-0,021}$ мм $l=20^{-0,021}$ мм $R_a = 1,6$ мкм	ИП	-	отклонение от круглости не более 0,025 мм		тт(h9) то(h10) шп(h9) шч(h8) шт(h7)
14	наружный цилиндр $l=25^{-0,135}$ мм $\varnothing 18^{-0,11}$ мм $R_a = 6,3$ мкм	СП	отклонение от перпендикул. поверхности А и В не более 0,06 мм	отклонение от круглости поверхности В и В не более 0,06 мм	6,3	т(h12) тп(h11) тч(h10) то(h11) шп(h10)
			отклонение от осности и симметричности поверхности В и В не более 0,08 мм			
			отклонение от параллельности поверхности А не более 0,06 мм [8], [11]			
15	торец $\varnothing 27,8^{-0,135}$ мм $R_a = 6,3$ мкм	СП	отклонение от биения поверхности В не более 0,025 мм		6,3	т(h12) тп(h11) тч(h10)

Продолжение Таблицы – 7

Номер поверхности	Вид поверхности	Тип поверхности	Технические требования		Шероховатость, мкм	Технологические переходы (IT)
			расположение	формы		
16	торец $\varnothing 27,8^{-0,135}$ мм $R_a = 6,3$ мкм	СП	отклонение от биения поверхности В не более 0,025 мм		6,3	т(h12) тп(h11) тч(h10)
17	наружный цилиндр $\varnothing 27,8^{-0,135}$ мм $R_a = 6,3$ мкм	СП	отклонение от перпендикул. поверхности А и В не более 0,06 мм	отклонение от круглости поверхности В и В не более 0,06 мм	6,3	т(h12) тп(h11) тч(h10)
			отклонение от осности поверхности В и В не более 0,08 мм	отклонение профиля продольного сечения поверхности В и В не		

			отклонение от параллельности поверхности А не более 0,06 мм	более 0,06 мм [8], [11]		
			отклонение от симметричности поверхности Б и В не более 0,08 мм			

В таблице обозначены виды обработки поверхностей с помощью сокращений:

- точение черновое (т);
- точение получистовое (тп);
- точение чистовое (тч);
- точение тонкое (тт);
- термическая обработка (то);
- фрезерование дисковой пазовой фрезой чистовое (фдч);
- фрезерование концевой фрезой чистовое (фкч);
- шлифование предварительное после ТО (шп);
- шлифование чистовое (шч);
- шлифование тонкое (шт);
- сверление отверстий (с);
- нарезание резьбы (р)

В таблице обозначены виды поверхностей с помощью сокращений:

- основная конструкторская база (ОКБ);
- вспомогательная конструкторская база (ВКБ);
- исполнительная поверхность (ИП);
- свободная поверхность (СП)

2.4 Определение припусков и проектирование заготовки [8,12,16]

Расчетно-аналитический метод определения припусков позволяет учесть конкретные условия выполнения технологического процесса.

«По заданию ВКР необходимо сделать расчет припусков для наиболее точной поверхности – расчетно-аналитическим методом, для остальных поверхностей – табличным» [25]. Для формирования расчета выберем поверхность 1 (Рисунок 2).

Расчет межоперационных припусков аналитическим методом произведем для поверхности 1 - диаметром $15h7^{(-0,018)}$.

Минимальное значение припуска, по формуле (20):

$$Z_{min}^i = a^{i-1} + \sqrt{(\Delta^{i-1})^2 + (\varepsilon^i)^2} \quad (20)$$

где $Z_{i min}$ – «минимальное значение припуска;

$Z_{i max}$ - максимальное значение припуска;

i – индекс данного перехода;

$i-1$ – индекс предыдущего перехода;

$i+1$ – индекс последующего перехода

$a = Rz + h$ – сумма высоты неровностей профиля поверхности и глубины дефектного слоя, получающегося в результате применения метода, мм. Значения Rz, h [17];

Δ – суммарное отклонение формы и расположения поверхностей достижимые данным методом, мм. Значения Δ [17];

ε - погрешность установки заготовки в приспособлении.

$$Z_{1min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_0^2} = 0,3 + \sqrt{0,720^2 + 0,025^2} = 1,020$$

$$Z_{2min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,18 + \sqrt{0,235^2 + 0,025^2} = 0,416$$

$$Z_{3min} = a_2 + \sqrt{\Delta_2^2 + \varepsilon_3^2} = 0,13 + \sqrt{0,074^2 + 0,025^2} = 0,208$$

$$Z_{4min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,07 + \sqrt{0,021^2 + 0,025^2} = 0,094$$

$$Z_{5min} = a_{T0} + \sqrt{\Delta_{T0}^2 + \varepsilon_5^2} = 0,25 + \sqrt{0,03^2 + 0,012^2} = 0,282$$

$$Z_{6min} = a_4 + \sqrt{\Delta_4^2 + \varepsilon_6^2} = 0,04 + \sqrt{0^2 + 0,012^2} = 0,047$$

$$Z_{7min} = a_6 + \sqrt{\Delta_6^2 + \varepsilon_7^2} = 0,05 + \sqrt{0,028^2 + 0,012^2} = 0,081$$

$$Z_{8min} = a_7 + \sqrt{\Delta_7^2 + \varepsilon_8^2} = 0,02 + \sqrt{0,011^2 + 0,012^2} = 0,037$$

Максимальное значение припуска, формуле (21):

$$Z_{imax} = Z_{imin} + 0,5Td_{i-1} + Td_i \quad (21)$$

$$Z_{1max} = Z_{1min} + 0,5Td_0 + Td_1 = 1,020 + 0,5 \cdot 0,430 + 0,180 = 1,415$$

$$Z_{2max} = Z_{2min} + 0,5Td_1 + Td_2 = 0,416 + 0,5 \cdot 0,180 + 0,110 = 0,616$$

$$Z_{3max} = Z_{3min} + 0,5Td_2 + Td_3 = 0,208 + 0,5 \cdot 0,110 + 0,070 = 0,333$$

$$Z_{4max} = Z_{4min} + 0,5Td_3 + Td_4 = 0,094 + 0,5 \cdot 0,070 + 0,043 = 0,172$$

$$Z_{5max} = Z_{5min} + 0,5Td_{T0} + Td_5 = 0,282 + 0,5 \cdot 0,043 + 0,070 = 0,374$$

$$Z_{6max} = Z_{6min} + 0,5Td_5 + Td_6 = 0,047 + 0,5 \cdot 0,070 + 0,043 = 0,125$$

$$Z_{7max} = Z_{7min} + 0,5Td_6 + Td_7 = 0,081 + 0,5 \cdot 0,043 + 0,027 = 0,129$$

$$Z_{8max} = Z_{8min} + 0,5Td_7 + Td_8 = 0,037 + 0,5 \cdot 0,027 + 0,018 = 0,068$$

Среднее значение припуска для каждого перехода, по формуле (22):

$$Z_{cp-i} = \frac{Z_{imax} + Z_{imin}}{2} \quad (22)$$

$$Z_{cp-1} = \frac{Z_{1max} + Z_{1min}}{2} = \frac{1,415 + 1,020}{2} = 1,218$$

$$Z_{cp-2} = \frac{Z_{2max} + Z_{2min}}{2} = \frac{0,616 + 0,416}{2} = 0,516$$

$$Z_{cp-3} = \frac{Z_{3max} + Z_{3min}}{2} = \frac{0,333 + 0,208}{2} = 0,271$$

$$Z_{cp-4} = \frac{Z_{4max} + Z_{4min}}{2} = \frac{0,172 + 0,094}{2} = 0,133$$

$$Z_{cp-5} = \frac{Z_{5max} + Z_{5min}}{2} = \frac{0,374 + 0,282}{2} = 0,328$$

$$Z_{cp-6} = \frac{Z_{6max} + Z_{6min}}{2} = \frac{0,125 + 0,047}{2} = 0,086$$

$$Z_{cp-7} = \frac{Z_{7max} + Z_{7min}}{2} = \frac{0,129 + 0,081}{2} = 0,105$$

$$Z_{cp-8} = \frac{Z_{8max} + Z_{8min}}{2} = \frac{0,068 + 0,037}{2} = 0,052$$

Предельные размеры для каждого перехода, по формуле (23), (24):

$$d_{(i-1)min} = d_{imax} + 2 \cdot Z_{imin} \quad (23)$$

$$d_{(i-1)max} = d_{(i-1)min} + Td_{i-1} \quad (24)$$

Начинать расчет с последнего перехода. В маршруте есть термообработка, поэтому увеличим размеры на 0,1%, по формуле (25)

$$d_{(то-1)min} = d_{(i-1)min} \cdot 0,999 \quad (25)$$

$$d_{8min} = 14,982$$

$$d_{8max} = 15,000$$

$$d_{7min} = d_{8max} + 2 \cdot Z_{8min} = 15,073$$

$$d_{7max} = d_{7min} + Td_8 = 15,091$$

$$d_{6min} = d_{7max} + 2 \cdot Z_{7min} = 15,252$$

$$d_{6max} = d_{6min} + Td_7 = 15,279$$

$$d_{тоmin} = d_{6max} + 2 \cdot Z_{6min} = 15,373$$

$$d_{тоmax} = d_{тоmin} + Td_{то} = 15,443$$

$$d_{4min} = d_{тоmin} \cdot 0,999 = 15,358$$

$$d_{4max} = d_{4min} + Td_4 = 15,401$$

$$d_{3min} = d_{4max} + 2 \cdot Z_{4min} = 15,589$$

$$d_{3max} = d_{3min} + Td_3 = 15,659$$

$$d_{2min} = d_{3max} + 2 \cdot Z_{3min} = 16,075$$

$$d_{2max} = d_{2min} + Td_2 = 16,185$$

$$d_{1min} = d_{2max} + 2 \cdot Z_{2min} = 17,017$$

$$d_{1max} = d_{1min} + Td_1 = 17,197$$

$$d_{0min} = d_{1max} + 2 \cdot Z_{1min} = 19,238$$

$$d_{0max} = d_{0min} + Td_0 = 19,668$$

Средние значения размера для каждого перехода, по формуле (26):

$$d_{i \text{ ср.}} = \frac{d_{i \text{ max}} + d_{i \text{ min}}}{2} \quad (26)$$

$$d_{0 \text{ ср.}} = \frac{d_{0 \text{ max}} + d_{0 \text{ min}}}{2} = \frac{19,668 + 19,238}{2} = 19,453$$

$$d_{1 \text{ ср.}} = \frac{d_{1 \text{ max}} + d_{1 \text{ min}}}{2} = \frac{17,197 + 17,107}{2} = 17,017$$

$$d_{2 \text{ ср.}} = \frac{d_{2 \text{ max}} + d_{2 \text{ min}}}{2} = \frac{16,184 + 16,075}{2} = 16,130$$

$$d_{3 \text{ ср.}} = \frac{d_{3 \text{ max}} + d_{3 \text{ min}}}{2} = \frac{15,659 + 15,589}{2} = 15,624$$

$$d_{4 \text{ ср.}} = \frac{d_{4 \text{ max}} + d_{4 \text{ min}}}{2} = \frac{15,401 + 15,358}{2} = 15,379$$

$$d_{5 \text{ ср.}} = \frac{d_{5 \text{ max}} + d_{5 \text{ min}}}{2} = \frac{15,443 + 15,373}{2} = 15,408$$

$$d_{6 \text{ ср.}} = \frac{d_{6 \text{ max}} + d_{6 \text{ min}}}{2} = \frac{15,279 + 15,252}{2} = 15,266$$

$$d_{7 \text{ ср.}} = \frac{d_{7 \text{ max}} + d_{7 \text{ min}}}{2} = \frac{15,091 + 15,073}{2} = 15,082$$

$$d_{8 \text{ ср.}} = \frac{d_{8 \text{ max}} + d_{8 \text{ min}}}{2} = \frac{15,000 + 15,982}{2} = 14,991$$

Общий припуск на обработку, по формулам (27), (28), (29):

$$2Z_{min} = d_{0min} - d_{8max} \quad (27)$$

$$2Z_{max} = 2Z_{min} + Td_0 + Td_{88} \quad (28)$$

$$2Z_{\text{ср.}} = \frac{2Z_{min} + 2Z_{max}}{2} \quad (29)$$

$$2Z_{min} = 19,238 - 15,000 = 4,238$$

$$2Z_{max} = 4,238 + 0,430 + 0,018$$

$$2Z_{cp} = \frac{4,238 + 4,686}{2} = 4,462$$

Результаты расчета внесем в таблицу 8.

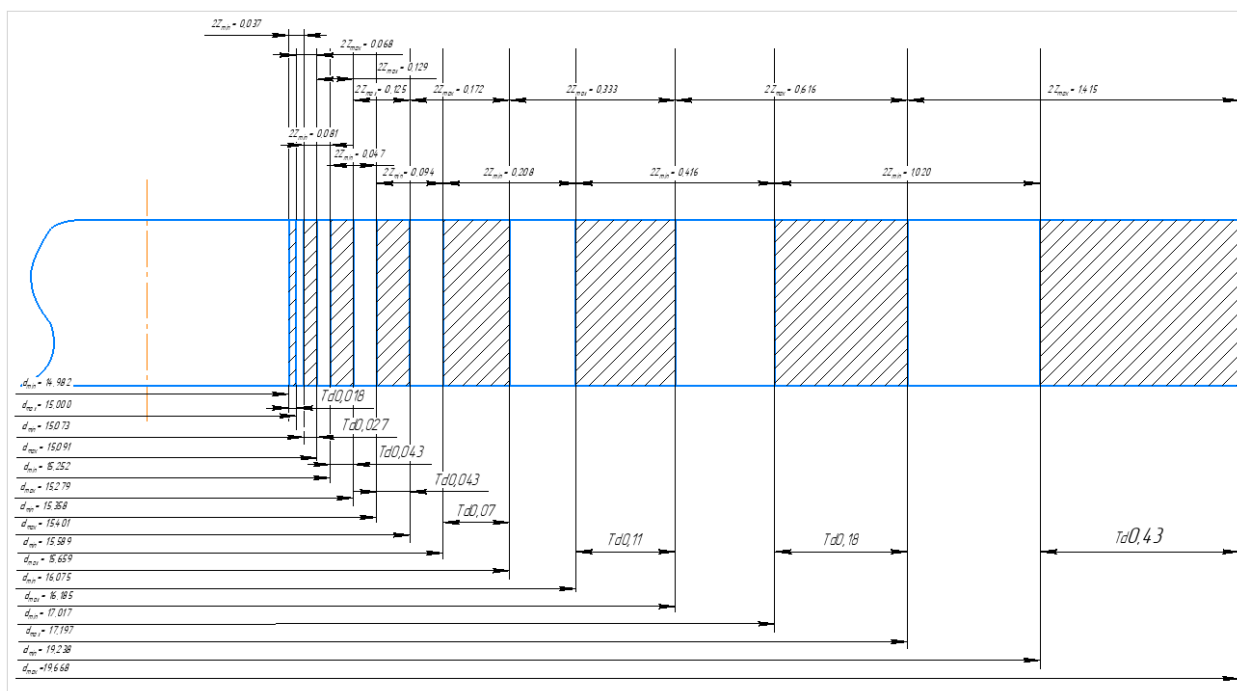
Таблица 8 – Расчет припусков для поверхности диаметром $15h7^{(-0,018)}$

Номер перехода	Наименование перехода	Точность		Составляющие припуска, мм			Припуск, мм			Предельные размеры, мм		
		Квалитет	Td, мкм	a	Δ	ε	Z _{min}	Z _{max}	Z _{cp.}	d _{min}	d _{max}	d _{cp.}
0	Штамповка обычной точности	h14	430,00	0,300	0,720	0,025	-	-	-	19,238	19,668	19,453
1	Точение черновое	h12	180,00	0,180	0,235	0,025	1,020	1,415	1,218	17,017	17,197	17,107
2	Точение полустовое	h11	110,00	0,130	0,074	0,025	0,416	0,616	0,516	16,075	16,185	16,130
3	Точение чистовое	h10	70,00	0,070	0,021	0,025	0,208	0,333	0,271	15,589	15,659	15,624

Продолжение Таблицы 8

Номер перехода	Наименование перехода	Точность		Составляющие припуска, мм			Припуск, мм			Предельные размеры, мм		
		Квалитет	Td, мкм	a	Δ	ε	Z _{min}	Z _{max}	Z _{cp.}	d _{min}	d _{max}	d _{cp.}
4	Точение тонкое	h9	43,00	0,040	0,000	0,012	0,094	0,172	0,133	15,358	15,401	15,379
5	то	h10	70,00	0,250	0,030	0,012	0,282	0,374	0,328	15,373	15,443	15,408
6	Шлифование тонкое	h7	18,00	0,010	0,000	0,012	0,037	0,068	0,052	14,982	15,000	14,991
Общий припуск 2Z							4,238	4,686	4,462			

На рисунке 3 представлена схема расположения припусков, допусков и операционных размеров для обработки поверхности диаметром $15h7^{(-0,018)}$



«Рисунок 3 – Схема расположения припусков, допусков и операционных размеров для поверхности диаметром 15h7^(-0,018)

Припуски на обработку остальных поверхностей определяются табличным способом: $Z_{i \min}$ определяем по таблицам [19], а $Z_{i \max}$ по формуле (30):

$$Z_{imax} = Z_{imin} + 0,5 \cdot (Td_{i-1} + Td_i) \quad (30)$$

Расчет промежуточных припусков представлен в таблице 9» [8], [17], [20], [21].

Таблица 9 – Припуски на обработку поверхностей шпинделя станка

Операция	Обрабатываемые поверхности	Z_{\min}	Z_{\max}
Точение (черновое)h12	1,2	2,00	2,70
Точение (черновое)h12	3,4	1,60	2,30
Точение (черновое)h12	14,17	1,60	1,71
Точение (черновое)h12	12,15,16	1,20	1,31

Точение (получистовое)h11	1,2	1,80	2,13
Точение (получистовое)h11	14,17	1,40	1,57
Точение (получистовое)h11	3,4	0,90	1,23
Точение (получистовое)h11	12,15,16	0,60	0,77
Точение (чистовое)h10	3,4	0,40	0,61
Точение (чистовое)h10	1,2	0,30	0,51
Точение (чистовое)h10	12,15,16	0,30	0,41
Точение (чистовое)h10	14,17	0,25	0,36
Точение (тонкое)h9	1	0,15	0,28
Точение (тонкое)h9	13	0,15	0,22
Сверление отверстий h11	10	0,09	0,11
Фрезерование дисковой пазовой фрезой чистовое h11	5	1,50	1,61
Фрезерование концевой фрезой чистовое h11	6,7,8,9	2,00	2,60
Шлифование (после ТО)h10	2,3,4	0,60	0,76
Шлифование (после ТО)h10	12,14	0,60	0,68
Шлифование (после ТО)h9	1	0,60	0,70
Шлифование (после ТО)h9	13	0,60	0,65
Шлифование (чистовое)h8	1	0,10	0,18
Шлифование (чистовое)h8	3	0,10	0,14
Шлифование (тонкое)h7	1	0,06	0,11
Шлифование (тонкое)h7	3	0,06	0,09

Проектирование заготовки заканчивается выполнением рабочего чертежа заготовки (графическая часть ВКР).

