

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 кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных

производств

(направленность (профиль)/ специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технологический процесс изготовления шпинделя инструментальной
головки

Студент(ка)	<u>Д.Ю. Сериков</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>Д.А. Расторгуев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>Н.В. Зубкова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 2019 г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

В работе рассматривается проектирование технологии по изготовлению ответственной детали инструментальной головки – шпинделя. Проектируются операции с определением режимов резания, операционных размеров и припусков, нормированием. Приведены конструкторские разработки по оснастке, включая совершенствование переходов по глубокому сверлению и обработке главного базового отверстия.

Экологические мероприятия и меры по охране труда предназначены для обеспечения соответствующих норм и стандартов. Расчеты экономической эффективности изменений в оснастке и режимах подтверждают правильность выбранных решений.

Записка выпускной работы состоит из 60 страниц.

Графическая часть 6 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 Анализ исходных данных	5
1.1 Анализ назначения и условий работы.....	5
1.2 Анализ требований чертежа.....	8
1.3 Определение типа производства.....	9
2 Разработка технологической части работы.....	10
2.1 Выбор и проектирование заготовки	10
2.3 Выбор маршрутов обработки поверхностей	12
2.4 Расчет припусков аналитическим способом	14
2.5 Маршрут изготовления.....	15
2.6 Выбор средств технологического оснащения	16
2.7 Разработка технологических операций.....	20
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	27
3.1 Описание вибрационной головки.....	27
3.2 Расчет вибрационной головки	29
3.3 Проектирование режущего инструмента.....	34
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	35
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.....	35
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	35
4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков	36
4.4. Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта	37
4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.....	38
4.6 Выводы по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта».....	39
5 Экономическая эффективность работы.....	41
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	45
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	46
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	49
ПРИЛОЖЕНИЯ А.....	50
ПРИЛОЖЕНИЯ Б	60
ПРИЛОЖЕНИЯ В.....	63

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития основными задачами, рассматриваемыми технологией машиностроения, являются такие, как: создание принципиально новых технологий, позволяющих многократно повысить производительность; переход от разработки отдельных машин и технологий к разработке и применению технологических комплексов; применение системы автоматического проектирования технологических процессов.

Решение этих задач связано с использованием прогрессивного оборудования, инструментальных головок. Самой ответственной деталью таких технологических средств является шпиндель. Получение такой детали с высокими техническими требованиями требует использования в техпроцессе современных методов обработки.

В работе предлагаются решения по повышению эффективности изготовления шпинделя.

1 Анализ исходных данных

1.1 Анализ назначения и условий работы

Шпиндель изготовлен из стали 40Х2Н2МА. Вращающийся шпиндель инструментальной головки служит для закрепления инструмента (оправки под фрезерные и расточные работы). Работа проходит при достаточно большой частоте вращения (до 3000 об/мин). Испытывает разнообразные высокие нагрузки, статические и циклические. Рабочая часть под установку инструментов и вспомогательного инструмента испытывает постоянное трение.

Химический состав 40Х2Н2МА приведен в таблице 1.1, механические свойства в таблице 1.2 [1]. Для анализа требований в таблице 1.3 систематизированы данные по всем поверхностям по точности и качеству с учетом их вида и назначения.

Для дальнейшего анализа технических требования, заданных по чертежу и обоснованного назначения переходов по обработке все сведения систематизируем по номерам поверхностям, указанным на рисунке 1.1.

Таблица 1.1 - Химический состав

В процентах

С	Si	Mo	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni
					не более			
0,35-0,42	0,17-0,37	0.2-0.3	0,3-0,6	0,80-1,10	0,025	0,025	0,3	1,35-1,75

Таблица 1.2 - Механические свойства

Твердость, НВ	Предел прочности σ_a , МПа	Предел текучести σ_o , МПа	Относительное удлинение ψ , %
230-270	735	590	35

Таблица 1.3 – Требования по элементам шпинделя

В миллиметрах

Габарит	Вид и номер по рисунку 1.1	Назначение	Точность, квалитет	Дополнительное требование	Параметр Ra, мкм
1	2	3	4	5	6
410	Плоская 1	Свободная	12	-	6,3
37	Плоская 2	Свободная	12	-	6,3
52	Плоская 3	Окб	h6	-	1,25
60	Плоская 4	Свободная	12	-	6,3
114	Плоская 5	То же	12	-	6,3
165	Фасонная 6	»	12	-	6,3
129	Плоская 7	»	12	-	6,3
88	Плоская 8	Основная база	12	-	2,5
68	Плоская 9	Вспомогательная база	12	-	6,3
58	Плоская 10	Вспомогательная база	12	-	6,3
410	Плоская 11	С	12	-	6,3
16	Шейка 12	Вспомогательная база	8	Отклонение от соосности 0,02	1,25
16	Шейка 13	То же	8		1,25
16	Шейка 14	»	8		1,25
20	Шейка 15	Основная база	6	Радиальное биение 0,015 Отклонение от цилиндричности 0,008	0,63
30	Шейка 16	Свободная	12	-	6,3
42	Шейка 17	Свободная	12	-	6,3
M50	Резьба 18	Вспомогательная база	4g (класс точности)	-	3,2
50	Шейка 19	Свободная	12	-	6,3

Продолжение таблицы 1.3

В миллиметрах

1	2	3	4	5	6
56	Шейка 20	Основная база	6	Радиальное биение 0,015 Отклонение от цилиндричности 0,008	0,63
68	Шейка 21	Свободная	12	-	6,3
56	Отверстие 22	Вспомогательная база	8	Отклонение от соосности 0,02	2,5
	Фасонная коническая 23	Вспомогательная база, исполнительная	6	Радиальное биение 0,008	0,63
28	Отверстие 24	Свободная	10	-	3,2
18/M20	Отверстие резьбовое 25	Вспомогательная база	4g (класс точности)	-	6,3
122	Плоская 26	Свободная	12	-	3,2
60	Фасонная канавка 27	То же	12	-	6,3
1,6	Фасонная 28	»	12	-	6,3
3	Отверстие 29	Исполнительная	11	-	2,5
2	Канавка 30	Свободная	12	-	6,3
3	Канавка 31	Вспомогательная база	12	-	6,3
5	Фасонная плоская 32	Вспомогательная база, исполнительная	9	Отклонение от параллельности 0,02 Отклонение от симметричности 0,01	2,5

Продолжение таблицы 1.3

В миллиметрах

1	2	3	4	5	6
14	Фасонная паз 33	Вспомогательная база, исполнительная	14	-	3,2

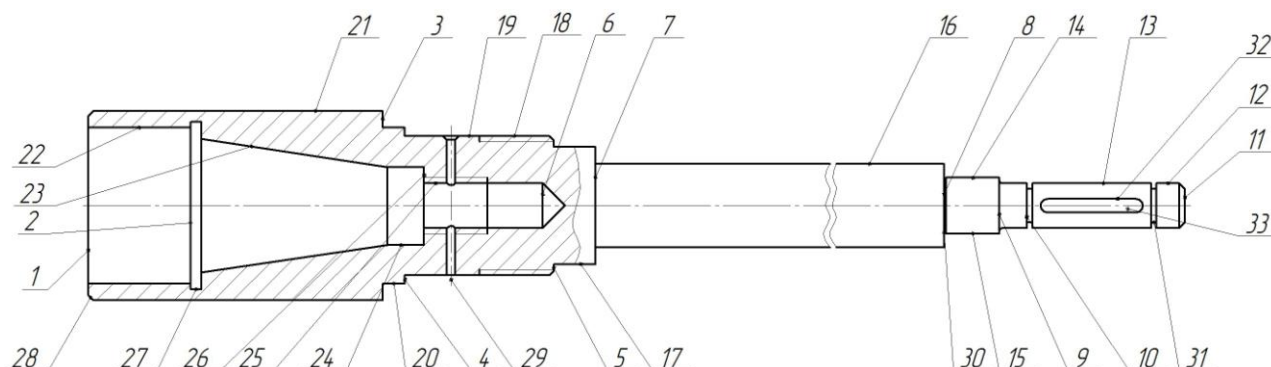


Рисунок 1.1 – Эскиз шпинделя с номерами

1.2 Анализ требований чертежа

Анализ технологичности по данному шпинделю показывает следующие проблемные моменты.