2.5 Разработка технологического маршрута и плана изготовления

Таблица 10 - Технологический маршрут

Метод обработки	Обрабатываемые пов.	№ опер.	Наименование операции
-1-	-2-	-3-	-4-
Заготовительная	-	005	Заготовительная
Термообработка	-	010	Термическая
Торцевать начерно, центровать	3	015-А ₁	Токарная
Торцевание получистовое, центровать	3	015-А ₂	Токарная
Торцевать начисто, центровать	3	015-А ₃	Токарная
Торцевать начерно, центровать	4	015-Б ₁	Токарная
Торцевание получистовое, центровать	4	015-Б ₂	Токарная
Торцевать начисто, центровать	4	015-Б ₃	Токарная
Точение черновое	2,15,17,16,14,12,1	020	Токарная
Точение получистовое	2,15,17,16,14,12,1	025	Токарная
Точить начисто, точить фаску	2,15,17,16,14,12,1	030	Токарная

Точение тонкое	13	035	Токарная
Точение тонкое, точить фаску	1	040	Токарная
Сверлить отверстие	10	045	Сверлильная
Нарезать резьбу	11	050	Резьбонарезная
Фрезеровать канавку	5	055	Фрезерная
Фрезеровать лыски	6	060-Б ₁	Фрезерная
Фрезеровать лыски	7	060-Б ₂	Фрезерная
Фрезеровать лыски	8	060-Б ₃	Фрезерная
Фрезеровать лыски	9	060-Б ₄	Фрезерная
Термообработка	-	065	Термическая
Шлифовать торцы	3	070-Б	Шлифовальная
Шлифовать торцы	4	070-А	Шлифовальная
Шлифовать после ТО	1,14,2	075	Шлифовальная
Шлифование чистовое	1	080-А ₁	Шлифовальная
Шлифование тонкое	1	080-А ₂	Шлифовальная
Фасонное врезное шлифование с профильной правкой круга после ТО	13	085-А ₁	Шлифовальная
Фасонное врезное шлифование чистовое с профильной правкой круга	13	085-А ₂	Шлифовальная
Фасонное врезное шлифование тонкое с профильной правкой круга	13	085-А ₃	Шлифовальная
-	-	090	Моечная
-	-	095	Контрольная
-	-	100	Нанесение антикоррозийного покрытия

«На основании маршрута обработки формируется технологический процесс обработки детали – план обработки, где для каждой операции указывается тип оборудования, схема базирования и технологические требования» [8].

2.6 Выбор средств технологического оснащения

Таблица 11 - Выбор СТО

Наименование операции	Наименование, модель оборудования	Наименование станочного приспособления	Наименование и размер инструмента, марка материала, № стандарта или чертежа	Наименование и типоразмер измерительного средства, № стандарта или чертежа
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
015 Токарная	ТС1625Ф3 Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ	Патрон самоцентрирующийся трехлапчатый токарный клиновидный механизированный ПКСА-200.С165 ТУ РБ 200167257.045-2003 БЗСП	Резец 2100-1505 тип G СТGNR1616Н11-Н ГОСТ 26611-85	Штангенциркуль ШЦ-1-150-0,1, ГОСТ 166-80
			Пластина режущая TNUN-160408 по ГОСТ 25003-81	
			Пластина опорная OTN-1603 по ГОСТ 19073-80	Калибр контроля центровочного отверстия
		Хомутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70	Сверло 2317-0118 ГОСТ 14952-75	
020,025,030 Токарная	ТС1625Ф3 Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ	Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75	Резец 2101-0611 тип 1 Т15К6 ГОСТ 20872-80	Штангенциркуль ШЦ-1-150-0,1, ГОСТ 166-80
		Центр 7032-0017 Морзе 2 ГОСТ 13214-79	Режущая пластина 08116-170415-136 по ГОСТ 19062-80	
		Хомутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70	Опорная пластина 741-1704-1 по ГОСТ 19079-80	

Продолжение Таблицы 11

Наименование операции	Наименование, модель оборудования	Наименование станочного приспособления	Наименование и размер инструмента, марка материала, № стандарта или чертежа	Наименование и типоразмер измерительного средства, № стандарта или чертежа
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
035 Токарная	ТС1625Ф3 Станок токарный патронно-центральной с ЧПУ	Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75	Резец 2101-0767 тип 2 ГОСТ 20872-80	Штангенциркуль ШЦ-1-150-0,1, ГОСТ 166-80
		Центр 7032-0017 Морзе 2 ГОСТ 13214-79	Режущая пластина 08116-170415-136 по ГОСТ 19062-80	
		Хомутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70	Опорная пластина 741-1704-1 по ГОСТ 19079-80	
040 Токарная	ТС1625Ф3 Станок токарный патронно-центральной с ЧПУ	Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75	Резец 2101-0767 тип 2 ГОСТ 20872-80	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73 Калибр ГОСТ 2534-77
		Центр 7032-0017 Морзе 2 ГОСТ 13214-79	Режущая пластина 08116-170415-136 по ГОСТ 19062-80	
		Хомутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70	Опорная пластина 741-1704-1 по ГОСТ 19079-80	
045 Сверлильная	ТС1625Ф3 Станок токарный патронно-центральной с ЧПУ	Патрон самоцентр. трехкулач. клиновый ПКСА-200.С165ТУ РБ 200167257.045-2003 БЗСП	Сверло-зенковка, сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73	Калибр ГОСТ 2534-77
		Хомутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70		
		Люнет неподвижный 250 ИТП 83.000		
		Патрон цанговый 2-30-20-100 ГОСТ 26539-85		

Продолжение Таблицы 11

Наименование операции	Наименование, модель оборудования	Наименование станочного приспособления	Наименование и размер инструмента, марка материала, № стандарта или чертежа	Наименование и типоразмер измерительного средства, № стандарта или чертежа
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
050 Резьбонарезная	ТС1625Ф3 Станок токарный патронно-центральной с ЧПУ	Патрон самоцентр. трехкулач. клиновый ПКСА-200.С165ТУ РБ 200167257.045-2003 БЗСП	Метчик 2620-2567 ГОСТ 3266-81	Калибр ГОСТ 2534-77
		Хомутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70		Калибр пробка ГОСТ 14827-69
		Люнет неподвижный 250 ИТП 83.000		
		Патрон цанговый 2-30-12-90 ГОСТ 26539-85		
055 Фрезерная	ФС65МФ3 Фрезерный центр с ЧПУ	Тиски станочные винтовые самоцентрирующие 7200-0251 ГОСТ 21168-75	Фреза дисковая 2250-0005 ГОСТ 3964-69	Калибр пробка ГОСТ 14827-69
		Люнет неподвижный 250 ИТП 83.000	Оправка для дисковой фрезы ВТ30-SCA22-75L	
060 Фрезерная	ФС65МФ3 Фрезерный центр с ЧПУ	Тиски станочные винтовые самоцентрирующие 7200-0251 ГОСТ 21168-75	Фреза концевая 2223-0292 ГОСТ 17026-71	Калибр ГОСТ 2534-77
		Патрон цанговый 1-30-30-100 ГОСТ 26539-85		Калибр пробка ГОСТ 14827-69

Продолжение Таблицы 11

Наименование операции	Наименование, модель оборудования	Наименование станочного приспособления	Наименование и размер инструмента, марка материала, № стандарта или чертежа	Наименование и типоразмер измерительного средства, № стандарта или чертежа
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
070 Торцешлифовальная	3М151Ф2 Круглошлифовальный станок с ЧПУ	Оправка d=32мм., d ₁ =50мм.	Круг шлифовальный 1 125x25x32 25А 10-П С2 7 К1А 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424-83	Скобы с отсчетным устройством ГОСТ 11098-75
		Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75		
		Центр 7032-0017 Морзе 2 ГОСТ 13214-79		
075 Круглошлифовальная	3М151Ф2 Круглошлифовальный станок с ЧПУ	Оправка d=32мм., d ₁ =50мм.	Круг шлифовальный 1 125x25x32 25А 10-П С2 7 К1А 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424-83	Скобы с отсчетным устройством ГОСТ 11098-75
		Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75		
		Центр 7032-0017 Морзе 2 ГОСТ 13214-79		
080,085,090,095 Круглошлифовальная	3М151Ф2 Круглошлифовальный станок с ЧПУ	Оправка d=32мм., d ₁ =50мм.	Круг шлифовальный 1 125x32x32 25А 10-П С2 7 К1А 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424-83 (с профильной правкой круга)	Скобы с отсчетным устройством ГОСТ 11098-75
		Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75		
		Центр 7032-0017 Морзе 2 ГОСТ 13214-79		

Исходя из серийности производства было отдано предпочтение станкам с ЧПУ и обрабатывающему фрезерному центру. Типы приспособлений зависят от модели станка и метода обработки поверхностей. Также было отдано предпочтение стандартным и нормализованным инструментам согласно выбранному среднесерийному типу производства.

2.7 Проектирование технологических операций

«Под термином «режимы резания» понимается совокупность числовых значений глубины резания t , подачи S и скорости резания V для выбранных геометрических параметров режущей части инструментов при обеспечении заданной стойкости T » [23].

«Оптимальный режим резания для операции 020 (Точение черновое) определяем расчетно-аналитическим методом.

Выбор режимов резания начинают с назначения глубины резания t . Глубина резания при черновой обработке» [23] определяем по формуле (31), (32):

$$i = \frac{P_{\text{черн.}}}{t_{\text{пр}}} \quad (31)$$

где i – число ходов;

$P_{\text{черн}}$ – припуск на черновую обработку, мм;

$t_{\text{пр}}$ – предельная глубина резанья, мм

$$i = \frac{2}{2} = 1$$

$$t_{\text{черн.мах}} = \frac{P_{\text{черн}}}{i_{\text{ц}}} \quad (32)$$

где $t_{\text{черн мах}}$ – глубина резанья при черновой обработке, мм;

$P_{\text{черн}}$ – припуск на черновую обработку, мм;

$i_{\text{ц}}$ - целое число ходов.

$$t_{\text{черн.мах}} = \frac{2}{1} = 2,0$$

Выбор подачи S мм/об, как и глубины резания, определяется видом технологических переходов, входящих в состав операции точение.

Резец проходной упорный 2101-0053 (правый) Т15К6 ГОСТ 18879-73.

Пластина 01114-160304 ГОСТ 19046-80 для резцов, сечение резца 16×16 , $l = 125$ мм, $b_1 = 20$ мм, $h_1 = 16,0$ мм, $h_2 = 5,0$, главный угол в плане $\varphi^\circ = 93^\circ$, передний угол $\gamma^\circ = 0^\circ$, угол наклона главного лезвия $\lambda^\circ = 0^\circ$

Диаметр пластины оказывает прямое влияние на качество получаемой поверхности. При диаметре пластины $b = 9,525$ мм и шероховатости при переходе $R_a 12,5$, подача S , мм/об = 0,4.

Назначение периода стойкости T режущего инструмента. Под периодом стойкости резца понимают время работы резца от заточки до заточки, принимаем $T = 60$ мин.

Определение расчетной скорости резания V по эмпирическим формулам и частоты вращения шпинделя, по формуле (33):

$$V = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m t^x S^y} \frac{\text{м}}{\text{мин}} \quad (33)$$

где V - расчетная скорость резания;

C_V - коэффициент, зависящий от физико-механических свойств материала, обрабатываемой заготовки;

K_V - поправочный коэффициент;

T - стойкость резца, мин;

t - глубина резания, мм;

S - подача резца, мм/об;

m, x, y - показатели дробных степеней.

«Значение коэффициентов и показателей степеней приведены в таблицах. Коэффициент K_V является произведением коэффициентов, учитывающих влияние материала заготовки K_{mv} , состояние поверхности K_{pv} , материала инструмента K_{iv} , определим [8], [20], [21]. по формуле (34):

$$K_V = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} \quad (34)$$

Поправочный коэффициент K_{mv} , по формуле (35):

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} \quad (35)$$

«где σ_B – фактические параметры, характеризующие обрабатываемый материал, для которого рассчитывается скорость резания;

K_r – коэффициент характеризующий группу стали по обрабатываемости, и показатель степени n_v табличное значение» [8], [20], [21].

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{685}\right)^1 = 1,094$$

$$K_v = 1,094 \cdot 0,8 \cdot 0,875$$

$$V = \frac{280 \cdot 0,875}{60^{0,2} 2,0^{0,15} 0,4^{0,45}} = 147,05 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Используя найденные значения скорости резания $V \frac{\text{м}}{\text{мин}}$, определим частоту вращения шпинделя, по формуле (36):

$$n = \frac{1000V}{\pi D}, \text{ мин}^{-1} \quad (36)$$

где n – частота вращения заготовки, мин^{-1} ;

V - теоретическая скорость резания, м/мин;

π - математическая постоянная, равная отношению длины окружности к её диаметру;

D – диаметр заготовки, мм

$$n = \frac{1000 \times 147,05}{3,14 \cdot (22,7 + 31,6 + 21,85 + 20,01) / 4} = \frac{147050}{75,48} = 1948,20 \text{ мин}^{-1}$$

Выбранный режим резания для черновой обработки проверяют по мощности станка $N_{ст}$. В этом случае должно соблюдаться соотношение, по формуле (37):

$$N_{рез} \leq k \cdot \eta \cdot N_{ст} \quad (37)$$

где $N_{рез}$ – расчетная или найденная по таблицам мощность резания;
 k – коэффициент, допускающий возможность кратковременной перегрузки электродвигателя станка (наиболее часто $k \leq 1,3$);
 η – коэффициент полезного действия привода станка, $\eta = 0,75 \dots 0,9$;
 $N_{ст}$ – мощность электродвигателя привода главного движения.

Для расчета мощности определяем тангенциальную (главную) составляющую силы резания для точения P_z , по формуле (38):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н} \quad (38)$$

где P_z – координатные показатели усилия резанья;
 C_p, x, y, n – коэффициенты и показатели степени для определения силы резания;
 t – глубина резания, мм;
 S – подача резца по станку, мм/об;
 V – теоретическая скорость резания, м/сек;
 K_p – поправочный коэффициент, учитывающий условия резания, по формуле (39):

$$K_p = K_{мр} \cdot K_{\varphiр} \cdot K_{\gammaр} \cdot K_{\lambdaр} \cdot K_{\tauр} \quad (39)$$

«где $K_{мр}$ – поправочный коэффициент учитывающий влияние качества обработанного материала на силовые зависимости;
 $K_{\varphiр} \cdot K_{\gammaр} \cdot K_{\lambdaр} \cdot K_{\tauр}$ – поправочные коэффициенты, учитывающий

влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания при обработке стали.

Поправочный коэффициент K_{mp} учитывающий влияние качества обработанного материала на силовые зависимости» [8], по формуле (40):

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n \quad (40)$$

$$K_{mp} = \left(\frac{685}{750}\right)^{0,75} = 0,934$$

$$K_p = 0,934 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 3,924$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,0^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 147,05^{-0,15} \cdot 3,924 = 5601,52 \text{ Н}$$

Если известна сила резания P_z , то мощность, расходуемую на резание, определим по формуле (41):

$$N_{рез} = \frac{V \cdot P_z}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт} \quad (41)$$

$$N_{рез} = \frac{147,05 \cdot 5601,52}{1020 \cdot 60} = 13,46 \text{ кВт}$$

Произведем расчет соотношения на основании формулы (35).

$$13,46 \text{ кВт} \leq 1,7 \cdot 0,825 \cdot 10 \text{ кВт}$$

$$13,46 \text{ кВт} \leq 14,03 \text{ кВт}$$

Номинальная мощность электродвигателя шпинделя токарного станка ТС1625Ф3, при продолжительной работе - 10 кВт. Согласно соблюдению соотношения, делаем вывод, что обработка на 020 операции (Точение черновое) с использованием предлагаемых СТО допустима.

Для остальных операций режимы резания будут определены таблич-

ным методом, результаты в таблице 12.

Таблица 12 – Режимы резания

Операция	Установка, проход	Переход	Режимы резания				
			Глубина резания t , мм	Подача табличная скорректир. по паспорту станка	Скорость резания табличная с учетом поправ. коэфф.	Частота вращения шпинделя принятая $n_{пр}$, обор/мин	Факт. скорость $V_{пр}$ м/мин
015	А ₁	центровать торец пов.3	3,50	0,70	108,00	1650,00	108,00
		подрезать торец пов.3 до $l = 143,90$ мм	1,60	0,80	108,00	1650,00	108,00
	А ₂	подрезать торец пов.3 до $l = 143,00$ мм	0,90	0,80	108,00	1650,00	108,00
	А ₃	подрезать торец пов.3 до $l = 142,60$ мм	0,40	0,80	108,00	1650,00	108,00
	Б ₁	центровать торец пов.4	3,50	0,70	108,00	1515,19	108,00
		подрезать торец пов.4 до $l = 168,90$ мм	1,60	0,80	108,00	1515,19	108,00
Б ₂	подрезать торец пов.4 до $l = 168,00$ мм	0,90	0,80	108,00	1515,19	108,00	
Б ₃	подрезать торец пов.4 до $l = 167,60$ мм	0,40	0,80	108,00	1515,19	108,00	
020	Б	точить пов. 2 в размер $\varnothing 20,70$ мм	2,00	0,40	125,00	1650,00	125,00
		точить пов. 17 в размер $\varnothing 29,56$ мм	1,60	0,40	125,00	1346,72	125,00
		точить пов. 14 в размер $\varnothing 20,25$ мм	1,60	0,40	125,00	1650,00	125,00
		точить пов. 1 в размер $\varnothing 18,01$ мм	2,00	0,30	140,00	1650,00	140,00
		подрезать торец пов. 15 до $l = 21,80$ мм	1,20	0,40	125,00	1346,72	125,00
		подрезать торец пов. 16 до $l = 20,90$ мм	1,20	0,40	125,00	1346,72	125,00
		подрезать торец пов. 12 до $l = 26,50$ мм	1,20	0,40	125,00	1346,72	125,00
025	Б	точить пов. 2 в размер $\varnothing 18,90$ мм	1,80	0,30	140,00	1650,00	140,00
		точить пов. 17 в размер $\varnothing 28,16$ мм	1,40	0,40	125,00	1413,67	125,00
		точить пов. 14 в размер $\varnothing 18,85$ мм	1,40	0,30	140,00	1650,00	140,00
		точить пов. 1 в размер $\varnothing 16,25$ мм	1,80	0,30	140,00	1650,00	140,00
		подрезать торец пов. 15 до $l = 20,60$ мм	1,20	0,40	125,00	1413,67	125,00
		подрезать торец пов. 16 до $l = 20,30$ мм	0,60	0,40	125,00	1413,67	125,00
		подрезать торец пов. 12 до $l = 25,90$ мм	0,60	0,40	125,00	1413,67	125,00
030	Б	точить пов. 2 в размер $\varnothing 18,60$ мм	0,30	0,30	140,00	1650,00	140,00
		точить пов. 17 в размер $\varnothing 27,91$ мм	0,25	0,40	125,00	1426,33	125,00
		точить пов. 14 в размер $\varnothing 18,60$ мм	0,25	0,30	140,00	1650,00	140,00
		точить пов. 1 в размер $\varnothing 15,91$ мм	0,30	0,30	140,00	1650,00	140,00
		подрезать торец пов. 15 до $l = 20,30$ мм	0,60	0,40	125,00	1426,33	125,00
		подрезать торец пов. 16 до $l = 20,00$ мм	0,30	0,40	125,00	1426,33	125,00
		подрезать торец пов. 12 до $l = 25,90$ мм	3,00	0,40	125,00	1650,00	125,00

		подрезать торец пов. 12 до $l = 25,60$ мм точить фаску $3 \times 45^\circ$ на пов.2					
--	--	--	--	--	--	--	--

Продолжение Таблицы 12

Операция	Установка, проход	Переход					
		Глубина резания t , мм	Подача табличная скорректир. по паспорту станка	Скорость резания табличная с учетом поправ. коэфф.	Частота вращения шпинделя принятая $n_{пр}$, обор/мин	Факт. скорость $V_{пр}$, м/мин	
035	Б	точить пов. 13 в размер $\varnothing 27,76$ мм	0,15	0,04	108,00	1239,01	108,00
040	А	точить пов. 1 в размер $\varnothing 15,76$ мм	0,15	0,30	140,00	1650,00	140,00
		точить фаску $1 \times 45^\circ$ на пов.1	1,00	0,35	140,00	1650,00	140,00
045	А	сверлить отверстие $h=40$ мм, $\varnothing 6,7$ мм	3,35	0,15	147,00	1650,00	147,00
050	А	нарезать резьбу М8, шаг 1,25 мм	1,54	0,15	147,00	1650,00	147,00
055	А	фрезеровать канавку $l=15$ мм, $b = 3,5$ мм, $d = 8,5$ мм	2,50	0,13	147,00	5851,91	147,00
060	Б	фрезеровать лыски 4 шт. по кругу на расстоянии 90° , $h = 14$ мм, $d = 15$ мм, $n = 15$ мм	1,50	0,30	140,00	2970,51	140,00
070	Б	шлифовать торец пов.4 до $l = 167,00$ мм $Ra = 6,3$	0,60	0,30	140,00	2397,10	140,00
	А	шлифовать торец пов.3 до $l = 142,00$ мм $Ra = 6,3$	0,60	0,30	140,00	2829,06	140,00
075	А	шлифовать пов. 1 в размер $\varnothing 15,16$ мм $Ra = 6,3$	0,60	0,30	140,00	2941,03	140,00
		шлифовать пов. 14 в размер $\varnothing 18,00$ мм $Ra = 6,3$	0,60	0,30	140,00	2477,00	140,00
		шлифовать пов. 2 в размер $\varnothing 18,00$ мм $Ra = 6,3$	0,60	0,30	140,00	2477,00	140,00
		шлифовать торец пов. 12 до $l = 25,00$ мм $Ra = 6,3$	0,60	0,30	140,00	2477,00	140,00
080	А ₁	шлифовать пов. 1 в размер $\varnothing 15,06$ мм $Ra = 3,2$	0,10	0,30	140,00	2960,56	140,00
	А ₂	шлифовать пов. 1 в размер $\varnothing 15,00$ мм $Ra = 1,6$	0,06	0,30	140,00	2972,40	140,00
085	А ₁	шлифовать пов. 13 в размер $\varnothing 27,16$ мм $Ra = 6,3$	0,60	0,30	140,00	1641,60	140,00
	А ₂	шлифовать пов. 13 в размер $\varnothing 27,06$ мм $Ra = 3,2$	0,10	0,30	140,00	1647,67	140,00
	А ₃	шлифовать пов. 1 в размер $\varnothing 27,00$ мм $Ra = 1,6$	0,06	0,30	140,00	1651,33	140,00

При работе на металлорежущих станках основное (технологическое) время для каждого технологического перехода при точении и сверлении, по формуле (42) [18], [24]:

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{V_s} = \frac{L \cdot i}{n_{ст} \cdot S_{ст}} \quad (42)$$

где T_0 – основное технологическое время;

L – расчетная длина перемещения инструмента относительно заготовки при обработке;

i – число рабочих ходов;

V_s – скорость подачи;

$n_{ст}$ – частота вращения шпинделя станка;

$S_{ст}$ – подача на оборот заготовки (или инструмента)

Расчетная длина перемещения инструмента относительно заготовки при обработке, по формуле (43):

$$L = l + l_{вр} + l_{пер} \quad (43)$$

где l – длина обрабатываемой поверхности в направлении подачи;

$l_{вр}$ – путь врезания инструмента;

$l_{пер}$ – путь инструмента.

Фрезерование шпоночных канавок дисковой фрезой, по формуле (44):

$$T_0 = \frac{l + l_{вр}}{S_{мин пр}} \quad (44)$$

$$T_0 = \frac{15 + 13,54}{386,16} = 0,074$$

где l – длина обрабатываемой поверхности в направлении подачи;

$l_{вр}$ – путь врезания инструмента;

$S_{мин пр}$ – минутная продольная подача, мм/мин

Минутная продольная подача, мм/мин, по формуле (45):

$$S_{мин пр} = S_0 \cdot n \quad (45)$$

$$S_{\text{мин пр}} = 0,13 \cdot 2970,51 = 386,16$$

где $S_{\text{мин пр}}$ – минутная продольная подача, мм/мин

S_o – подача на оборот, мм/оборот;

n – частота вращения шпинделя станка, обор/мин.

Путь врезания дисковой фрезы, по формуле (46):

$$l_{\text{вр}} = \sqrt{h(d_{\text{ф}} - h)} + (0,5 \dots 2) \quad (46)$$

$$l_{\text{вр}} = \sqrt{2,5 \cdot (63 - 2,5)} + 1,25 = 13,54$$

где $d_{\text{ф}}$ – диаметр фрезы, мм;

h – глубина канавки, мм.;

Фрезерование концевой фрезой, по формуле (47):

$$T_o = \left[\frac{(h + (0,5 \dots 1))}{S_{\text{мин в}}} \right] + \left[\frac{(l - d_{\text{ф}})}{S_{\text{мин пр}}} \right] \quad (47)$$

где h – длина лыски, мм;

$S_{\text{мин в}}$ – минутная вертикальная подача, мм/мин;

l – глубина лыски, мм;

$d_{\text{ф}}$ – диаметр фрезы, мм.

$S_{\text{мин пр}}$ – минутная продольная подача, мм/мин.

$$T_o = \left[\frac{(9,95 + 0,75)}{143,83} \right] + \left[\frac{(1,5 - 14)}{719,13} \right] = 0,057$$

Минутная продольная подача, мм/мин, по формуле (48):

$$S_{\text{мин пр}} = S_o \cdot n \quad (48)$$

где S_o – подача на оборот шпинделя, мм/об;

n - частота вращения шпинделя, об/мин;

$$S_{\text{мин пр}} = 0,3 \cdot 2397,10 = 719,13$$

Минутная вертикальная подача, мм/мин, по формуле (49):

$$S_{\text{мин в}} = f_z \cdot z \cdot n \quad (49)$$

где f_z – подача на один зуб фрезы, мм;

z - количество зубьев фрезы;

n - частота вращения шпинделя, об/мин/

$$S_{\text{мин в}} = 0,015 \cdot 4 \cdot 2397,10 = 143,83$$

Подача на зуб берется из справочных таблиц по обработке.

Круглое шлифование с продольной подачей, по формуле (50):

$$T_o = \frac{L}{n_d \cdot S_v \cdot B_k} \cdot \frac{a}{S_{2x}} \cdot k \quad (50)$$

где L = расчетная длина рабочего хода инструмента, принимаемая для определения основного (технологического) времени, мм;

n_d – частота вращения изделия, об/мин;

S_v – продольная, поперечная подача на двойной ход или на один оборот изделия в долях ширины шлифовального круга;

B_k – ширина (высота) шлифовального круга, мм;

a – припуск на сторону, мм;

S_{2x} – подача на двойной ход стола или круговая подача на двойной ход долбяка, мм/2х;

k – коэффициент, учитывающий выхаживание и доводку при шлифовании ($K = 1,2 \div 1,5$).

Врезное шлифование торцев, по формуле (51):

$$T_o = \frac{L}{n_d \cdot S_o} \cdot k, L=a \quad (51)$$

где L – расчетная длина рабочего хода инструмента, принимаемая для определения основного (технологического) времени, мм;

n_d – частота вращения изделия, об/мин;

S_o – подача на оборот шпинделя, мм/об

k – коэффициент, учитывающий выхаживание и доводку при шлифовании ($K = 1,2 \div 1,5$);

a – припуск на сторону, мм;

Нарезание метчиком, по формуле (52):

$$T_o = \left[\frac{(l + l_{вр} + l_{пер})}{(S_o \cdot n)} \right] + \left[\frac{(l + l_{вр} + l_{пер})}{(S_o \cdot n_o)} \right] \quad (52)$$

где l – длина нарезаемой резьбы, мм;

$l_{вр}$ – длина резания ($l_{вр} = 1P \dots 3P$), мм;

$l_{пер}$ – длина перебега (при глухом отверстии $l_{пер} = 0$), мм;

S_o – продольная подача ($S_o = P$), мм/об;

n – частота вращения заготовки или метчика при рабочем ходе, об/мин;

P – шаг нарезаемой резьбы, мм;

n_o – частота вращения при обратном ходе ($n_o = 1,5 n$), об/мин.

$$T_o = \left[\frac{(30 + 3,75 + 3,75)}{(0,15 \cdot 5851,91)} \right] + \left[\frac{(30 + 3,75 + 3,75)}{(0,15 \cdot 8777,87)} \right] = 0,071$$

Центрование заготовок, по формуле (53)

$$T_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер})}{S_m} \quad (53)$$

где l – длина обрабатываемой поверхности в направлении подачи;

$l_{ер}$ – путь врезания инструмента;

$l_{пер}$ – путь инструмента;

S_m - подача в минуту (минутная подача).

$$T_{o1} = \frac{(3,5 + 1)}{515,66} = 0,009$$

$$T_{o2} = \frac{(3,5 + 1)}{454,56} = 0,010$$

Минутная продольная подача, мм/мин, по формуле (54):

$$S_{мин пр} = S_o \cdot n \quad (54)$$

где $S_{мин пр}$ – минутная продольная подача, мм/мин

S_o - подача на оборот, мм/оборот;

n - частота вращения шпинделя станка, обор/мин.

$$S_{1мин пр} = 0,3 \cdot 1718,89 = 515,66$$

$$S_{2мин пр} = 0,3 \cdot 1515,19 = 454,56$$

«Технически обоснованную норму времени устанавливают на каждую операцию. В среднесерийном производстве рассчитывается норма штучного времени для производства одной детали» [18], [24] по формуле (55), (56), (57), (58) и заносится в таблицу 13.

$$T_{шт} = T_o + T_b + T_{об} + T_{пер} \quad (55)$$

$$T_{оп} = T_o + T_b \quad (56)$$

$$T_{об} = T_{тех} + T_{орг} \quad (57)$$

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} \quad (58)$$

«где T_o - основное время - время непосредственно на обработку, определяется исходя из схемы обработки;

T_e - вспомогательное время на установку и снятие заготовки, управление станком, подвод и отвод режущего инструмента, контроль размеров, определяется по справочным нормативам или экспериментально.

$T_{об}$ - время обслуживания/ Складывается из времени технического обслуживания $T_{тех}$ и времени организационного обслуживания $T_{орг}$, по формуле (46)» [18], [24];

$T_{пер}$ - время перерывов в работе;

$T_{шт}$ – норма штучного времени;

Сумма основного и вспомогательного времени составляет оперативное время $T_{оп}$, по формуле (45);

$T_{пз}$ - подготовительно-заключительное время;

n - объем партии запуска заготовок

Таблица 13 – Нормы времени (в минутах)

Операция	T_o	$T_{шт}$	T_e	$T_{тех}$	$T_{он}$	$T_{орг}$	$T_{об}$	$T_{пер}$	$T_{пз}$	n	$T_{шк}$
015	0,122	0,740	0,555	0,041	0,677	0,010	0,050	0,013	16,000	4326	0,744
020	0,571	1,031	0,335	0,054	0,906	0,046	0,100	0,025	14,000	4326	1,034
025	0,566	0,859	0,180	0,045	0,746	0,045	0,090	0,023	13,000	4326	0,862
030	0,568	0,878	0,196	0,046	0,764	0,045	0,091	0,023	13,000	4326	0,881
035	1,107	1,790	0,455	0,094	1,562	0,089	0,182	0,046	13,000	4326	1,793
040	0,178	0,468	0,241	0,025	0,419	0,014	0,039	0,010	13,000	4326	0,471
045	0,041	1,580	1,425	0,088	1,466	0,003	0,091	0,023	10,000	4326	1,582
050	0,071	1,046	0,895	0,058	0,966	0,006	0,064	0,016	10,000	4326	1,048
055	0,074	0,452	0,340	0,025	0,414	0,006	0,031	0,008	18,000	4326	0,457
060	0,228	0,945	0,630	0,051	0,858	0,018	0,070	0,017	18,000	4326	0,949
070	0,003	0,477	0,440	0,027	0,443	0,000	0,027	0,007	16,000	4326	0,480
075	3,143	4,075	0,355	0,210	3,498	0,251	0,461	0,115	13,000	4326	4,078
080	0,318	0,691	0,295	0,037	0,613	0,025	0,062	0,016	13,000	4326	0,694
085	0,236	0,568	0,270	0,030	0,506	0,019	0,049	0,012	13,000	4326	0,571
Общее:	Σ 7,226	Σ 15,598	Σ 6,612	Σ 0,830	Σ 13,838	Σ 0,578	Σ 1,408	Σ 0,352	Σ 193,000		Σ 15,643

В текущем разделе после «проведенного качественного и количественного анализа данных для разработки технологического процесса, а точнее технологичности детали, ее конструктивных особенностей и технических требований» [16], [17] были получены определенные результаты. Был выбран метод получения заготовки, после сравнительного экономического анализа. Его экономическая эффективность доказана. Произведены расчеты необходимых размеров заготовки и выполнен чертеж (графическая часть ВКР). Определена последовательность обработки поверхностей детали и разработан оптимальный технологический маршрут обработки. Технологические подробности указаны в Плане обработки детали (графическая часть ВКР), в «приложении А (Маршрутная карта) и приложении Б (Операционные карты). Графический конструкторский документ, определяющий состав сборочной единицы рассчитанного и спроектированного станочного приспособления отображен в приложении В. Выбраны для каждой операции и средства технического оснащения. Рассчитаны припуски и допуски. Отдельно для одной операции рассчитан расчетно-аналитическим методом оптимальный режим резания, для каждого перехода. На остальные операции режимы резания определены по справочным нормативам. Технически обоснованная норма времени установлена на каждую операцию» [16], [17].

3 Расчет и проектирование станочного приспособления

3.1 Данные на проектирование станочного приспособления для токарной обработки шпинделя

«Исходные данные:

- чертеж детали и заготовки (графическая часть ВКР);
- деталь обрабатывается на токарной операции 015;
- чертеж наладки на операцию 015;
- оборудование: ТС1625Ф3 Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ (Тверь)» [8].

«Габариты станка: 2775,3475×1585×1670 мм.

Мощность электродвигателя:

- главного привода – длительно – 10 кВт (об/мин)/ до 30 минут 25 кВт (об/мин);
- суммарная мощность установленных на станке электродвигателей, кВт – 35,50 кВт;
- частота вращения шпинделя – 10...1650 об/мин;
- диапазон скоростей продольных подач – 0,01...6000 мм/об;
- инструмент: резец токарный;
- технологические базовые поверхности обработки детали (рисунок 4);
- техническая карта обработки;
- режимы резания: глубина резания – 1,6 мм, подача – 0,8 мм/об., число оборотов – 1515 обор/мин, скорость резания – 108 мм/мин.
- энергоносители цеха или участка: централизованная система подачи сжатого воздуха, гидростанции станков;
- электроэнергия: трехфазный ток.

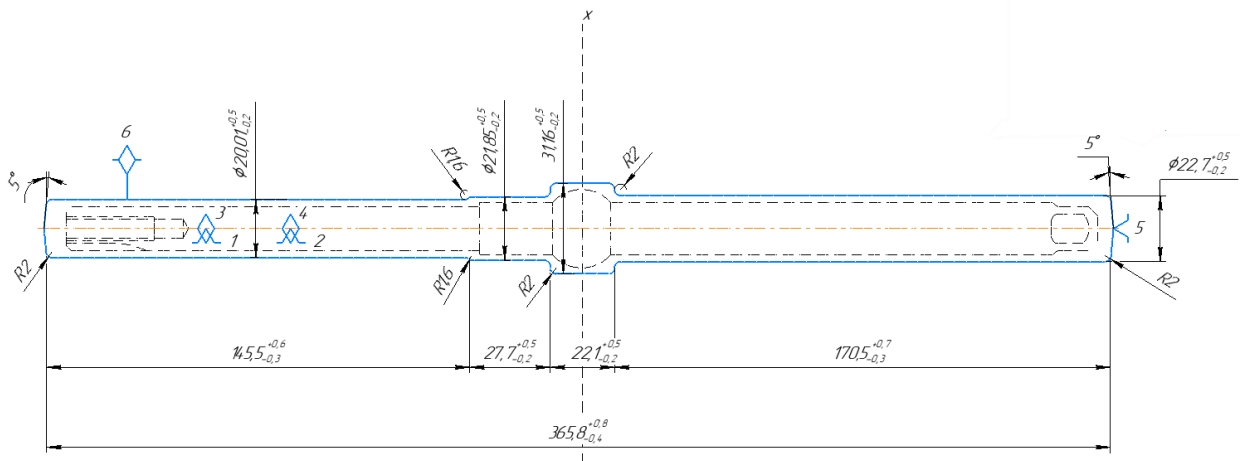


Рисунок 4 – Схема базирования заготовки

Дополнительные данные:

- программа выпуска 4326 шт./год;
- режим работы: 2 смены.

Транспортировка заготовок осуществляется ПГК, подача СОЖ в процессе обработки имеется» [8], [20], [21], станок снабжен ЧПУ.