Материал имеет высокие требования по точности (много по 6 качеству), причем как наружные, так и внутренние. Но материал 40X2H2MA имеет высокие физико-механические свойства, что при средней жесткости самой детали, приведет к повышенным деформациям под действием сил резания. Коническая поверхность требует специализированных отделочных методов обработки на уровне шлифования. Хвостовая часть шпинделя не жесткая, что требует особого подхода к его установке в виде использования системы самоцентрирующих люнетов. Вопросы вызывает также обработка радиальных отверстий малого диаметра. Требуется обеспечить предварительную засверловку с контролем

целостности цилиндрических мелкогамерных сверл. По совокупности отмеченных признаков шпиндель относится к нетехнологичным деталям.

1.3 Определение типа производства

Так как объем выпуска по заданию составляет 5000 деталей в год и масса шпинделя 16 кг выбираем крупносерийное производство.

Характеристики крупносерийного производства [2]: поточная форма организации ТП; непрерывный выпуск в течение длительного времени; разработка специальных ТП; методы получения заготовок - спецпрокат, холодная или горячая штамповка; метод расчета припусков с использованием размерного анализа; станки - специализированные и специальные; непрерывная загрузка станков одними и теми же деталями; расстановка оборудования по ходу техпроцесса; настройка оборудования по эталону; оснастка специальная; подробность разработки ТП операционные карты с детализацией по переходам; расчет режимов резания аналитический на базе математической модели; нормирование детальное по методу хронометража; квалификация рабочих низкая; квалификация наладчиков высокая.

2 Разработка технологической части работы

2.1 Выбор и проектирование заготовки

Выбор метода получения заготовки проводим исходя из технологической себестоимости изготовления детали путем сравнения заготовки из проката и заготовки из штамповки [3].

Формула для упрощенного расчета технологической себестоимости.

$$C_T = \frac{q}{K_{ИМ}} \cdot (C_{ЗАГ} + C_{МЕХ} - C_{ОТХ}) \cdot K_{ИМ}, \quad (2.1)$$

где C_T - общая себестоимость изготовления шпинделя, руб.;

$C_{ЗАГ}$ - цена кг штамповки/проката, руб./кг;

$C_{МЕХ}$ - затраты на механическую обработку, руб./кг;

$C_{ОТХ}$ - доход от лома, руб./кг.

$K_{ИМ}$ - данный коэффициент для штамповки примем по [3] 0,56. Для штамповки он равен 0,85.

$$C_{МЕХ} = C_C + E_H \cdot C_K, \quad (2.2)$$

где C_C - текущие затраты, руб./кг. стружки;

C_K - капитальные затраты, руб./кг. стружки;

E_H - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ($E_H=0,15$).

$$C_{МЕХ} = 1,88 + 0,1 \cdot 5,66 = 2,446 \text{ руб.}$$

$$Q = \frac{q}{K_{ИМ}}, \quad (2.3)$$

где q и Q - соответственно масса детали и заготовки, кг.

Технологическая себестоимость на изготовление детали из штамповки.

$$C_{3AG} = C_{шт} \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{II}, \quad (2.4)$$

где $h_T, h_C, h_B, h_M, h_{II}$ коэффициенты (класс точности, группа сложности, масса, марка материала, объема).

$$C_{3AG} = 43,16 \cdot 0,90 \cdot 1,18 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 29,34 \text{ руб.}$$

$$Q = \frac{15,7}{0,85} = 18,5 \text{ кг.}$$

$$C_T = 18,5(29,34 + (2,446 - 1,4)(1 - 0,85)) = 545 \text{ руб.}$$

Себестоимость проката:

$$C_{3AG} = C_{ПР} \cdot h_{\phi}, \quad (2.5)$$

где $C_{ПР}$ - цена материала, руб.;

h_{ϕ} - коэффициент формы.

$$C_{3AG} = 18,45 \cdot 1,06 = 19,5 \text{ руб.}$$

$$Q = \frac{15,7}{0,56} = 27,88 \text{ кг.}$$

$$C_T = 27,9(19,56 + (2,446 - 1,4)(1 - 0,56)) = 561,3 \text{ руб.}$$

Выбираем изготовление детали из штамповки. Все припуски, пересчитанные размеры и допуски показаны в таблице 2.1 и на чертеже штамповки.

Поскольку заготовка имеет значительную длину при относительно небольшом среднем диаметре перед обработкой она проходит правку.