3.2 Анализ технического задания

«На данной операции производится токарная обработка наружного диаметра одного из торцов заготовки. В процессе обработки на заготовку» [8], [20], [21] действуют силы резания P_x , P_y , P_z , а также крутящий момент $M_{кр}$, силы P_z . В исходный данных отмечено, что базой при обработке является один из торцов заготовки.

3.3 Определение свободного пространства зоны обработки заготовки

Проанализировав оборудование и инструмент (форму, расположение, направление подачи), определен наибольший диаметр заготовки - 20 мм.

Максимальный диаметр заготовки составляет 27мм, а минимальный диаметр в месте закрепления в зажимное приспособление 20мм таким образом, выбираем зажимное приспособление по минимальному диаметру заготовки. Внутренний диаметр зажимного приспособления должен быть менее 20мм, чтобы обеспечить возможность свободной установки и снятия заготовки.

3.4 Расчет погрешности базирования заготовки

Погрешность базирования – погрешность, вызванная не совпадением баз (технологической и измерительной). При закреплении детали в трех кулачковом патроне все базы совпадают, а значит погрешность базирования равна нулю, что соответствует требованиям.

3.5 Выбор установочной базы заготовки

«Установочным опорным элементом приспособления будет опорная плоскость, выполненная в виде кольца с наружным диаметром 80 мм. и внутренним отверстием диаметром 16 мм.

3.6 Расчет составляющих сил резания на токарной операции

При обработке шпинделя на токарном станке на него будут действовать составляющие силы резания P_x , P_y , P_z , а также крутящий момент $M_{кр}$,

Составляющие силы резания при точении, по формуле (59) [9]:

$$P_{x,y,z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (59)$$

где $P_{x,y,z}$ - составляющие силы резания» [8], [20], [21] при точении;

C_p - коэффициент, зависящий от физико-механических свойств материала, обрабатываемой заготовки;

K_p - поправочный коэффициент;

t - глубина резания, мм;

S - подача резца, мм/об;

V - расчетная скорость резания;

m, x, y - показатели дробных степеней.

Формулы для определения каждой из составляющих:

- главной составляющей силы резания, по формуле (60):

$$P_z = 10 \cdot C_{P_z} \cdot t_{P_z}^x \cdot S_{P_z}^y \cdot V_{P_z}^n \cdot K_p \quad (60)$$

- радиальной составляющей силы резания, по формуле (61):

$$P_y = 10 \cdot C_{P_y} \cdot t_{P_y}^x \cdot S_{P_y}^y \cdot V_{P_y}^n \cdot K_p \quad (61)$$

- осевой составляющей силы резания, по формуле (62):

$$P_x = 10 \cdot C_{P_x} \cdot t_{P_x}^x \cdot S_{P_x}^y \cdot V_{P_x}^n \cdot K_p \quad (62)$$

Определяем значение коэффициента C_p и показателей степеней силы резания при точении, резцом из твердого сплава [8], стали с пределом прочности $\sigma_b = 685$ Мпа.

$$C_{P_z} = 300; x_{P_z} = 1,0; y_{P_z} = 0,75; n_{P_z} = - 0,15;$$

$$C_{P_y} = 243; x_{P_y} = 0,9; y_{P_y} = 0,6; n_{P_y} = - 0,3;$$

$$C_{P_x} = 339; x_{P_x} = 1,0; y_{P_x} = 0,5; n_{P_x} = - 0,4;$$

Вводим следующие поправочные коэффициенты для заданных условий обработки, по формуле (63):

$$K_{M_{Pz,y,x}} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^{n_p} \quad (63)$$

где K_P - поправочный коэффициент;

σ_B – «фактические параметры, характеризующие обрабатываемый материал, для которого рассчитывается скорость резания» [8], [20], [21]

$$K_{M_{Pz}} = \left(\frac{685}{750}\right)^{0,75} = 0,934$$

$$K_{M_{Py}} = \left(\frac{685}{750}\right)^{1,35} = 0,885$$

$$K_{M_{Px}} = \left(\frac{685}{750}\right)^{1,0} = 0,913$$

«Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания при обработке стали» [8] с $\sigma_B = 685$ Мпа резцом из твердого сплава с углами $\varphi^\circ = 90^\circ$ «(главный угол в плане), $\gamma^\circ = 0^\circ$ (передний угол), $\lambda^\circ = 0^\circ$ (угол наклона главного лезвия)» [8], [20], [21].

$$K_{\varphi p_z} = 0,89; K_{\varphi p_y} = 0,50; K_{\varphi p_x} = 1,17$$

$$K_{\gamma p_z} = 1,1; K_{\gamma p_y} = 1,4; K_{\gamma p_x} = 1,4$$

$$K_{\lambda p_y} = 1,0; K_{\lambda p_x} = 1,0$$

Определяем общие поправочные коэффициенты, по формуле (64):

$$K_{M_{Pz,y,x}} = K_{M_P} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\lambda P} \quad (64)$$

$$K_{Pz} = 0,934 \cdot 0,89 = 0,831$$

$$K_{Py} = 0,885 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,442$$

$$K_{Px} = 0,913 \cdot 1,17 \cdot 1,0 = 1,068$$

$$K_{M_{Pz,y,x}} = 0,831 \cdot 0,442 \cdot 1,068 = 0,392$$

Определяем составляющую силу P_z :

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,6^{1,0} \cdot 0,8^{0,75} \cdot 108^{-0,15} = 2012H$$

Определяем составляющую силу P_y :

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 1,6^{0,9} \cdot 0,8^{0,6} \cdot 108^{-0,3} = 983H$$

Определяем составляющую силу P_x :

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 1,6^{1,0} \cdot 0,8^{0,5} \cdot 108^{-0,4} = 660H$$

Определяем мощность, затрачиваемую на резание, по тангенциальной силе резания, по формуле (65):

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020} \quad (65)$$

где $N_{\text{рез}}$ - мощность, затрачиваемую на резание;

P_z - главная составляющая сила резания;

V - расчетная скорость резания.

$$N_{\text{рез}} = \frac{2012 \cdot 108}{60 \cdot 1020} = 3,55 \text{ кВт}$$

Определяем момент резания, по формуле (66):

$$M_P = P_z \cdot r \quad (66)$$

где M_P – момент резания;

P_z – главная составляющая сила резания;

r – радиус детали, мм.

$$M_p = 2012 \cdot 10 = 20120 \text{ Нмм}$$

3.7 Разработка схемы приложения сил зажима заготовки

Точки приложения сил зажима будут находиться на торце противоположном установочной базе.

3.8 Расчет величин сил зажима заготовки

«Усилие зажима, препятствующее провороту заготовки в кулачках, рассчитывается по формуле (67):

$$W' = \frac{2 \cdot K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} \quad (67)$$

где: K – коэффициент запаса;

P_z – сила резания;

f – коэффициент трения, при закреплении в кулачковом патроне равен $f = 0,25$;

$d_{1,2}$ – диаметры детали.

Коэффициент запаса K рассчитывается по формуле (68):

$$K_{z,y} = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (68)$$

где: K_0 – гарантированный коэффициент запаса равный 1,5;

K_1 – коэффициент, зависящий от увеличения сил резания из-за неоднородности, коэффициент K_1 принимаем равный 1;

K_2 – коэффициент, зависящий от увеличения сил резания из-за затупления режущего инструмента» [9], принимаем равный $K_{2z} = 1,05$, $K_{2y} = 1,4$;

$$K_z = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,05 = 1,575$$

$$K_y = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,4 = 2,1$$

Отсюда,

$$W' = \frac{2 \cdot 1,575 \cdot 2012 \cdot 22,7}{0,25 \cdot 20,01} = 28759,23 \text{ Н}$$

Необходимое усилие зажима определяется по формуле (69):

$$W'' = \frac{1,5 \cdot K_y \cdot P_y (l' + l'')}{f \cdot d_2} \quad (69)$$

где: l' и l'' – длины изготавливаемой детали.

$$W'' = \frac{1,5 \cdot 2,1 \cdot 983(146,375 + 171,49)}{2,5 \cdot 20,01} = 19675,224 \text{ Н}$$

«Для дальнейшего расчёта выбираем $W = 28759,23 \text{ Н}$

Величина усилия зажима, приложенная к постоянным кулачкам, по формуле (70):

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left(\frac{3 \cdot l_k \cdot f_1}{H_k} \right)} \quad (70)$$

где: H_k – длина направляющей постоянного кулачка;

f_1 – коэффициент трения при полусухом трении стали о сталь равен 0,1;

l_k – вылет кулачка» [9]

$$W_1 = \frac{28759,23}{1 - \left(\frac{3 \cdot 17}{32} \cdot 0,1\right)} = 34211,72 \text{ Н}$$

В процессе конструирования патрона данные размеры могут несколько измениться, но это, как показывает практика, не внесет существенных изменений в расчет усилий.

3.9 Выбор зажимного приспособления

Усилие зажимного механизма Q , по формуле (71):

$$Q = \frac{W_1}{i_{c.p}}, \text{ Н} \quad (71)$$

«где: $i_{c.p}$ – передаточное отношение по силе зажима, для клинового зажимного механизма, по формуле (72):

$$i_{c.p} = \frac{1}{\tan(\varphi + \alpha) + \tan \varphi_1} \quad (72)$$

где: α – угол наклона клина 15° ;

φ и φ_1 – углы трения между поверхностью кулачка и втулкой 6° .

$$i_{c.p} = \frac{1}{\tan(6^\circ + 15^\circ) + \tan 6^\circ} = 2,03 \approx 2$$

Для завершающего определения зажимного механизма» [9] из рычажного и клинового проведём расчёт диаметр патрона, который для клинового зажимного механизма не должен превышать $D_{\text{п}} \leq 200$ мм.

Наружный диаметр патрона можно, по формуле (73):

$$D_{\text{п}} = d_2 + 2 \cdot H_K, \text{ мм} \quad (73)$$

$$D_{\text{п}} = 20,01 + 2 \cdot 32 = 84,01 \text{ мм}$$

«Подбираем табличное значение диаметра патрона равное $D_{\text{п}} = 200$, мм так, как $D_{\text{п}} = 84,01 \leq 200$, мм подбираем клиновой зажимной.

$$Q = \frac{34211,72}{2} = 17105,86 \text{ Н}$$

Все параметры рассчитаны, усилие зажимного механизма определено» [9]:

3.10 Расчет силового привода

«В расчёт силового привода входит определение диаметра поршня и ход поршня цилиндра.

Диаметр поршня определяем по формуле (74):

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}} \quad (74)$$

где: P – избыточное давление .

Проводим расчёт для пневматического привода, принимая P равным 0,4 МПа.

Для станка ТС1625Ф3 возможно встроить силовой привод диаметр поршня, которого не превышает 120 мм. Следовательно, значения диаметра поршня определяется по формуле (75):

$$D = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}} \leq 120 \text{ мм}; \quad (75)$$

$$D = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{17105,86}{0,4}} \leq 120 \text{ мм};$$

$$D = 233,67 \text{ мм} \leq 120 \text{ мм}.$$

При использовании пневматического силового привода условие не выполняется, рассмотрим гидропривод, подобрав давление масла $P = 3$ МПа, найдем диаметр поршня:

$$D = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{17105,86}{3}} \leq 120 \text{ мм};$$

$$D = 85,32 \text{ мм} \leq 120 \text{ мм}.$$

Условие параметра D выполняется, принимаем $D = 85$ мм.

Ход поршня цилиндра, по формуле (76):

$$S_Q = \frac{S_w}{i_n}, \text{ мм} \quad (76)$$

где S_w и i_n – свободный ход кулачков равный 5 мм, и передаточное соотношение механизма.

Передаточное отношение, по формуле (77):

$$i_n = \frac{1}{i_c} \quad (77)$$

где $i_{c.p}$ – передаточное отношение по силе зажима, для клинового зажимного механизма

$$i_n = \frac{1}{2} = 0.5$$

$$S_Q = \frac{5}{0,5} + 10 = 20 \text{ мм.}$$

Ход поршня принимается с запасом, приближенным к 10 мм.

3.11 Расчет погрешности установки заготовки

Общая погрешность установки определяется по формуле (78):

$$\varepsilon_y = \frac{\omega_{A\Delta}}{2} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2} \quad (78)$$

$\omega_{A\Delta}$ - колебания замыкающего звена A_Δ ;

$\Delta_1, \Delta_3, \Delta_5$ – погрешности, возникающие вследствие не точности изготовления равные:

$$\Delta_1 = T_{A1} = 0,022 \text{ мм;}$$

$$\Delta_3 = T_{A3} = 0,013 \text{ м;}$$

$$\Delta_5 = T_{A5} = 0,008 \text{ мм;}$$

Δ_4, Δ_2 – погрешности, возникающие вследствие колебания зазоров в сопряжении равные» [9]:

$$\Delta_2 = T_{A2} = 0,011 \text{ мм;}$$

$$\Delta_4 = T_{A4} = 0,023 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_y = \frac{\omega_{\Delta\Delta}}{2} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{0,022^2 + 0,011^2 + 0,013^2 + 0,023^2 + 0,008^2} = 0,018 \text{ мм}$$

Отклонение фактического положения заготовки от требуемого при установке в приспособление рассчитано.

3.12 Описание и принцип работы устройства

В «данном подразделе необходимо рассмотреть описание и принцип работы станочного приспособления, а также его взаимодействие с вращающимся силовым гидравлическим приводом.

В конструкции патрона (1) есть три кулачка: сменные (3) и постоянные (2), которые объединены при помощи шпонки (5) и двух винтов (4). Постоянные кулачки имеют угол клина, который соединяется по направляющим с центральной втулкой (11). Центральная втулка (11) крепится к штоку (12) в передней части шпинделя станка (10), который крепится к патрону на винты (9). Шток (12) от усилия гидравлического привода приводит в движение центральную втулку (11), из-за чего кулачки зажимают заготовку.

Гидравлический привод при подаче масла, через отверстия внутри хвостовика (22), расположенного во втулке (24), которая ориентирована двумя подшипниками (25) внутри корпуса гидропривода (16). Под давлением которые приводят в поступательное движение поршень (32) со штоком (12). А поршень (32) передает движение на центральную втулку (11) через шток (12). Хвостовик (22) крепится к гидроцилиндру (18) винтами (19), между хвостовиком (22) и гидроцилиндром (18) находится поршень (32) соединённый со штоком (12) гайкой (30). Задняя часть шпинделя (17) запрессована в гидроцилиндр (18), через нее проходит шток (12). Корпус гидропривода (16) присоединён винтами (14) к корпусу коробки скоростей (13).

Вывод

Приспособление позволяет обеспечить свободный доступ заготовки к зоне обработки. Погрешность установки заготовок в 0,2 мм соответствует совмещенным установочной и измерительной базам и обеспечивает получение заданной точности обрабатываемых поверхностей детали. Не вызывают деформации и усилия зажима, при коэффициентах запаса $K_z = 1,575$, $K_y = 2,1$, что обеспечивает заданную точность обработки. Расчетная сила зажима с большим запасом обеспечивается гидросистемой станка и не требует перерасчета режимов резания. Разработанное приспособление может быть использовано при обработке шпинделя станка для намотки конденсаторов» [1],[9].

4.1 Обоснование выбора материала режущей и хвостовой части сверла-зенковки.

«Для экономии быстрорежущей стали все сверла с коническим хвостовиком более 6 мм изготавливаются сварными» [1].

4.2 Проектирование и расчет сверла

«В основном, сверла делают из быстрорежущих сталей. Твердосплавные сверла делают для обработки конструкционных сталей высокой твердости (45...56HRC), обработке чугуна и пластмасс.

Исходя из твердости обрабатываемого материала ≥ 227 НВ, принимаем решение об изготовлении сверла из быстрорежущей стали Р6М5 ГОСТ 19265-73» [8]

4.3 Обоснование выбора геометрических параметров сверла

«Задний угол α . Величина заднего угла на сверле зависит от положения рассматриваемой точки режущего лезвия. Задний угол имеет наибольшую величину у сердцевины сверла и наименьшую величину - на наружном диаметре. Рекомендуемые величины заднего угла на наружном диаметре выбираем по справочной литературе, соответственно $\alpha = 9^\circ$.

«Передний угол. Также является переменной вдоль режущего лезвия и зависит, кроме того, от угла наклона винтовых канавок w и угла при вершине $2j$. Передняя поверхность на сверле не затачивается, и величина переднего угла на чертеже не проставляется.

Угол при вершине сверла. Значение углов 2φ для свёрл, используемых для различных обрабатываемых материалов приведены в справочной литературе, принимаем: $2\varphi = 118^\circ$.

Угол наклона винтовых канавок. Угол наклона винтовых канавок определяет жесткость сверла, величину переднего угла, свободу выхода стружки и др. Он выбирается в зависимости от обрабатываемого материала и диаметра сверла. Назначаем $\omega = 30^\circ$.

Угол наклона поперечной кромки. При одном и том же угле φ определенному положению задних поверхностей соответствует вполне определенная величина угла ψ и длина поперечной кромки и поэтому угол ψ служит до известной степени критерием правильности заточки сверла. По справочникам назначаем: $\psi = 40^\circ$ [1], [8], [20]

4.4 Расчет, назначение конструктивных размеров сверла.

«Спиральные сверла одного и того же диаметра в зависимости от серии бывают различной длины. Длина сверла характеризуется его серией. Серия сверла должна быть определена по формуле (79):

$$l_0 \text{ ГОСТ} \geq l_0 \text{ расч.} \quad (79)$$

Расчетная длина рабочей части сверла l_0 , равна расстоянию от вершины сверла до конца стружечной канавки, по формуле (80):

$$l_0 = l_p + l_{\text{вых}} + l_d + l_k + l_\phi \quad (80)$$

где l_p - длина режущей части сверла;

$$l_p = 0,3 \cdot d_{\text{св}} = 0,3 \cdot 6,8 = 2,04 \text{ мм};$$

$l_{\text{вых}}$ – величина выхода сверла из отверстия $l_{\text{вых}} = 0$ мм;

l_d – толщина детали или глубина сверления, $l_d = 40$ мм;

l_k – величина, характеризующая увеличение длины сверла для возможности свободного выхода стружки при полностью сточенном сверле;

l_ϕ – величина, характеризующая уменьшение глубины канавки, полученной при работе канавочной фрезы [1], [8], [20]

$$l_k + l_\phi = 1,5 \cdot d_{св} = 1,5 \cdot 6,8 = 10,2 \text{ мм.}$$

$$l_0 = 2,04 + 0 + 40 + 10,2 = 52,24$$

В связи с тем, что длина рабочей части сверла определяет его стойкость, жесткость, прочность и виброустойчивость, желательно во всех случаях выбирать сверло минимальной длины

4.5 Определение количества переточек

Найдем общую длину стачивания по формуле (81):

$$l_0 = l_k - l_{\text{вых}} - \Delta - l_p \quad (81)$$

где l_0 – расчетная длина рабочей части сверла;

l_k – длина стружечной канавки;

$l_{\text{вых}}$ – величина, характеризующая увеличение длины сверла для возможности свободного выхода стружки при полностью сточенном сверле;

l_p – длина режущей части сверла

$D = 6,8$ мм.

$$l_0 = 10,2 - 0 - 2,04 = 8,16$$

Число переточек определим по формуле (82):

$$n = \frac{l_0}{D_l} \quad (82)$$

где n – число переточек;

где l_0 – расчетная длина рабочей части сверла;

D_l – величина стачивания за одну переточку.

$$n = \frac{8,16}{0,6} = 14 \text{ переточек}$$

Чем больше износ инструмента, тем больше толщина стачиваемого слоя, тем меньшее количество переточек выдерживает инструмент.