Таблица 2.1 – Параметры штамповки

В миллиметрах

Размер детали	Припуск на сторону	Размер заготовки	Отклонение верхнее	Отклонение нижнее
Диаметр 68	2	Диаметр 72	+1,2	-0,6
Диаметр 50	1,8	Диаметр 53,6	+1,2	-0,6
Диаметр 30	1,8	Диаметр 33,6	+1,2	-0,6
410	2/2	414	+1,6	-0,8
60	2/2	64	+1,4	-0,7
129	2/2	133	+1,5	-0,7

2.3 Выбор маршрутов обработки поверхностей

Маршрут обработки включает в себя переходы по всем поверхностям с учетом требований (таблица 2.2).

Таблица 2.2 - Выбор маршрутов обработки поверхностей

Вид и номер по рисунку 1.1	Точность, квалитет	Параметр Ra, мкм	Технология
1	2	3	4
Плоская 1, 11	12	6,3	Фрезерование торцовое - закалка
Плоская 2	12	6,3	Сверление-расточивание-расточивание чистовое - закалка
Плоская 3	12	1,25	Точение – точение чистовое –закалка – шлифование плоское
Плоская 4, 5, 7, 9 – 11,	12	6,3	Точение – точение чистовое –закалка
Фасонная 6	12	6,3	Сверление- закалка
Плоская 8	12	2,5	Точение – точение чистовое –закалка – шлифование плоское
Шейка 12, 13	8	1,25	Точение – точение чистовое –закалка – шлифование круглое

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4
Шейка 14, 15, 20	6	0,63	Точение – точение чистовое –закалка – шлифование круглое – шлифование круглое чистовое
Шейка 16, 17, 19, 21	12	6,3	Точение – точение чистовое –закалка
Резьба 18	4g (класс точности)	3,2	Точение – точение чистовое –резьбовое точение - закалка
Резьба 18	4g (класс точности)	3,2	Точение – точение чистовое –резьбовое точение - закалка
Отверстие 22	8	2,5	Сверление-расточивание-расточивание чистовое - закалка
Фасонная коническая 23	6	0,63	Сверление-расточивание-расточивание чистовое – закалка – шлифование внутреннее
Отверстие 24	10	3,2	Сверление-расточивание-расточивание чистовое - закалка
Отверстие резьбовое 25	4g (класс точности)	6,3	Сверление- рассверливание –нарезание резьбы – закалка
Плоская 26	12	3,2	Сверление-расточивание-расточивание чистовое - закалка
Фасонная канавка 27	12	6,3	Расточивание чистовое - закалка
Фасонная 28, канавка 30, 31	12	6,3	Точение чистовое – закалка
Отверстие 29	11	2,5	Сверление – закалка
Фасонная плоская 32	9	2,5	Фрезерование концевой фрезой – закалка

Обработка по выбранным переходам проводится на высокопроизводительных автоматизированных станках в соответствии с типовым процессом.

2.4 Расчет припусков аналитическим способом

В таблице 2.3 даются результаты расчета припусков для наружной поверхности диаметром 56 мм по 6 качеству точности. Пространственные отклонения находятся как [4]:

$$\rho_z = \sqrt{\rho_k^2 + \rho_u^2} \text{ мкм}, \quad (2.10)$$

$$\rho_k = \Delta_k \cdot l \approx 0,41 \text{ мм}. \quad (2.11)$$

Таблица 2.3 – Припуски

В микрометрах

Переход	Элемент припуска			Расчетный припуск $2z_{\min}$	Расчетный размер d_p , мм	Допуск	Предельный размер, мм		Предельное значение припуска	
	Rz	T	ρ				d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}^{np}$	$2z_{\max}^{np}$
Заготовка	150	250	1730	-	62,9	1800	61,1	62,9	-	-
Предварительное обтачивание	50	50	92	2·2130	57,2	400	56,8	57,2	4260	5660
Окончательное обтачивание	30	30	61	2·204	56,51	120	56,3 9	56,5 1	408	688
Предварительное шлифование	10	20	30	2·134	56,15	30	56,1 2	56,1 5	268	258
Окончательное шлифование	5	15	17	2·70	56,00	20	55,9 81	56,0 0	140	151

$$\rho_u = \sqrt{\left(\frac{\delta_z}{2}\right)^2 + 0,25^2} = 1,25 \text{ мм}, \quad (2.12)$$

$$\rho = \sqrt{0,41^2 + 1,25^2} = 1,30 \text{ мм}. \quad (2.13)$$

Минимальный расчетный припуск:

$$2z_{\min} = 2(Rz + T + \rho), \quad (2.13)$$

Для 1-го перехода:

$$2z_{\min} = 2(150 + 250 + 1730) = 2 \cdot 2130 \text{ мкм}.$$

Для 2-го перехода:

$$2z_{\min} = 2(50 + 50 + 92) = 2 \cdot 192 \text{ мкм}.$$

Для 3-го перехода:

$$2z_{\min} = 2(30 + 30 + 61) = 2 \cdot 121 \text{ мкм}.$$

Для 4-го перехода:

$$2z_{\min} = 2(10 + 20 + 30) = 2 \cdot 60 \text{ мкм}.$$

Последний размер скорректируем с учетом напуска по диаметру 72 мм.

Минимальные и максимальные диаметры рассчитаем по формуле:

$$d_{\min i} = d_{\max i} - \delta_i, \quad (2.14)$$

Предельные значения припусков:

$$z_{\min}^{np} = d_{\max i} - d_{\max i-1}, \quad (2.15)$$

$$z_{\max}^{np} = d_{\min i} - d_{\min i-1}, \quad (2.16)$$

2.5 Маршрут изготовления

Особенностью проектируемого процесса является предельное использование принципа концентрации. Это достигается за счет использования современного автоматизированного оборудования. Для максимального использования различных переходов используется станок С-200ТСМ с противощпинделем и возможностью использования гидравлического люнета (рисунок 2.1) [5].

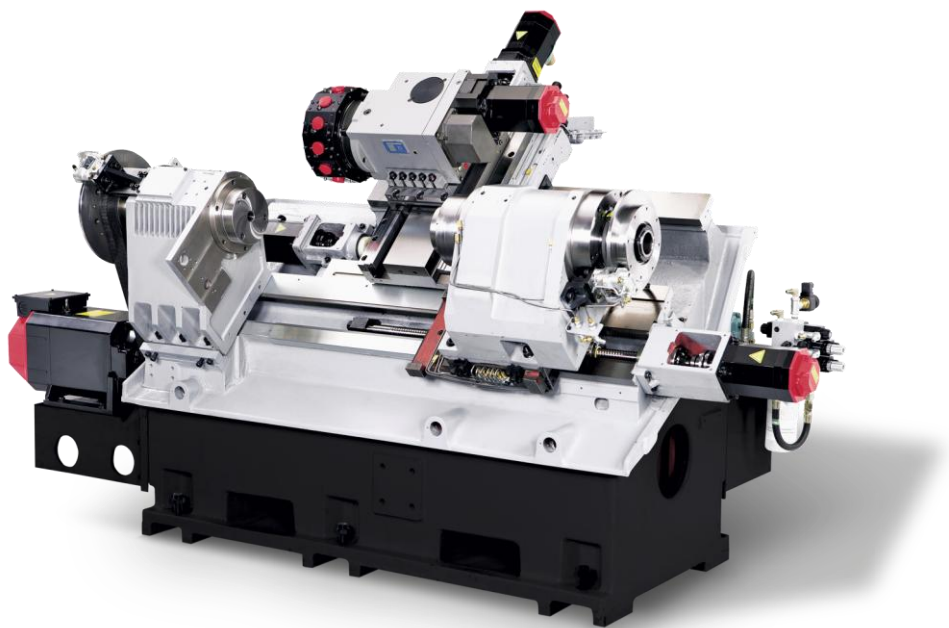


Рисунок 2.1 – Станок С-200ТСМ

Данный станок позволяет в технологическом процессе отказаться от фрезерно-центровальной операции, совместить обработку наружного и внутреннего контура заготовки на одной операции. Противопиндель обеспечивает возможность перехвата заготовки без ее поворота. С учетом этого в таблице 2.4 представлены операции спроектированной технологии.

2.6 Выбор средств технологического оснащения

Все необходимое оборудование и оснащения для реализации техпроцесса приведено в таблице 2.5 [6-8].