4.6 Проектирование и расчёт зенковки

«Зенковка коническая предназначена для изготовления фаски $1 \times 45^\circ$ в отверстии.

Обоснование выбора геометрических параметров зенковки» [1].

«Геометрические параметры режущей части заданы в сечении перпендикулярном режущей кромке величиною заднего угла α , шириной фаски f и углом заострения зуба β .

По справочной литературе» [1], [8], [20] выбираем: $\alpha = 10^\circ$, $f = 1,2$, $\beta = 40^\circ$.

Исходя «из назначения зенковки, угол при вершине $2\varphi = 120^\circ$.

Число зубьев зенковки принимает $z = 8$.

Определяем зенковку типа № 11 и основные размеры по ГОСТ 14953-80 с углом при вершине 120° с коническим хвостовиком» [1], [8], [20].

«Обоснование выбора материала режущей и крепежной части.

Выбора материала режущей части зенковки определен по справочной литературе.

При обработке сталей, экономически выгодно использовать зенковки из быстрорежущей стали Р6М5 ГОСТ 19265.

Изготовление хвостовика для сверла-зенковки.

Для экономии быстрорежущей стали, сверло-зенковку делаем составным неразъемным, сваренным, с помощью контактной сварки оплавлением.

Хвостовик изготавливают из стали 40Х ГОСТ 4543.

Хвостовик выполнен в форме конуса Морзе №2, его размер» [1], [8], [20] определен по ГОСТ 25557-82» [1], [8], [20].

Предельные отклонения размеров конусов - по ГОСТ 2848-75.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

В соответствующем разделе необходимо рассмотреть вопросы «обеспечения безопасности и экологичности на производственном участке по изготовлению детали «Шпиндель»

Технологический процесс рассчитан с указанными стандартами по безопасности и технологичности» [2]

5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

В таблице 14 «обозначены характеристики операций.

Таблица 14 – Технологический паспорт технического объекта

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы вещества
Технологический процесс изготовления детали «Шпиндель»	Токарная операция	Оператор станков с ЧПУ [2]	ТС1625Ф3 Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ	сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-2016, СОЖ, ветошь
			Патрон ПКСА-200.С165 ТУ РБ 200167257.045-2003 БЗСП	
	Хомутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70			
	Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75			
	Центр 7032-0017 Морзе 2 ГОСТ 13214-79			
Сверлильная операция		Патрон цанговый 1-30-12-90		

Предметом для анализа, «является деталь «Шпиндель». Для данной детали разработан ряд мероприятий по безопасности и экологичности.

В таблице 14 представлены и рассмотрены две технологические операции: токарная и сверлильная.

5.2 Идентификация профессиональных рисков

В этом пункте рассмотрены профессиональные риски, данные внесены в таблицу 15» [2]

Таблица 15 – Идентификация профессиональных рисков

Производственно – технологическая и/или эксплуатационно – технологическая операция	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора [2]
Токарная операция	<p>Многообразные элементы физического влияния:</p> <ul style="list-style-type: none"> – статичные элементы оборудования, режущие и колющие, которые взаимодействуют с поверхностями твердых элементов; – подвижные твердые элементы. 	<ul style="list-style-type: none"> – оборудование; – обрабатываемая заготовка; – СОЖ; – приспособление; – инструмент; – пульт управления станком; – смазки
Сверлильная операция	<p>Опасные и вредные производственные факторы, которые возникают из-за:</p> <ul style="list-style-type: none"> – температуры; – большого загрязнения воздуха; – механических колебаний твердых объектов. 	

«В таблице 15 обозначена система технологических и эксплуатационных рисков. К рискам причисляются опасные и вредные факторы для челове-

ка. Опасность представляют материалы, процессы, частицы и оборудование, вследствие которых получается требуемая деталь.

5.3 Методы и технические средства снижения рисков

Безопасность человека значима и на производстве, и в бытовой сфере. Но опасные обстоятельства нельзя свести к нулю, хотя можно максимально уменьшить их количество. На каждом рабочем месте существуют разные типы рисков. Задачей для снижения рисков является минимизирование их возникновения (таблица 16).

Таблица 16 – Организационно-технические методы и технические средства устранения и/или снижения негативного воздействия [2] опасных и вредных производственных факторов

Опасный и вредный производственный фактор	Организационные методы, технические средства	Средства защиты (СИЗ)
<ul style="list-style-type: none"> – статичные элементы режущие и колющие, соприкасающиеся с поверхностью твердых элементов обдирая их; – подвижные твердые элементы; – опасные и вредные производственные факторы, которые возникают из-за температуры. 	<ul style="list-style-type: none"> – ограждения, защитный кожух на станке; – различные инструктажи по охране труда 	<ul style="list-style-type: none"> – очки защитные, – ботинки кожаные, – перчатки с полимерным покрытием, – костюм для защиты от загрязнений
Различные элементы химического воздействия, раздражающего, дыхательные пути	<ul style="list-style-type: none"> – прокладка вентиляции; – различные инструктажи по охране труда 	-

Продолжение Таблицы 16

Опасный и вредный производственный фактор	Организационные методы, технические средства	Средства защиты (СИЗ)
Опасные и вредные производственные факторы, которые возникают из-за акустических колебаний твердых объектов.	<ul style="list-style-type: none"> – виброподавляющие балки для снижения время контакта с поверхностью подверженной вибрации; – различные инструкции по охране труда 	<ul style="list-style-type: none"> – резиновые виброподавляющие покрытия [2]
Опасные и вредные производственные факторы, которые возникают из-за загрязнения воздуха	<ul style="list-style-type: none"> – прокладка вентиляции; – различные инструкции по охране труда 	<ul style="list-style-type: none"> – использование шумопоглощающих вкладышей
Опасные и вредные производственные факторы, шумопоглощающие, которые возникают из-за акустических колебаний твердых объектов.	<ul style="list-style-type: none"> – использование шумопоглощающих панелей; – различные инструкции по охране труда 	<ul style="list-style-type: none"> – перчатки с полимерным покрытием, – резиновые напольные покрытия
Опасные и вредные производственные факторы, которые возникают из-за: <ul style="list-style-type: none"> – электрического тока; – электромагнитного поля. 	<ul style="list-style-type: none"> – необходимое заземление оборудования изоляция токоведущих элементов; – применение предохранителей; – различные инструкции по охране труда; – отслеживание нужного интервала времени для стандартизированных перерывов. 	-
Различные элементы психофизиологического воздействия: <ul style="list-style-type: none"> – пассивная нагрузка, – сильное напряжение анализаторов 	<ul style="list-style-type: none"> – оснащение освещением; – различные инструкции по охране труда 	

Методы и средства направлены для защиты и максимального снижения вредных и опасных факторов при производстве шпинделя станка» [2]

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

«На каждом производстве важным фактором безопасности является пожарная безопасность» [2]. Выявим как уменьшить возникновение пожаров на производстве. В таблицах 17-20 отображены источники пожарной опасности и средства уменьшающие риски их возникновения, а также различные организационные мероприятия, необходимые для повышения безопасности людей при пожаре.

Таблица 17 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие факторы при пожаре [2]
Производственный участок	ТС1625Ф3 Станок токарный патронно-центральной с ЧПУ	В, Е	<ul style="list-style-type: none"> – искры и пламя; – дефекты электропроводки; – воспламенение промасленной ветоши. 	Изменение местоположения напряжения на токопроводящие элементы оборудования.

Таблица 18 – Средства пожаротушения

Средства пожаротушения				Оборудование
Первичные	Мобильные	Стационарные	Автоматические	
<ul style="list-style-type: none"> – ёмкость с песком, – пожарный гидрант, – огнетушители 	пожарные автомобили	модули газового пожаротушения	автономный датчик дыма	огнеупорные пожарные рукава [2]

Таблица 19 – Средства защиты и пожаротушения

СИЗ	Инструмент	Сигнализация
– пожарные верёвки,	– багры,	автономные датчики дыма

<ul style="list-style-type: none"> – карабины, – респираторы, – противогазы 	<ul style="list-style-type: none"> – лопаты, – ломы, – топоры ЩП-Б 	[2]
--	---	-----

Таблица 20 – Средства по обеспечению пожарной безопасности

Оборудование, процесс	Организационные технические мероприятия	Нормативные требования
<ul style="list-style-type: none"> – технология производства шпинделя; – ТС1625Ф3 Станок токарный патронно-центральной с ЧПУ 	<ul style="list-style-type: none"> – использование СОЖ с применением негорючих веществ; – содержание промасленной ветоши в несгораемых емкостях; – обширное руководство и контроль над состоянием пожарной безопасности на рабочем месте. 	<ul style="list-style-type: none"> – наличие пожарной сигнализации; – наличие автоматической системы пожаротушения, первичные средства пожаротушения; – проведение мероприятий направленных на информирование работников о пожарной безопасности [2]

Каждый объект защиты должен иметь систему обеспечения пожарной безопасности.

5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

«В результате анализа, были выявлены результаты, представленные в таблицах 21 и 22. Влияние направлены на защиту природных ресурсов и микроклимата» [2]

Таблица 21 – Определение экологически опасных факторов объекта

Производственный процесс	Структурные элементы технологического процесса	Опасные вредные выбросы в воздух	Сточные воды	Воздействие объекта на литосферу
Технологический процесс изготовления шпинделя	ТС1625Ф3 Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ	<ul style="list-style-type: none"> - стружка, - токсические испарения, - масляный туман 	<ul style="list-style-type: none"> - взвешенные вещества и нефтепродукты, - отработанные в жидкие среды 	<ul style="list-style-type: none"> - отходы стружки, промасленная ветошь, - растворы жидкостей [2]

Таблица 22 – Разработанные мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

Объект воздействия	Технологический процесс изготовления шпинделя
На атмосферу	Фильтрационные системы для вентиляции участка
На гидросферу	Локальная многоступенчатая очистка сточных вод
На литосферу	Разделение, сортировка, утилизация на полигонах отходов [2]

«Для техпроцесса изготовления шпинделя станка для намотки конденсаторов был разработан ряд мероприятий по безопасности и экологичности. Для уменьшения рисков были предложены разнообразные методы и средства, которыми пользуются на производствах. Определен класс предполагаемого пожара и опасные риски возникновения искры. Подобраны средства защиты и пожаротушения. Выявление данных факторов нужно для защиты окружающей среды [2].

6 Экономическая эффективность работы

В соответствующем разделе необходимо рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического проекта, произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта и определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений.

Для выполнения и расчета экономической части бакалаврской работы следует воспользоваться методическими материалами [10], [13].

Основанием для экономического обоснования, является предложение внедрить автоматизацию операций, то есть заменить базовый вариант универсального станочного оборудования со стержневым режущим инструментом, на оборудование с числовым программным управлением и режущим инструментом с креплением сменных пластин.

Оборудование и инструмент, применяемый на токарных операциях технологического процесса:

- ТС1625Ф3 Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ;
- Резец 2100-1505 тип G CTGNR1616H11-H ГОСТ 26611-85;
- Резец 2101-0611 тип 1 T15K6 ГОСТ 20872-80;
- Резец 2101-0767 тип 2 T15K6 ГОСТ 20872-80

Совершенствование этих операций предполагает сокращение основного и штучного времени на их выполнение (расчёт норм времени представлен во втором разделе работы).

Опираясь на методику расчета капитальных вложений и определения технологической себестоимости, сложив полученные из расчетов величины, были определены общие капитальные вложения, равные сумме 129442,40 рублей, которые предназначены только для выполнения заданной программы выпуска детали «Шпиндель» в объеме 4000 шт.

Чтобы выявить экономическую эффективность работы, кроме нахождения величины капитальных вложений, необходимо рассчитать размер полной себестоимости производимого изделия по текущему технологическому процессу.

Используя методику расчета [10], [13] технологической себестоимости, определили величину данного показателя по сравниваемым операциям. Итоговое значение было получено путем суммирования представленных значений и отображено на рисунке 5:

- основная заработная плата рабочих, руб.;
- начисления на заработную плату, руб.;
- расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, руб.

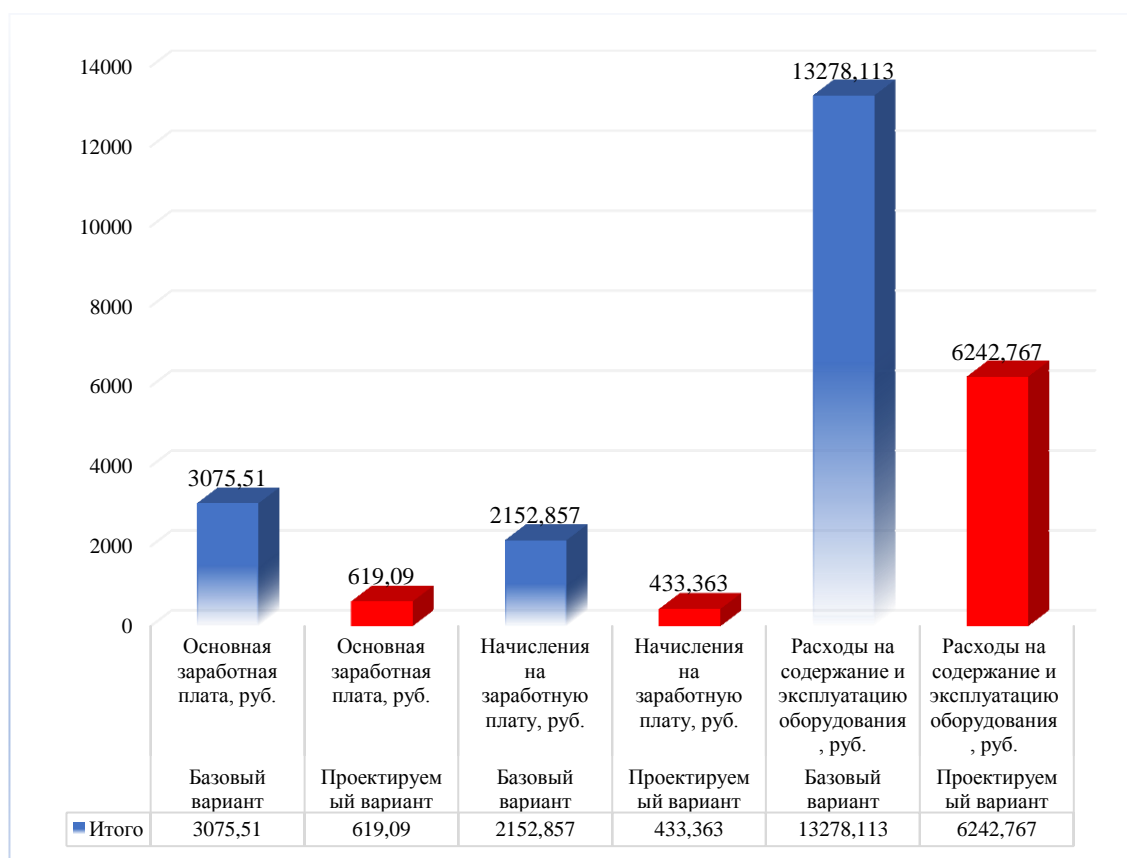


Рисунок 5 – Параметры, входящие в технологическую себестоимость детали «Шпиндель станка для намотки высоковольтных конденсаторов», по сравниваемым операциям, руб.

Рассматривая представленные выше показания, можно сделать вывод о том, что все они «имеют тенденцию к уменьшению, что положительно влияет на итоговую величину технологической себестоимости, которая снижается».

на 60% и в проектируемом варианте технологического процесса изготовления шпинделя» [10], [13] составит 7 295,22 руб.

Расчет полной себестоимости осуществляется в соответствии с методикой «Калькуляции себестоимости обработки детали по вариантам технологического процесса» [10], [13].

Основные параметры (технологическая себестоимость, цеховая себестоимость, заводская себестоимость и полная себестоимость), полученные по данной методике, по сравниваемым вариантам, представлены на рисунке 6.

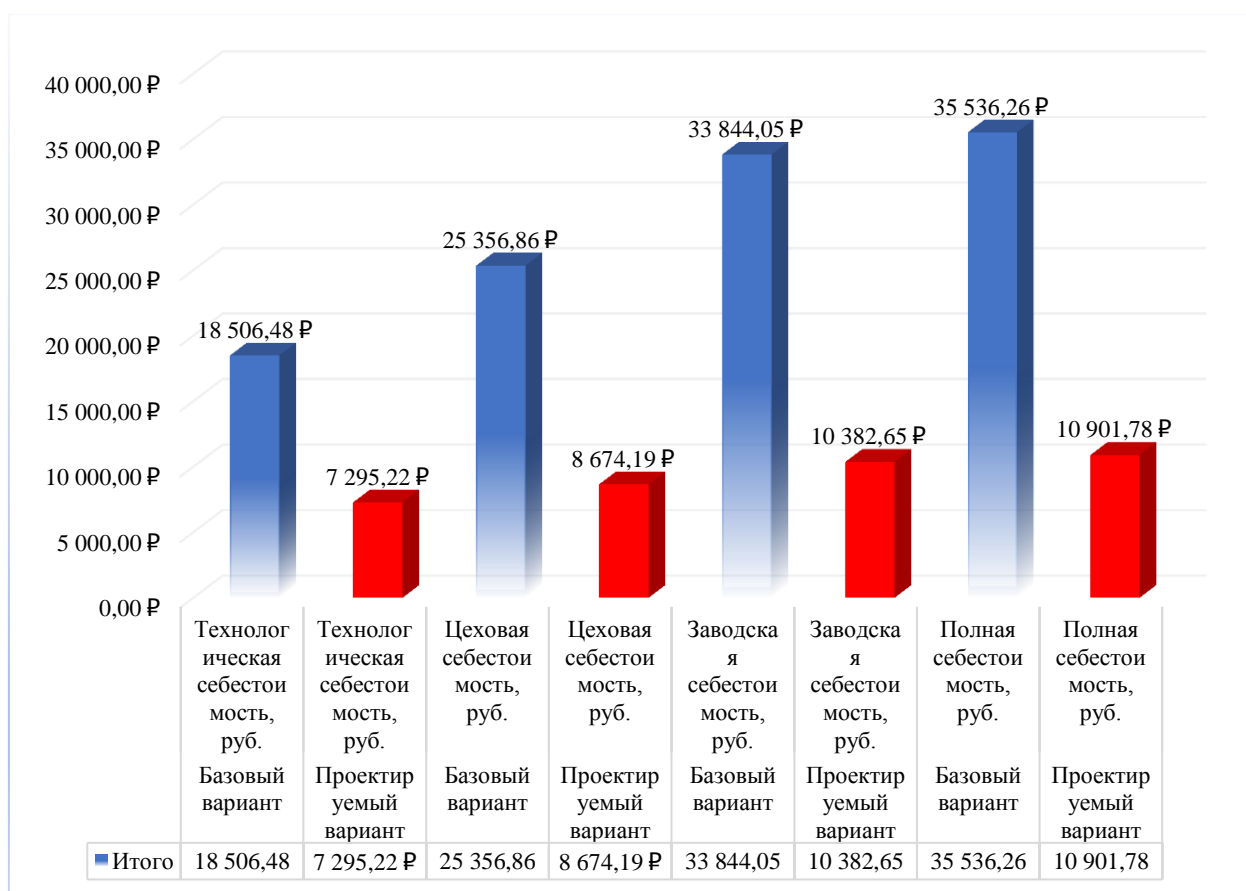


Рисунок 6 – Величина всех видов себестоимости по вариантам, руб.