Таблица 2.4 - Технологический маршрут изготовления шпинделя

Операция	Станок	Содержание операции	Квали тет	Ra,м км
1	2	3	4	5
000 Заготовительная	Пресс	Штамповка	16	20

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5
005Токарная: Установ А	Токарный с ЧПУ С- 200ТСМ	Подрезать начерно 1. Точить начерно поверхности: 2. Сверлить 6. Расточить начерно 26,23,2,22	12	6,3
Установ Б		Подрезать начерно 11. Точить начерно поверхности: 2,13,9,14,16,22,17,19,4,2,3	12	6,3
Установ В		Подрезать начисто 1. Точить начисто поверхности: 23. Расточить начисто 23,2,22. Нарезать резьбу 25	9	3,2
Установ Г		Подрезать начисто 11. Точить начисто поверхности: 2,13,9,14,16,22,17,19,4,2,3 Нарезать резьбу 18. Центровать отверстие 19 Сверлить отверстие 29 Фрезеровать паз 32,33	9 6 10 9	3,2 3,2 3,2 3,2/ 6,3
010 Термообработка	Закалка			
015 Шлифовальная	Круглошл ифовальн ый 3М163Ф2	Шлифовать поверхности 3, 4, 8, 13, 14, 19, 20	8	1,25
020 Шлифовальная чистовая	Круглошл ифовальн ый 3М163Ф2	Шлифовать начисто поверхности 3,20 и 8,13,14	6	0,63
025 Внутришлифова льная	Внутришл ифовальн ый станок IGM2MB	Шлифовать поверхности 23,22	6	0,63
030 Моечная	Мойка			

035 Контроль	Стенд			
--------------	-------	--	--	--

Таблица 2.5 - Выбор средств технологического оснащения

Оп ера ция	Оборудование	Приспособление	Режущий инструмент	Средство контроля
1	2	3	4	5
000	Пресс	Штамповочная оснастка	-	-
005	Токарно- фрезерный с противошпиндел ем С200-ТСМ	Трехкулачковый самоцентрирую щий патрон клиновой ГОСТ 24351-80 Резцедержатель восьмипозицион ный	Сверло Р6М5 спиральное с коническим хв. D=18 ГОСТ 10903-77 Резец расточной 20х20х170 для гл. отверстий Т5К10 ГОСТ 18883-73	Глубиномер Нутромер микрометриче ский (50 - 6000 мм) ГОСТ 10-88 Шц-I (0-320) ГОСТ 166-63
То же	То же	-	Резец упорный Т5К10 25х25 ГОСТ 18879-73 Резец расточной канавочный Т15К6 Резец канавочный Т15К6	-

			Резец расточной 20x20x170 для	
--	--	--	----------------------------------	--

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5
			отверстий Т5К10 ГОСТ 18883-73 Сверло Ø3 ВК6 ГОСТ 17275-71 Сверло центровочное Р6М5 Фреза концевая Ø10 z=2 ГОСТ 20533-75	
010	Термообработка	Печь индуктивная	-	Твёрдомер
015	Круглошлифовальный 3М163Ф2	Патрон поводковый ГОСТ 14903-69,	Круг шлифовальный 1 250x40x120 24А	Микрометр (0-300мм) ГОСТ6507-60,
		жесткий центр ГОСТ 8742-62	F46 L 7 V 35 м/с 2 ГОСТ 2424-2003	синусная линейкаГОСТ 4046-61
020	Круглошлифовальный 3М163Ф2	Патрон поводковый ГОСТ 14903-69, жесткий центр	Круг шлифовальный 1 300x30x160 24А F90 N 6 V 35 м/с	Микрометр (0-300мм) ГОСТ6507-60

		ГОСТ 8742-62	2 ГОСТ 2424-2003	
025	Внутришлифовальный станок	Патрон мембранный с	Круг шлифовальный 1	Нутромер

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5
	IGM-2MB	упором в торец ГОСТ 8742-75	30x50x15 24A F60 N 7 V 35 м/с 2 ГОСТ 2424-2003	микрометрический (50 - 6000 мм) ГОСТ 10-88
030	Моечная машина	-	-	-
035	Контрольный стенд	-	-	-

2.7 Разработка технологических операций

Проектирование операций включает в себя расчет операционных размеров и режимов резания. Много инструментальная последовательная обработка ведется на токарном центре С-200ТСМ.

Точение наружного диаметра. Длина хода L_{px1} на первом переходе:

$$L_{px1} = 52 + 2 = 54 \text{ мм} . \quad (2.16)$$

Табличная подача на оборот $S_0 = 0,7 \text{ мм/об}$ [9]. Подача, допускаемая механизмом подач станка: $S_{0дон} = 0,01 - 0,7 \text{ мм/об}$. Подача, принятая по паспорту станка, $S_{0пр} = 0,7 \text{ мм/об}$

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x S^y} \cdot k_v, \quad (2.17)$$

где C_v , x , y и k_v , выбираем по [9];

$$k_v = k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{iv}, \quad (2.18)$$

где $k_{mv} = 0,85 \cdot \left(\frac{750}{735}\right)^{0,9} = 0,87$ – коэффициент, учитывающий влияние физико-математических свойств обрабатываемого материала на скорость резания;

$k_{nv} = 0,8$ – коэффициент, учитывающий поверхность;

$k_{iv} = 1,4$ – коэффициент, учитывающий материал инструмента [9].

$$k_v = 0,87 \cdot 1,4 \cdot 0,8 = 0,97;$$

Параметры уравнения $C_v=280$; $x=0,15$; $y=0,45$; $m=0,2$ [10] и тогда скорость резания:

$$V = \frac{280}{60^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,7^{0,35}} \cdot 0,97 = 116 \text{ м/мин},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 116}{\pi \cdot 68,56} = 541 \text{ об/мин}$$

$$n_{np} = 541 \text{ об/мин}.$$

$$P_z = 10 C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.19)$$

где $C_p=300$; $x=1,0$; $y=0,75$; $n= -0,15$;

K_p – коэффициенты выбираем по [10]

$$K_p = K_{M_p} \cdot K_{\varphi_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{\lambda_p} \cdot K_{r_p}, \quad (2.20)$$

где $K_{M_p} \cdot K_{\varphi_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{\lambda_p} \cdot K_{r_p}$ - произведение коэффициентов, учитывающих фактические условия резания [10],

$$K_p = 1,18 \cdot 1,08 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,3;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3^1 \cdot 0,7^{0,75} \cdot 116^{-0,15} \cdot 1,3 = 4389 \text{ Н.}$$

$$N = \frac{P \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (2.21)$$

$$N = \frac{4389 \cdot 116}{1020 \cdot 60} = 8,31 \text{ кВт}, N_{cm} = 30 \text{ кВт}.$$

$$T_0 = \frac{L_{px1}}{n \cdot S_0} = \frac{106 + 5 + 3 + 3}{541 \cdot 0,7} = 0,31 \text{ мин.}$$

Для станова Б с учетом зигзагообразной траектории движения резца для снятия напуска основное время:

$$T_0 = \frac{L_{px2}}{n \cdot S_0} = \frac{304 + 88 + 70 + 25}{541 \cdot 0,7} = 1,3 \text{ мин.}$$

Для черновых переходов по растачиванию подачу примем равной 0,4 мм/об. Обороты оставляем 540 об/мин. Поскольку диаметр меньше, чем при обтачивании максимального диаметра фактическая скорость будет меньше. Проверку по силе, мощности не проводим, так как при меньшей подаче с той же глубиной резания 3 мм они будут меньше.

Для чистовых переходов и растачивания канавок выбираем: глубина резания – 0,12 мм; подача $S_o = 0,12 \text{ мм/об}$. Поправочный коэффициент:

$$k_v = 0,87 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,87.$$

где $C_v=350$; $x=0.15$; $y=0.2$; $m=0.2$ [5]:

$$V = \frac{350}{90^{0,2} \cdot 0,12^{0,15} \cdot 0,12^{0,2}} \cdot 0,87 = 260 \text{ м/мин},$$
$$n = \frac{1000 \cdot 260}{\pi \cdot 68} = 1217 \text{ об/мин}.$$

Для нарезания резьбы резцом выбираем: глубина резания – по 0,1 мм за 7 переходов; подача $S_o = 1 \text{ мм/об}$. Поправочный коэффициент:

$$k_v = 0,87 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,87,$$

и для $C_v=244$; $x=0,23$; $y=0,3$; $m=0,2$ [1]:

$$V = \frac{244}{60^{0,2} \cdot 0,1^{0,23} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 0,87 = 159 \text{ м/мин},$$
$$n = \frac{1000 \cdot 159}{\pi \cdot 50} = 1013 \text{ об/мин}.$$

Для канавок глубина резания – 1,5 мм; подача $S_o = 0,2 \text{ мм/об}$.
Поправочный коэффициент:

$$k_v = 0,87 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,87.$$
$$V = \frac{47}{60^{0,2} \cdot 0,2^{0,8}} \cdot 0,97 = 65 \text{ м/мин},$$
$$n = \frac{1000 \cdot 65}{\pi \cdot 14} = 1486 \text{ об/мин}.$$

Сверление с длиной рабочего хода: $L_{px} = 165 + 3 = 168 \text{ мм}$; $S_o = 0,23 \text{ мм/об}$.