Далее, был «рассчитан ряд основополагающих экономических показателей, таких как:

- чистая прибыль (П_{ЧИСТ}), которая составит 74888799,68 рублей;
- срок окупаемости (Т_{ОК.РАСЧ.}), который составит 2 года;

- чистый дисконтируемый доход (ЧДД), величина которого равна 67796906,52 рублей.

Показатель интегрального экономического эффекта или чистого дисконтируемого дохода (ЧДД), позволяет сделать окончательное заключение об экономической целесообразности проектируемого варианта технологического процесса.

Если $ЧДД > 0$, то проект считается эффективным и его рекомендуется внедрять.

Предложенные совершенствования технологического процесса изготовления детали «Шпиндель станка для намотки высоковольтных конденсаторов» позволяют получить положительную величину чистого дисконтируемого дохода, что делает его экономически эффективным, поэтому после вложения денежных средств в совершенствование технологического процесса, предприятие получит прибыль в размере 524,76 рублей на каждый вложенный рубль» [10], [13]

В выпускной квалификационной работе был спроектирован технологический процесс изготовления шпинделя станка для намотки высоковольтных конденсаторов. Первостепенно были проанализированы характеристики и параметры базового технологического процесса.

При выполнении бакалаврской работы были получены определенные результаты, такие как:

- использование передового современного оборудования, снабженного числовым программным управлением, которое способствует высокой производительности, точности, качеству изделий, и уменьшению себестоимости обработки, также сокращению издержек;
- возможность изготовления детали используя в работе три вида оборудования с ЧПУ (ТС1625Ф3 Станок токарный патронно-центровой, ФС65МФ3 Фрезерный центр и Круглошлифовальный станок 3М151Ф2);
- «исключены все разметочные операции;
- применены оптимальные режимы резания;
- применена высокопроизводительная технологическая оснастка с пневматическим приводом;
- спроектирован и применен прогрессивный режущий инструмент;
- проведен анализ экономической эффективности работы после внесения предлагаемых изменений в технологический процесс» [17].

При выполнении инженерных расчетов в работе были применены самые современные компьютерные технологии и программы.

Так же в ходе выполнения работы был проведен анализ опасных и вредных производственных факторов, и разработаны мероприятия по их устранению.

Список используемых источников

1. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков.Л.: Машиностроение, 1975. – 645 с.
2. Горина, Н. Л. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : учебное пособие / Н. Л. Горина, М. И. Фесина. — Тольятти : ТГУ, 2018. — 41 с. — ISBN 978-5-8259-1370-4.— Текст: электронный// Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/139727> (дата обращения: 26.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. ГОСТ 19257-73 Отверстия под нарезание метрической резьбы. Диаметры от 06 декабря 1973 - docs.cntd.ru [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200012246> (дата обращения: 03.05.2022).
4. ГОСТ 24705-2004 (ИСО 724:1993) Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Основные размеры от 02 марта 2005 - docs.cntd.ru [Электронный ресурс] URL:<https://docs.cntd.ru/document/1200038934> (дата обращения: 03.05.2022).
5. ГОСТ 2590-2006 Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. Сортамент от 29 июля 2008 - docs.cntd.ru [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200066543> (дата обращения: 16.04.2022).
6. ГОСТ 2590-88 Прокат стальной горячекатаный круглый. Сортамент от 29 июня 1988 - docs.cntd.ru. [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200004404> (дата обращения: 10.04.2022).
7. ГОСТ 7505-89 Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски от 21 сентября 1989 - ПРИЛОЖЕНИЕ 2 (обязательное). СТЕПЕНИ СЛОЖНОСТИ ПОКОВОК - docs.cntd.ru docs.cntd.ru [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200008739/titles/8P00LT> (дата обращения: 16.04.2022).

8. Дальский А.М., Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Суслов А.Г. (под ред.). Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. – Москва: Машиностроение, 2003 – Т.2 – 944с.
9. Зубарев, Ю. М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении : учебник / Ю. М. Зубарев. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-1803-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211958> (дата обращения: 05.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- 10.Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ / Н.В. Зубкова. – Тольятти : ТГУ, 2015. – 46 с.
- 11.Ковальчук, С. Н. Технология машиностроения : учебное пособие / С. Н. Ковальчук. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2015. — 128 с.— Текст: электронный// Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/69457> (дата обращения: 10.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- 12.Котляров Г.Н., Быстрова С.А., Ковтонюк Ж.М. Методическая разработка «Расчет припусков расчетно-аналитическим методом при проектировании технологических процессов механической обработки деталей машин». 2018 – 55 с. (дата обращения: 16.04.2022).
- 13.Краснопевцева, И. В. Экономика и управление машиностроительным производством : учебно-методическое пособие / И. В. Краснопевцева, Н. В. Зубкова. — Тольятти : ТГУ, 2014. — 184 с.— Текст: электронный// Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/139827> (дата обращения: 27.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- 14.Круг стальной — производство, характеристики и применение RMS [Электронный ресурс] URL:<https://robmetalstal.ru/news/krug-stalnoj-proizvodstvo-harakteristiki-i-primenenie> (дата обращения: 10.04.2022).

15. Кулик, В. И. Технологичность машиностроительных изделий : учебное пособие / В. И. Кулик, А. С. Нилов. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2021. — 71 с.— Текст: электронный// Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/220325> (дата обращения: 10.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
16. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред: Учебное пособие для вузов. М.: ООО ИД «Альянс», 2007 – 256 с. (дата обращения: 16.04.2022).
17. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин: Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Технология машиностроения»/ Козлов А.А., Кузьмич И.В., Солдатов А.А. –Тольятти: ТГУ, 2019. 210 с.
18. Расторгуев, Д. А. Проектирование технологических операций : учебно-методическое пособие / Д. А. Расторгуев. — Тольятти : ТГУ, 2015. — 140 с. — ISBN 978-5-8259-0817-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/140029> (дата обращения: 10.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
19. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2-е изд. Высш. шк. 2007 г.
20. Справочник технолога машиностроителя.-В 2-х т. Т.2./Под ред. А.Г.Косиловой. - М.: Машиностроение, 1985. - 496с.
21. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т1/Под ред. А.Г.Косиловой. - М.: Машиностроение, 1985. – 619 с.
22. Сталь 30ХГСА - расшифровка и характеристики | гост и применение стали 30ХГСА. [Электронный ресурс] URL: <https://areal-metal.ru/spravka/stal-30hgsa> (дата обращения: 10.04.2022).

23. Стружка лом цена [Электронный ресурс] URL: <https://glavchernet.ru/статьи/506-стружка-лом-цена.html> (дата обращения: 20.04.2022).
24. Технологические процессы в машиностроении. Назначение режимов резания и нормирование операций механической обработки заготовок в машиностроении : учебное пособие для вузов / Ю. М. Зубарев, А. В. Приемышев, В. Г. Юрьев, М. А. Афанасенков. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 248 с. — ISBN 978-5-8114-8508-6.— Текст: электронный// Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/197529> (дата обращения: 06.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
25. Учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению подготовки 15.03.01 «Машиностроение», профиль «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» / В.А. Гуляев, А.А. Козлов, Н.Ю. Логинов. — Тольятти: ТГУ, 2017. — 50 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Маршрутная карта изготовления детали «Шпиндель»

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

Дудя																											
Взач																											
Подп																											
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата	Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата																		
Разраб	Бабенкова Н.А.				Кафедра ТМ		«Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»																				
Провер	Левашкин Д.Г.																										
Принял																											
Утверд																											
Н контр																											
Шпиндель станка для намотки высоковольтных конденсаторов																			ДП								
М01 Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-2016																											
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н расх	КИМ	Код загот.	Профиль и размер	К.Д.	М.З.																	
М02	-	166	0,66	1		0,69	090100	φ27×355	1	0,957																	
А	Цех	Уч.	РМ	Опер	Код, наименование операции										Обозначение документа												
Б	Код, наименование оборудования										С.М.	Проф.	Р.	У.Т.	К.Р.	Канц.	Е.Н.	О.П.	К.В.	Т.В.	Т.В.						
А	03			005	Заготовительная																						
	04				Кришилпно- горячештамповочный пресс																						
	05																										
	06			010	Термообработка																						
	07				Печь шахтная																						
	08																										
	09																										
	10																										
	11																										
	12																										
	13																										
	14																										
	15																										

Продолжение Приложения А

ГОСТ 3.1118-82 Форма 16

Дубл.	Взам.	Подп.	Изм.	Изм.	Изм.	Изм.	Изм.	Изм.	Изм.	Изм.	Изм.	Изм.	Изм.	Изм.	Изм.	Изм.	Изм.
А	Цех	Уч.	Р.М.	Опер.	Код, наименование операции	СМ.	Проф.	Р.	У.Т.	К.Р.	Канв.	Е.Н.	О.П.	Кит.	Тяг.	Тит.	
Б	Код, наименование оборудования	СМ.	Проф.	Р.	У.Т.	К.Р.	Канв.	Е.Н.	О.П.	Кит.	Тяг.	Тит.					
К	Наименование детали, сб. единицы или материала	Обозначение, код	АЛ.	Е.В.	Е.Н.	К.И.	Н.И.К.										
А 01				015	4112 Токарная	ИОТ 52 96											
Б 02					38 1111 ТС1625ф3 Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ	2	18225	322	1р	1	1	1	4326	1	16,0	0,74	
Б 03					(Установка А)												
К 04	396110 Патрон самцентрирующийся клиновидный трехлапчатый ПКСА-200, С165 ТУ РБ 200167257.045-2003 БЗСП, 39 6181 Хомутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70																
К 05	39 2151 Резец 2100-1505 тип G CTGNR1616H11-H ГОСТ 26611-85; Пластина режущая TNUN-160408 по ГОСТ 25003-81; Пластина опорная OTN-1603 по ГОСТ 19073-80																
К 06	39 1242 Сверло 2317-0118 ГОСТ 14952-75																
К 07	393311 Штангенциркуль ШЦ-1-150-0,1 ГОСТ 166-80; 39 3110 Калибр контроля центровочного отверстия																
О 08	На первом проходе подрезать торец 3 в размер l = 14,3,9 мм. На втором проходе подрезать торец 3 в размер l = 14,3,0 мм. На третьем проходе подрезать торец 3 в																
О 09	размер l = 14,2,6 мм. Центровать торец 3 l = 3,5 мм																
Б 10					(Установка Б)												
К 11	396110 Патрон самцентрирующийся клиновидный трехлапчатый ПКСА-200, С165 ТУ РБ 200167257.045-2003 БЗСП, 39 6181 Хомутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70																
К 12	39 2151 Резец 2100-1505 тип G CTGNR1616H11-H ГОСТ 26611-85; Пластина режущая TNUN-160408 по ГОСТ 25003-81; Пластина опорная OTN-1603 по ГОСТ 19073-80																
К 13	39 1242 Сверло 2317-0118 ГОСТ 14952-75																
К 14	393311 Штангенциркуль ШЦ-1-150-0,1 ГОСТ 166-80; 39 3110 Калибр контроля центровочного отверстия																
О 15	На первом проходе подрезать торец 4 в размер l = 16,8,9 мм. На втором проходе подрезать торец 4 в размер l = 16,8,0 мм. На третьем проходе подрезать торец 4 в																
О 16	размер l = 16,7,6 мм. Центровать торец 3 l = 3,5 мм																
17																	
18																	
МК.																	

Продолжение Приложения А

ГОСТ 3.1118-82 Форма 16

ГОСТ 3.1118-82 Форма 16																
Дубл.																
Взам.																
Подп.																
А	Цех	Уч.	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа										
Б					СМ	Проф.	Р.	УТ.	КР.	Канд.	ЕН.	ОП.	Кат.	Тпл.	Тшт.	
К					Обозначение, код											
					Наименование детали, с/б. единицы или материала											
					АЛ. ЕВ. ЕН. КИ. НРКХ											
А	01				020 4112 Токарная	ИОТ 52,96										
Б	02				38 1111 ТС1625ф3 Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ	2	18225	322	р	1	1	1	4326	1	14,0	1,031
К	03	392841 Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75; 392844 Центр				7032-0017 Марзе 2 ГОСТ 13214-79; 39 6181 Хомутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70										
К	04	39 2151 Резец 210А-0611 тип 1 Т15К6 ГОСТ 20872-80; Режущая пластина				08116-1704 15-136 по ГОСТ 19062-80; Опорная пластина 741-1704-1 по ГОСТ 19079-80										
К	05	393311 Штангенциркуль ШЦ-1-150-0,1, ГОСТ 166-80														
О	06	Точить пов.2 в размер ϕ 20,70 мм. Подрезать торец 15 в размер $l = 21,80$ мм. Точить пов.17 в размер ϕ 29,56 мм, с соблюдением радиуса сферической поверхности														
О	07	R=13,5. Подрезать торец 16 в размер $l = 20,90$ мм. Точить пов.14 в размер ϕ 20,25 мм. Подрезать торец 12 в размер $l = 26,50$ мм. Точить пов.1 в размер ϕ 18,01 мм.														
О	08															
О	09															
А	10				025 4112 Токарная	ИОТ 52,96										
Б	11				38 1111 ТС1625ф3 Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ	2	18225	322	р	1	1	1	4326	1	13,0	0,859
К	12	392841 Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75; 392844 Центр				7032-0017 Марзе 2 ГОСТ 13214-79; 39 6181 Хомутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70										
К	13	39 2151 Резец 210А-0611 тип 1 Т15К6 ГОСТ 20872-80; Режущая пластина				08116-1704 15-136 по ГОСТ 19062-80; Опорная пластина 741-1704-1 по ГОСТ 19079-80										
К	14	393311 Штангенциркуль ШЦ-1-150-0,1, ГОСТ 166-80														
О	15	Точить пов.2 в размер ϕ 18,90 мм. Подрезать торец 15 в размер $l = 20,60$ мм. Точить пов.17 в размер ϕ 28,16 мм, с соблюдением радиуса сферической поверхности														
О	16	R=13,5. Подрезать торец 16 в размер $l = 20,30$ мм. Точить пов.14 в размер ϕ 18,85 мм. Подрезать торец 12 в размер $l = 25,90$ мм. Точить пов.1 в размер ϕ 16,25 мм.														
О	17															

Продолжение Приложения А

ГОСТ 3.1118-82 Форма 16

ГОСТ 3.1118-82 Форма 16																		
Дудл.																		
Взам.																		
Лодт.																		
	Цех	Уч.	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа												
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф	Р	УТ	КР	Канц	ЕН	ОП	Кот.	Тол.	Тшт.		
К	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение, код						АЛ	ЕВ	ЕН	КИ	Нрксх		
А	01				030 4.112 Токарная	ИОТ 52,196												
Б	02				38 1111 ТС1625ф3 Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ	2	18225	322	1р	1	1	1	4326	1	13,0	0,878		
К	03	392841 Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75; 392844 Центр					7032-0017 Морзе 2 ГОСТ 13214-79; 39 6181 Хомутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70											
К	04	39 2151 Резец 2101-0611 тип 1 Т15К6 ГОСТ 20872-80; Режущая пластина					08116-170415-136 по ГОСТ 19062-80; Опорная пластина 741-1704-1 по ГОСТ 19079-80											
К	05	393311 Штангенциркуль ШЦ-1-150-0,1, ГОСТ 166-80																
О	06	Точить пов.2 в размер ϕ 18,60 мм. Подрезать торец 15 в размер $l = 20,30$ мм. Точить пов.17 в размер ϕ 27,91 мм, с соблюдением радиуса сферической поверхности																
О	07	$R=13,5$. Подрезать торец 16 в размер $l = 20,00$ мм. Точить пов.14 в размер ϕ 18,60 мм. Подрезать торец 12 в размер $l = 25,60$ мм. Точить пов.1 в размер ϕ 15,91 мм.																
О	08	Точить фаску на торце 4 размером $3 \times 45^\circ$																
	09																	
А	10				035 4.112 Токарная	ИОТ 52,196												
Б	11				38 1111 ТС1625ф3 Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ	2	18225	322	1р	1	1	1	4326	1	13,0	1,790		
К	12	392841 Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75; 392844 Центр					7032-0017 Морзе 2 ГОСТ 13214-79; 39 6181 Хомутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70											
К	13	39 2151 Резец 2101-076 тип 2 ГОСТ 20872-80; Режущая пластина					08116-170415-136 по ГОСТ 19062-80; Опорная пластина 741-1704-1 по ГОСТ 19079-80											
К	14	393311 Штангенциркуль ШЦ-1-150-0,1, ГОСТ 166-80																
О	15	Точить пов.13 в размер ϕ 27,76 мм, с соблюдением радиуса сферической поверхности $R=13,5$.																
	16																	
	17																	
	18																	
	19																	

Продолжение Приложения А

ГОСТ 3.1118-82 Форма 16

Дубл.	Взам.	Подп.	Цех	Уч.	Р.М.	Опер.	Код, наименование операции	СМ.	Проф.	Р.	У.Т.	К.Р.	Канд.	Е.Н.	О.П.	Кат.	Тяг.	Тит.
А	Цех	Уч.	Р.М.	Опер.	Код, наименование операции	СМ.	Проф.	Р.	У.Т.	К.Р.	Канд.	Е.Н.	О.П.	Кат.	Тяг.	Тит.		
Б	Цех	Уч.	Р.М.	Опер.	Код, наименование оборудования	СМ.	Проф.	Р.	У.Т.	К.Р.	Канд.	Е.Н.	О.П.	Кат.	Тяг.	Тит.		
К	Цех	Уч.	Р.М.	Опер.	Наименование детали, сб. единицы или материала	СМ.	Проф.	Р.	У.Т.	К.Р.	Канд.	Е.Н.	О.П.	Кат.	Тяг.	Тит.		
А					040 4112 Токарная													
Б					38 1111 ТС1625ф3 Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ	2	18225	322	1р	1	1	1	4326	1	13,0	0,468		
К					392841 Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75; 392844 Центр 7032-0017 Марзе 2 ГОСТ 13214-79; 39 6181 Хомутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70													
К					39 2151 Резец 2101-0767, тип 2 ГОСТ 20872-80; Режущая пластина 08116-170415-136 по ГОСТ 19062-80; Опорная пластина 741-1704-1 по ГОСТ 19079-80													
К					393311 Штангенциркуль ШЦ-1-150-0,1 ГОСТ 166-80													
О					Точить пов.1 в размер ϕ 15,76 мм. Точить фаску на торце 3 размером $1 \times 45^\circ$													
07																		
08																		
09																		
А					045 4120 Сверлильная													
Б					38 1111 ТС1625ф3 Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ	2	18225	422	1р	1	1	1	4326	1	10,0	1580		
К					396110 Патрон самоцентрирующийся клиновидный трехкулачковый ПКСА-200 С165 ТУРБ 200167257.045-2008 БЗСП; 39 6181 Хомутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70													
К					39 2812 Патрон цанговый 1-30-20-100 ГОСТ 26539-85; 39 1213 Сверло-заточка, сталь Р4М5 ГОСТ 19269-73; 39 6181 Лангет неподвижный 250 ИТТ183.000													
К					39 3110 Калибр ГОСТ 2534-77; 39 3110 Калибр пробка ГОСТ 14827-69													
О					Сверлить отверстие на торце поверхности 3, глубиной $h=40$ мм, в размер $\phi 6,7$ мм													
16																		
17																		
18																		

Продолжение Приложения А

ГОСТ 3.1118-82 Форма 16

ГОСТ 3.1118-82 Форма 16																			
Дуфл.																			
Взам.																			
Подп.																			
А	Цех	Уч.	Р.М.	Опер	Код, наименование операции					Обозначение документа									
					С.М.	Проф.	Р.	У.Т.	К.Р.	Канв.	Е.Н.	О.П.	Кат.	Тяг.	Тот.				
Б	Код, наименование оборудования																		
К	Наименование детали, сб. единицы или материала				Обозначение кода						А.П.	Е.В.	Е.Н.	К.И.	Н.Я.к.				
А 01				050	7272	Резьбанарезная				ИОТ 52,96									
Б 02				38 1111	ТС1625Ф3 Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ				2	18225	422	1р	1	1	1	4326	1	10,0	1,046
К 03	396110 Патрон самцентрирующийся клиновидный трехлапчатый ПКСА-200С165 ТУ РБ 200167257.045-2003 БЗСП; 39 6181 Хомутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70																		
К 04	39 2812 Патрон цанговый 1-30-12-90 ГОСТ 26539-85; 39 1311 Метчик 2620-2567 ГОСТ 3266-81; 39 6181 Люнет неподвижный 250 ИТП 83.000																		
К 05	39 3110 Калибр ГОСТ 2534-77; 39 3110 Калибр пробка ГОСТ 14827-69																		
О 06	Нарезать резьбу М8 глубиной h=30 мм																		
07																			
08																			
09																			
А 10				055	4260	Фрезерная				ИОТ 52,96									
Б 11				38 16XX	ФС65МФ3 Фрезерный центр с ЧПУ				2	18632	422	1р	1	1	1	4326	1	18,0	0,452
К 12	39 6131 Тиски стачные винтовые самоцентрирующие 7200-0251 ГОСТ 21168-75; 39 6181 Люнет неподвижный 250 ИТП 83.000																		
К 13	Опробка для дисковой фрезы ВТ30-SCA22-75L																		
К 14	39 1834 Фреза дисковая 2250-0005 ГОСТ 3964-69																		
К 15	39 3110 Калибр пробка ГОСТ 14827-69																		
О 16	Фрезеровать канавку поф.5 l = 15мм, b = 3,5мм, d = 8,5мм																		
17																			
18																			
19																			

Продолжение Приложения А

ГОСТ 3.1118-82 Форма 16

Дубль																					
Взам																					
Подп																					
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа															
Б					Код, наименование оборудования				СМ	Проф	Р.	У.Т.	КР.	Конт.	ЕН	ОП	Конт.	Тол.	Тит.		
К					Наименование детали, сд. единицы или материала				Обозначение код					АЛ	ЕВ	ЕН	КИ	Н.числ.			
А	01				060	4260	Фрезерная				ИОТ 52196										
Б	02				38	16ХХ	ФС65МФЗ Фрезерный центр с ЧПУ				2	18632	422	1р	1	1	1	4326	1	18,0	0,945
К	03	39	6131	Тиски станочные винтовые самоцентрирующие 7200-0251 ГОСТ 21168-75																	
К	04	39	2812	Патрон цанговый 1-30-30-100 ГОСТ 26539-85																	
К	05	39	1852	Фреза канцеляя 2223-0292 ГОСТ 17026-71																	
К	06	39	3110	Калибр проходка ГОСТ 14827-69																	
О	07	Фрезеровать лыски 4 шт на пов.2, по кругу на расстоянии 90, h = 14мм, d = 15мм, n = 15мм																			
	08																				
	09				065	Термообработка															
	10	Печь шахтная																			
	11																				
А	12				070	4130	Шлифовальная				ИОТ 52196										
Б	13				38	131Х	ЗМ151Ф2 Круглошлифовальный				2	18873	422	1р	1	1	1	4326	1	16,0	0,477
Б	14	станок с ЧПУ																			
К	15	39	2841	Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75; 392844 Центр 7032-0017 Морзе 2 ГОСТ 13214-79																	
К	16	39	7712	Круг шлифовальный 1 125x25x32 25А 10-П С2 7 К1А 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424-83; Оправка d=32мм, d1=50мм.																	
К	17	39	3121	Скобы с отсчетным устройством ГОСТ 11098-75																	
О	18	Шлифовать торец пов.4 до l = 167,00 мм Ra = 6,3. Шлифовать торец пов.3 до l = 142,00 мм Ra = 6,3																			
МК																					

Продолжение Приложения А

ГОСТ 3.1118-82 Форма 16

ГОСТ 3.1118-82 Форма 16																				
Дудл.																				
Взам.																				
Подп.																				
А	Цех	Уч.	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа														
Б					Код, наименование оборудования	СМ	Проф.	Р.	УТ.	КР.	Канд.	ЕН.	ОП.	Квт.	Т _{пз}	Т _{шт}				
К					Наименование детали, сд. единицы или материала	Обозначение, код						АЛ	ЕВ	ЕН	КИ	Н _р кх				
А 01				075	4130 Шлифовальная	ИОТ 52, 96														
Б 02					38 131X 3М151Ф2 Круглошлифовальный	2	18873	422	1р	1	1	1	4,326	1	13,0	4,075				
Б 03					станок с ЧПУ															
К 04					392841 Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75, 392844 Центр	7032-0017 Морзе 2 ГОСТ 13214-79														
К 05					39 7712 Круг шлифовальный 1 125x25x32 25А 10-П С2 7 К1А 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424-83, Оправка d=32мм, d1=50мм.															
К 06					39 3121 Скабы с отсчетным устройством ГОСТ 11098-75															
О 07					Шлифовать пов. 1 в размер $\varnothing 15,16$ мм Ra = 6,3, Шлифовать пов. 14 в размер $\varnothing 18,00$ мм Ra = 6,3, Шлифовать пов. 2 в размер $\varnothing 18,00$ мм Ra = 6,3															
О 08					Шлифовать торец пов. 12 до l = 25,00 мм Ra = 6,3															
09																				
10																				
А 11				080	4130 Шлифовальная	ИОТ 52, 96														
Б 12					38 131X 3М151Ф2 Круглошлифовальный	2	18873	422	1р	1	1	1	4,326	1	13,0	0,691				
К 13					станок с ЧПУ															
К 14					392841 Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75, 392844 Центр	7032-0017 Морзе 2 ГОСТ 13214-79														
К 15					39 7712 Круг шлифовальный 1 125x25x32 25А 10-П С2 7 К1А 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424-83, Оправка d=32мм, d1=50мм.															
К 16					39 3121 Скабы с отсчетным устройством ГОСТ 11098-75															
О 17					На первом проходе шлифовать пов. 1 в размер $\varnothing 15,06$ мм Ra = 3,2, На втором проходе шлифовать пов. 1 в размер $\varnothing 15,00$ мм Ra = 1,6															
18																				
19																				

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Операционная карта изготовления детали «Шпиндель»

ГОСТ 3.1404 – 86 Формат 3												
Дудл.												
Взам.												
Подп.												
							Листов 15	Лист	1			
Разраб.	Бабенкова Н.А.					ТГУ	ТМ					
Провер.	Лебашкин Д.Г.											
Нкантр.								Цех	Уч	РМ	015	
Наименование операции		Материал			Твердость	ЕВ	МД	Профиль, разм, заготовка		МЭ	КОИД	
015 Токарная (Установка А)		Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-2016				166	0,66	φ27×355		0,957	1	
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы			То	Тв	Тлз	Тшт	Саж			
ТС1625ФЗ Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ					0,122	0,555	16,000	0,740	Сульфидфрезол			
Р	Содержание перехода				То	Д или В	L	f	i	S	n	V
0 01	1. Установить и снять заготовку				мм.	мм.	мм.	мм./зуб.	обор./мин.	м/мин		
Т 02	396110 Патрон самоцентрирующийся клиновидный трехлапчатый ПКСА-200.С165 ТУ РБ 200167257.045-2003 БЗСП											
Т 03	39 6181 Хамутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70											
0 04	2. Точить пов. в размер l: (3) = 14,3,9 ^{-0,4} мм. Точить пов. в размер l: (3) = 14,3,0 ^{-0,25} мм. Точить пов. в размер l: (3) = 14,2,6 ^{-0,16} мм.											
0 05	3. Центровать пов. в размер l: (3) = 3,15 ^{-0,075} мм.											
Т 06	39 2151 Резец 2100-1505 тип G CTGNR1616H11-H ГОСТ 26611-85;											
Т 07	Пластина режущая TNUN-160408 по ГОСТ 25003-81, Пластина опорная OTN-1603 по ГОСТ 19073-80											
Т 08	393311 Штангенциркуль ШЦ-1-150-0,1, ГОСТ 166-80											
09						14,3,9 ^{-0,4}	1,6	1	0,8	1650,00	108	
10						14,3,0 ^{-0,25}	0,9	1	0,8	1650,00	108	
11						14,2,6 ^{-0,16}	0,4	1	0,8	1650,00	108	
12						3,15 ^{-0,075}	3,5	1	0,7	1650,00	108	
13												
OK	Операционная карта											

Продолжение Приложения Б

ГОСТ 3.1404 – 86 Форма 3

Дудл.																				
Взам.																				
Подп.																				
										Листов 15		Лист		2						
Разраб.	Баденкова Н.А.													ТГУ		ТМ				
Провер.	Лебашкин Д.Г.																			
										Цех	Уч.	РМ	020							
Нконтр.																				
Наименование операции				Материал				Твердость		ЕВ	МД	Профиль, разм, заготовка				МЗ	КОИД			
015 Токарная (Установка Б)				Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-2016						166	0,66	φ27×355				0,957	1			
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы				То	Тв	Тпз	Тшт	Саж								
ТС1625ФЗ Станок токарный патронно-центральной с ЧПУ								0,122	0,555	16,000	0,740	Сульфидфрезол								
P	Содержание перехода				То	D или В	L	f	i	S	n	V								
O 01	1. Установить и снять заготовку				мм.	мм.	мм.	мм.	мм./зуб.	обор./мин.			м/мин							
T 02	396110 Патрон самоцентрирующийся клиновидный трехкулачковый ПКСА-200.С165 ТУ РБ 200167257.045-2003 БЗСП																			
T 03	39 6181 Хомутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70																			
O 04	2. Точить пов. в размер I: Ⓒ = 168,9 ^{-0,4} мм. Точить пов. в размер I: Ⓒ = 168,0 ^{-0,25} мм. Точить пов. в размер I: Ⓒ = 167,6 ^{-0,16} мм.																			
O 05	3. Центровать пов. в размер I: Ⓒ = 3,15 ^{-0,075} мм.																			
T 06	39 2151 Резец 2100-1505 тип G CTGNR1616H11-H ГОСТ 26611-85;																			
T 07	Пластина режущая TNUN-160408 по ГОСТ 25003-81, Пластина опорная OTN-1603 по ГОСТ 19073-80																			
T 08	393311 Штангенциркуль ШЦ-1-150-0,1, ГОСТ 166-80																			
09					168,9 ^{-0,4}		1,6	1	0,8	1515,19		108								
10					168,0 ^{-0,25}		0,9	1	0,8	1515,19		108								
11					167,6 ^{-0,16}		0,4	1	0,8	1515,19		108								
12					3,15 ^{-0,075}		3,5	1	0,7	1515,19		108								
13																				
OK	Операционная карта																			

Продолжение Приложения Б

ГОСТ 3.1404 – 86 Форма 3

Дубл.																								
Взам.																								
Подп.																								
															Листов 15				Лист		3			
Разраб.	Бабенкова Н.А.													ТГУ			ТМ							
Провер.	Левашкин Д.Г.																							
													Цех	Уч	РМ	025								
Наименование операции	Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль, разм, заготовка			МЗ	КОИД															
020 Токарная	Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-2016		166	0,66	φ27×355			0,957	1															
Оборудование, устройства ЧПУ	Обозначение программы	То	Тв	Тпз	Тшт		Сож																	
ТС1625ФЗ Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ		0,571	0,335	14,000	1,031		Сульфофрезол																	
P	Содержание перехода	То	D или B	L	I	i	S	P	Содержание															
O 01	1. Установить и снять заготовку		мм.	мм.	мм.		мм./зуд.	обор./мин.	м/мин															
T 02	392841 Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75, 392844 Центр 7032-0017 Морзе 2 ГОСТ 13214-79, 39 6181 Хомутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70																							
O 03	2. Точить пов. в размер l: 15 = 21,80 ^{-0,21} мм, 16 = 20,90 ^{-0,21} мм, 12 = 26,50 ^{-0,21} мм,																							
O 04	3. Точить пов. в размер φ: 2 = φ20,70 ^{-0,21} мм, 17 = φ29,56 ^{-0,21} мм, 14 = φ20,25 ^{-0,21} мм, 1 = φ18,01 ^{-0,21} мм.																							
T 05	39 2151 Резец 2101-0611 тип 1 Т15К6 ГОСТ 20872-80; Режущая пластина 08116-1704.15-136 по ГОСТ 19062-80; Опорная пластина 741-1704-1 по ГОСТ																							
T 06	19079-80; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1-150-0,1, ГОСТ 166-80																							
07		20,70 ^{-0,21}	167,6 ^{-0,16}	2,0	1	0,4	1650,00	125																
08		29,56 ^{-0,21}	2180 ^{-0,21}	1,6	1	0,4	1346,72	125																
09		20,25 ^{-0,21}	26,50 ^{-0,21}	1,6	1	0,4	1650,00	125																
10		18,01 ^{-0,21}	142,6 ^{-0,16}	2,0	1	0,3	1650,00	140																
11																								
12																								
13																								
OK	Операционная карта																							

Продолжение Приложения Б

ГОСТ 3.1404 – 86 Форма 3

Дубл.												
Взам.												
Подп.												
										Листов 15		Лист 4
Разраб.	Бабенкова Н.А.				ТГУ			ТМ				
Провер.	Левашкин Д.Г.											
								Цех	Уч.	РМ	030	
Н.контр.												
Наименование операции		Материал			Твердость	ЕВ	МД	Профиль, разм. заготовка		МЗ	КОИД	
025 Токарная		Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-2016				166	0,66	$\phi 27 \times 355$		0,957	1	
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы			Т _о	Т _в	Т _{пз}	Т _{шт}	Сож			
ТС1625ФЗ Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ					0,566	0,180	13,000	0,859	Сульфидфрезол			
Р	Содержание перехода			Т _о	D или B	L	f	i	S	Р	Содержание	
O 01	1. Установить и снять заготовку				мм.	мм.	мм.		мм./зуб.	обор./мин.	м/мин	
T 02	392841 Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75; 392844 Центр 7032-0017 Марзе 2 ГОСТ 13214-79; 39 6181 Хамутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70											
O 03	2. Точить пов. в размер l: $\textcircled{15} = 20,60^{-0,13}$ мм, $\textcircled{16} = 20,30^{-0,13}$ мм, $\textcircled{12} = 25,90^{-0,13}$ мм;											
O 04	3. Точить пов. в размер ϕ : $\textcircled{2} = \phi 18,90^{-0,13}$ мм, $\textcircled{17} = \phi 28,16^{-0,13}$ мм, $\textcircled{14} = \phi 18,85^{-0,13}$ мм, $\textcircled{1} = \phi 16,25^{-0,11}$ мм.											
T 05	39 2151 Резец 2101-0611 тип 1 Т5К6 ГОСТ 20872-80; Режущая пластина 08116-170415-136 по ГОСТ 19062-80; Опорная пластина 741-1704-1 по ГОСТ											
T 06	19079-80; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1-150-0,1, ГОСТ 166-80											
07				18,90 ^{-0,13}	167,6 ^{-0,16}	1,8	1	0,3	1650,00	140		
08				28,16 ^{-0,13}	20,60 ^{-0,13}	1,4	1	0,4	1413,67	125		
09				18,85 ^{-0,13}	25,90 ^{-0,13}	1,4	1	0,3	1650,00	140		
10				16,25 ^{-0,11}	142,6 ^{-0,16}	1,8	1	0,3	1650,00	140		
11												
12												
13												
OK	Операционная карта											

Продолжение Приложения Б

ГОСТ 3.1404 — 86 Формат 3

Дубл.												
Взам.												
Подп.												
Листов 15										Лист	6	
Разраб.	Баденкова Н.А.											
Провер.	Левашкин Д.Г.											
Н.контр.									Цех	Уч.	РМ	045
Наименование операции		Материал			Твердость	ЕВ	МД	Профиль, разм. заготовка			МЗ	КОИД
035 Токарная		Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-2016				166	0,66	φ27×355			0,957	1
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы			То	Тв	Тпз	Тшт	Сож			
ТС1625Ф3 Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ					1,107	0,455	13,000	1,790	Сульфидфрезол			
Р	Содержание перехода			То	D или B	L	f	i	S	P	Содержание	
0 01	1. Установить и снять заготовку				мм.	мм.	мм.		мм./зуб.	обор./мин.	м/мин	
T 02	392841 Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75; 392844 Центр 7032-0017 Марзе 2 ГОСТ 13214-79; 39 6181 Хомутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70											
0 03	2. Точить пов. в размер φ (13) = φ27,76 ^{-0,052} мм.											
T 04	39 2151 Резец 2101-0611 тип 1 Т15К6 ГОСТ 20872-80; Режущая пластина 08116-170415-136 по ГОСТ 19062-80; Опорная пластина 741-1704-1 по ГОСТ											
T 05	19079-80; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1-150-0,1, ГОСТ 166-80											
06					27,76 ^{-0,052}	20,30 ^{-0,052}	0,15	1	0,035	1239,01	108	
07												
08												
09												
10												
11												
12												
13												
OK	Операционная карта											

Продолжение Приложения Б

ГОСТ 3.1404 - 86. Форма 3

Дудл.																						
Взам.																						
Подп.																						
																	Листов 15	Лист	7			
Разраб.	Бабенкова Н.А.																ТГУ	ТМ				
Провер.	Лебашкин Д.Г.																					
Н.контр.																		Цех	Уч.	РМ	ОСО	
Наименование операции		Материал				Твердость	EB	MD	Профиль, разм., заготовка			MЗ	КОИД									
040 Токарная		Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-2016					166	0,66	φ27×355			0,957	1									
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы				Ta	Tb	Tпз	Tшт	Саж												
ТС1625Ф3 Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ						0,178	0,241	13,000	0,468	Сульфидфрезол												
P	Содержание перехода				Ta	D или B	L	f	i	S	P	Содержание										
O 01	1. Установить и снять заготовку					мм.	мм.	мм.		мм./зуд.	обор./мин.	м/мин										
T 02	392841 Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75; 392844 Центр 7032-0017 Морзе 2 ГОСТ 13214-79; 39 6181 Хомутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70																					
T 03	2. Точить пов. в размер φ: ① = φ15,76 ^{-0,043} мм.																					
O 04	39 2151 Резец 2101-0611 тип 1 Т15К6 ГОСТ 20872-80; Режущая пластина 08116-170415-136 по ГОСТ 19062-80; Опорная пластина 741-1704-1 по ГОСТ																					
T 05	19079-80; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1-150-0,1, ГОСТ 166-80																					
T 06					15,76 ^{-0,043}	14,26 ^{-0,16}	0,15	1	0,3	1650,00	140											
T 07																						
T 08																						
09																						
10																						
11																						
12																						
13																						
OK	Операционная карта																					

Продолжение Приложения Б

ГОСТ 3.1404 – 86 Форма 3

Дубл.															
Взам.															
Подп.															
										Листов 15	Лист 8				
Разраб.	Бабенкова Н.А.				ТГУ				ТМ						
Провер.	Левашкин Д.Г.														
Нкантр.										Цех	Уч.	РМ	055		
<i>Наименование операции</i>			<i>Материал</i>				<i>Твердость</i>	<i>ЕВ</i>	<i>МД</i>	<i>Профиль, разм, заготовка</i>				<i>МЗ</i>	<i>КОИД</i>
045 Сверлильная			Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-2016					166	0,66	φ27х355				0,957	1
<i>Оборудование, устройство ЧПУ</i>			<i>Обозначение программы</i>				<i>T₀</i>	<i>T_В</i>	<i>T_{пз}</i>	<i>T_{шт}</i>	<i>Сож</i>				
ТС1625Ф3 Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ							0,041	1425	10,000	1580	Сульфидфрезол				
<i>P</i>	<i>Содержание перехода</i>				<i>T₀</i>	<i>D или B</i>	<i>L</i>	<i>f</i>	<i>i</i>	<i>S</i>	<i>P</i>	<i>Содержание</i>			
O ₀₁	1. Установить и снять заготовку					мм	мм	мм		мм./зуб	обор./мин	м/мин			
T ₀₂	396110 Патрон самоцентрирующийся клиновидный трехкулачковый ПКСА-200.С165 ТУ РБ 200167257.045-2003 БЗСП;														
T ₀₃	39 6181 Хомутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70														
T ₀₄	39 2812 Патрон цанговый 1-30-12-90 ГОСТ 26539-85;														
T ₀₅	39 6181 Люнет неподвижный 250 ИТП 83.000														
O ₀₆	2. Сверлить отверстие пов. в размер φ: $\varnothing_{10}^{-0,01}$ мм.; $h = 40$ мм.														
T ₀₇	39 1213 Сверло-зенковка, сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73;														
T ₀₈	39 3110 Калибр ГОСТ 2534-77; 39 3110 Калибр пробка ГОСТ 14827-69														
09					$6,7^{+0,01}$	$40,00^{+0,16}$	3,5	1	0,15	1650,00	147				
10															
11															
12															
OK	Операционная карта														

Продолжение Приложения Б

ГОСТ 3.14.04 – 86 Форма 3

Дубл.																				
Взам.																				
Подп.																				
														Листов 15		Лист	9			
Разраб.	Баденкова Н.А.																			
Провер.	Левашкин Д.Г.																			
														ТГУ	ТМ					
Н.контр.																	Цех	Уч.	РМ	060
Наименование операции				Материал				Твердость	ЕВ	МД	Профиль, разм, заготовка			МЗ	КОИД					
050 Резьбонарезная				Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-2016					166	0,66	φ27×355			0,957	1					
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы				Т _а	Т _б	Т _{пз}	Т _{шт}	Саж								
ТС1625Ф3 Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ								0,071	0,895	10,000	1,046	Сульфидфрезол								
Р	Содержание перехода				Т _а	D или B	L	f	i	S	P	Содержание								
O ₀₁	1. Установить и снять заготовку					мм.	мм.	мм.		мм./зуб.	обор./мин.	м/мин								
T ₀₂	396110 Патрон самоцентрирующийся клиновый трехкулачковый ПКСА-200.С165 ТУ РБ 200167257.045-2003 БЗСП																			
T ₀₃	39 2812 Патрон цанговый 1-30-12-90 ГОСТ 26539-85; 39 6181 Люнет неподвижный 250 ИТП 83.000																			
O ₀₄	2. Нарезать резьбу (II) М8 = 1,534 ^{+0,06} и глубиной h=30 мм																			
T ₀₅	39 1311 Метчик 2620-2567 ГОСТ 3266-81																			
T ₀₆	39 3110 Калибр ГОСТ 2534-77; 39 3110 Калибр пробка ГОСТ 14827-69																			
07								30,00 ^{+0,13}	1,534	1	0,15	1650,00	147							
08																				
09																				
10																				
11																				
12																				
OK	Операционная карта																			

Активация Windows

Продолжение Приложения Б

ГОСТ 3.14.04 – 86 Форма 3

Дубл.											
Взам.											
Подп.											
						Листов 15				Лист 10	
Разраб.		Бабенкова Н.А.		ТГУ				ТМ			
Провер.		Левашкин Д.Г.									
Нконтр.								Цех	Уч.	РМ	070
Наименование операции		Материал		Твердость	EB	MD	Профиль, разм. заготовка		МЭ	КОИД	
055 Фрезерная		Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-2016			166	0,66	φ27×355		0,957	1	
Оборудование; устройства ЧПУ		Обозначение программы		To	Tb	Tпа	Tшт	Саж			
ФС65МФЗ Фрезерный центр с ЧПУ				0,074	0,340	18,000	0,074	Сульфифрезол			
P	Содержание перехода			To	D или B	L	t	i	S	n	V
O 01	1. Установить и снять заготовку			мм.	мм.	мм.	мм./зуб.	обор./мин.	м/мин		
T 02	39 6131 Тиски станочные винтовые самоцентрирующие 7200-0251 ГОСТ 21168-75										
T 03	39 6181 Люнет неподвижный 250 ИТП 83.000										
T 04	Оправка для дисковой фрезы ВТ30-SCA22-75L										
O 05	2. Фрезеровать канавку пов. Ⓢ l = 15 ^{0,11} мм, b = 3,5 ^{0,075} мм, d = 8,5 ^{0,09} мм										
T 06	39 1834 Фреза дисковая 2250-0005 ГОСТ 3964-69										
T 07	39 3110 Калибр прядка ГОСТ 14.827-69										
08				3,5 ^{0,075}	15 ^{0,11}	2,5	1	0,13	2970,51	14,7	
09											
10											
11											
12											
13											
OK	Операционная карта										

Продолжение Приложения Б

ГОСТ 3.1404-86 Формы 3

Дудл.												
Взам.												
Подп.												
	<i>Листов 15</i>									<i>Лист</i>	<i>11</i>	
Разраб.	Бабенкова Н.А.				ТГУ	ТМ						
Провер.	Левашкин Д.Г.											
Н.контр.									Цех	Уч.	РМ	075
Наименование операции		Материал		Твердость		ЕВ	МД	Профиль, разм. заготовка			МЗ	КОИД
060 Фрезерная		Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-2016				166	0,66	φ27×355			0,957	1
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		То	Тв	Тгз	Тшт	Сож				
ФС65МФЗ Фрезерный центр с ЧПУ				0,228	0,630	18,000	0,945	Сульфидфрезол				
<i>P</i>	<i>Содержание перехода</i>			<i>To</i>	<i>D или B</i>	<i>L</i>	<i>f</i>	<i>i</i>	<i>S</i>	<i>n</i>	<i>V</i>	
0 01	1. Установить и снять заготовку			мм.		мм.	мм.	мм./зуд.		обор./мин.	м/мин	
T 02	39 6131 Тиски станочные винтовые самоцентрирующие 7200-0251 ГОСТ 21168-75; 39 2812 Патрон цанговый 1-30-30-100 ГОСТ 26539-85											
0 03	2. Фрезеровать лыски (6)(7)(8)(9) - 4 шт на пов. (2) по кругу на расстоянии 90, $h = 14^{-0,11}$ мм, $d = 15^{-0,11}$ мм, $n = 15^{-0,11}$ мм											
T 04	39 1852 Фреза концевая 2223-0292 ГОСТ 17026-71											
T 05	39 3110 Калибр пробка ГОСТ 14827-69											
06			$15^{-0,11}$	$14^{-0,11}$	1,5	1	0,3	2397,10		140		
07												
08												
09												
10												
11												
12												
13												
OK	Операционная карта											

Продолжение Приложения Б

ГОСТ 3.1404 – 86 Формы 3											
Дубл.											
Взам.											
Подп.											
							Листов 15	Лист	12		
Разраб.	Баденкова Н.А.			ТГУ			ТМ				
Провер.	Левашкин Д.Г.										
Н.контр.							Цех	Уч	РМ	ДВВ	
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль, разм. заготовка		МЗ	КОИД	
070 Шлифовальная		Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-2016			166	0,66	φ27×355		0,957	1	
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		Т _а	Т _в	Т _{пз}	Т _{шт}	Сож			
3М151Ф2 Круглошлифовальный станок с ЧПУ				0,003	0,440	16,000	0,477	-			
Р	Содержание перехода			Т _а	Д или В	L	f	i	S	n	V
0 01	1. Установить и снять заготовку				мм.	мм.	мм.		мм./зуб.	обор./мин.	м/мин
Т 02	392841 Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75, 392844 Центр 7032-0017 Марзе 2 ГОСТ 13214-79										
0 03	2. Шлифовать пов. ④ в размер l=167 ^{-0,16} мм, Ra = 6,3. Шлифовать пов. ③ в размер l=142 ^{-0,16} мм, Ra = 6,3.										
Т 04	39 7712 Круг шлифовальный 1 125x25x32 25А 10-П С2 7 К1А 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424-83, Оправка d=32мм, d1=50мм.										
Т 05	39 7291 Паста ГОСТ 27595-88										
Т 06	39 3121 Скабы с отсчетным устройством ГОСТ 11098-75										
07					18,60 ^{-0,084}	167 ^{-0,16}	0,6	1	0,3	2397,10	140
08					15,76 ^{-0,043}	142 ^{-0,16}	0,6	1	0,3	2829,06	140
09											
10											
11											
12											
13											
ОК	Операционная карта										

Продолжение Приложения Б

ГОСТ 31404 – 86 Форма 3

Дубл.																	
Взам.																	
Подп.																	
											Листов	15	Лист		13		
Разраб.	Баденкова Н.А.																
Провер.	Левашкин Д.Г.																
Н.контр.														Цех	Уч	РМ	ОбС
	Наименование операции		Материал			Твердость	ЕВ	МД	Профиль, разм. заготовка			МЗ	КОИД				
	075 Шлифовальная		Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-2016				166	0,66	φ27×355			0,957	1				
	Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы			Ta	Tb	Tпз	Tшт			Сож					
	ЗМ151Ф2 Круглошлифовальный станок с ЧПУ					3,143	0,355	13,000	4,075			-					
P	Содержание перехода		Ta	D или B	L	f	i	S	n	V							
0 01	1. Установить и снять заготовку			мм.	мм.	мм.		мм./зуб.	обор./мин.	м/мин							
T 02	392841 Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75; 392844 Центр 7032-0017 Марзе 2 ГОСТ 13214-79																
0 03	2. Шлифовать пов. ⑫ в размер l=25 ^{-0,033} мм, Ra = 6,3.																
T 04	3. Шлифовать пов. в размер φ: ①=15,16 ^{-0,027} мм, ⑭=18,00 ^{-0,027} мм, ②=18,00 ^{-0,027} мм Ra = 6,3.																
T 05	39 7712 Круг шлифовальный 1 125х25х32 25А 10-П С2 7 К1А 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424-83; Оправка d=32мм, d1=50мм.																
T 06	39 7291 Паста ГОСТ 27595-88																
07	39 3121 Скабды с отсчетным устройством ГОСТ 11098-75																
08				15,16 ^{-0,027}	14,2 ^{-0,16}	0,6	1	0,3	2941,03	14,0							
09				18,00 ^{-0,027}	25 ^{-0,033}	0,6	1	0,3	2477,00	14,0							
10				18,00 ^{-0,027}	167 ^{-0,16}	0,6	1	0,3	2477,00	14,0							
11																	
12																	
13																	
OK	Операционная карта																

Продолжение Приложения Б

ГОСТ 3.14.04 – 86 Форма 3

Дубл.																				
Взам.																				
Подп.																				
														Листов 15		Лист	14			
Разраб.	Баденкова Н.А.				ТГУ				ТМ											
Провер.	Левашкин Д.Г.																			
Н.контр.													Цех	Уч.	РМ	090				
Наименование операции		Материал			Твердость	EB	MD	Профиль, разм. заготовка			M3	КОИД								
080 Шлифовальная		Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-2016				166	0,66	φ27×355			0,957	1								
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы			Tα	Tβ	Tγ	Tшт			Сож									
3M151Ф2 Круглошлифовальный станок с ЧПУ					0,318	0,295	13,000	0,691			-									
Р	Содержание перехода				Tα	D или B	L	f	i	S	n	V								
O 01	1. Установить и снять заготовку					мм.	мм.	мм.		мм./зуд.	обор./мин.	м/мин								
T 02	392841 Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75; 392844 Центр 7032-0017 Марзе 2 ГОСТ 13214-79																			
O 03	2. На первом проходе шлифовать пов. ❶ в размер φ 15,06 ^{-0,027} мм Ra = 3,2; На втором проходе шлифовать пов. ❶ в размер φ 15,00 ^{-0,018} мм Ra = 1,6																			
T 04	39 7712 Круг шлифовальный 1 125x25x32 25А 10-П С2 7 К1А 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424-83; Оправка d=32мм, d1=50мм.																			
T 05	39 7291 Паста ГОСТ 27595-88																			
T 06	39 3121 Скоды с отсчетным устройством ГОСТ 11098-75																			
07					15,06 ^{-0,027}	14,2 ^{-0,16}	0,1	1	0,3	2960,56	140									
08					15,00 ^{-0,018}	14,2 ^{-0,16}	0,06	1	0,3	2972,40	140									
09																				
10																				
11																				
12																				
13																				
OK	Операционная карта																			

Продолжение Приложения Б

ГОСТ 3.1404 - 86 Форма 3

Дубль																					
Взам.																					
Подп.																					
															Листов 15			Лист		15	
Разраб.	Баденкова Н.А.				ТГУ				ТМ												
Провер.	Левашкин Д.Г.																				
Н.контр.															Цех	Уч	РМ	090			
Наименование операции		Материал			Твердость		ЕВ	МД	Профиль, разм, заготовка			МЗ	КОИД								
085 Шлифовальная		Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-2016					166	0,66	φ27×355			0,957	1								
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы			То	Тв	Тпз	Тшт	Сож												
ЗМ151Ф2 Круглошлифовальный станок с ЧПУ					0,236	0,270	13,000	0,568	-												
Р	Содержание перехода				То	Д или В	L	t	i	S	n	V									
О 01	1. Установить и снять заготовку				мм.	мм.	мм.	мм./зуд.	обор./мин.	м/мин											
Т 02	392841 Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75; 392844 Центр 7032-0017 Марзе 2 ГОСТ 13214-79																				
О 03	2. На первом проходе шлифовать пов. 13 в размер φ 27,16 мм Ra = 6,3; На втором проходе шлифовать пов. 13 в размер φ 27,06 мм Ra = 3,2																				
Т 04	На третьем проходе шлифовать пов. 13 в размер φ 27,00 мм Ra = 1,6																				
Т 05	39 7712 Круг шлифовальный 1 125x25x32 25А 10-П С2 7 К1А 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424-83; Оправка d=32мм, d1=50мм.																				
Т 06	39 7291 Паста ГОСТ 27595-88																				
07	39 3121 Скобы с отсчетным устройством ГОСТ 11098-75																				
08					27,16 ^{-0,052}	20,00 ^{-0,052}	0,6	1	0,3	164,160	140										
09					27,06 ^{-0,033}	20,00 ^{-0,033}	0,1	1	0,3	164,767	140										
10					27,00 ^{-0,021}	20,00 ^{-0,021}	0,06	1	0,3	165,133	140										
11																					
ОК	Операционная карта																				

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Спецификация к станочному приспособлению

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание	
<i>Документация</i>							
А1			1702.604.22.000 СБ	Патрон самоцентрирующий трехкулачковый			
<i>Детали</i>							
		1	1702.604.22.001	Корпус патрона	1		
		2	1702.604.22.002	Постоянный кулачок	3		
		3	1702.604.22.003	Сменный кулачок	3		
		6	1702.604.22.006	Крышка патрона	1		
		10	1702.604.22.010	Передняя часть шпинделя	1		
		11	1702.604.22.011	Втулка центральная	1		
		12	1702.604.22.012	Шток	1		
		13	1702.604.22.013	Корпус коробки скоростей	1		
		16	1702.604.22.016	Корпус привода	1		
		17	1702.604.22.017	Задняя часть шпинделя	1		
		18	1702.604.22.018	Гидроцилиндр	1		
		22	1702.604.22.022	Хвостовик	1		
		24	1702.604.22.024	Втулка	1		
		5	1702.604.22.005	Шпонка	1		
		32	1702.604.22.032	Поршень	1		
		2	1702.604.22.015	Кольцо	1		
1702.604.22.000							
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Бабенкова НА					
Пров.		Левашкин Д.Г.					
Н.контр.							
Утв.							
Инв. № подл.	Патрон самоцентрирующий трехкулачковый				Лит.	Лист	Листов
					1	1	2
					ФГБОУ ВО "ТГУ" ТМдп-1702а		

Копировал

Формат А4