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot k_v, \quad (2.18)$$

где D – диаметр сверла 18 мм;

C_v , x , y и k_v , выбираем по [5]:

$$k_v = k_{mv} \cdot k_{lv} \cdot k_{uv}, \quad (2.19)$$

где

$$k_{mv} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{735} \right)^{0,9} = 1,01;$$

где $k_{lv} = 0,6$ – коэффициент, учитывающий глубину сверления: $k_{uv} = 1,0$:

$k_v = 1,01 \cdot 0,6 \cdot 1,0 = 0,61$. Коэффициент и показатели $C_v=9.8$, $q=0.4$, $y=0.5$, $m=0.2$

[3]:

$$V = \frac{9,8 \cdot 18^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,23^{0,5}} \cdot 0,61 = 18,5 \text{ м / мин},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 18,5}{\pi \cdot 18} = 327 \text{ об / мин}.$$

$$M = 10 C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p, \quad (2.20)$$

где $C_p=300$, $x=1.0$, $y=0.75$, $n= -0.15$;

K_p – коэффициенты выбираем по [5]:

$$K_p = K_{Mp},$$

$$k_p = \left(\frac{735}{750} \right)^{0,75} = 0,98.$$

$$M = 10 \cdot 0,0345 \cdot 18^2 \cdot 0,23^{0,8} \cdot 0,981 = 33,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$N = \frac{M \cdot n}{9750}.$$

$$N = \frac{33,8 \cdot 327}{9750} = 1,1 \text{ кВт}.$$

$$T_0 = \frac{L_{p.x.}}{n \cdot S_0} = \frac{168}{327 \cdot 0,23} = 2,2 \text{ мин.}$$

При проведении этого перехода необходимо учитывать, что при сверлении отверстия три раза необходимо вывести сверло из-за опасности пакетирования стружки. Поэтому после заглабления на три диаметра (54 мм) его выводят.

Расчет нормы времени на токарную операцию 005:

Основное время складывается из суммы времени обработки на станках А-Г. Для этого суммарную длину рабочих ходов делим на минутную подачу по переходам для черновой обработки:

$$T_0 = \sum \frac{\sum L_{p.x.} \cdot i}{n \cdot S_0} = \frac{168 \cdot 2}{216} + \frac{39 \cdot 2}{216} + \frac{70 \cdot 2}{216} + \frac{(68 + 2 + 20 + 5 + 138 + 6 + 16 + 53 + 3 + 9 + 6)}{379} = 3,49 \text{ мин}$$

чистовая обработка:

$$T_0 = \frac{70}{117} + \frac{39}{117} + \frac{326 + 115}{146} = 4 \text{ мин.}$$

Вся операция по основному времени:

$$T_0 = 3,49 + 4 + 2,2 + 0,11 + 0,18 + 0,54 = 10,52 \text{ мин.}$$

$$T_{nz} = 14 + 2 = 16 \text{ мин.};$$

$$T_{yc} = 0,07 \text{ мин.};$$

$$T_{yn} = 0,01 \cdot 2 + 0,01 \cdot 7 + 0,04 = 0,13 \text{ мин.};$$

$$T_{из} = \frac{0,16 \cdot 10}{100} = 0,016 \text{ мин};$$

$$T_{г} = (0,07 + 0,13 + 0,02) \cdot 1,85 = 0,41 \text{ мин};$$

$$T_{он} = 10,52 + 0,41 = 10,93 \text{ мин};$$

$$T_{об.ом} = 2 \cdot \frac{10,93 \cdot 6}{100} = 1,7 \text{ мин};$$

$$T_{и-к} = \frac{16}{100} + 10,93 + 1,7 = 12,8 \text{ мин}.$$

Наладка этой операции частично показана на листе графической части. На ней отражено выполнение черновой стадии, где проведена замена перехода по сверлению спиральным сверлом однокромочным сверлом.

Также на листе наладок показана операция по внутреннему шлифованию, режимы обработки на которую назначались по [11]. Оснащение операции выполнялось с учетом рекомендаций приведенных в пособиях [12, 13].

Для шлифования используется станок с возможностью поворота шлифовальной головки под заданным углом для обработки конической поверхности.

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Описание вибрационной головки

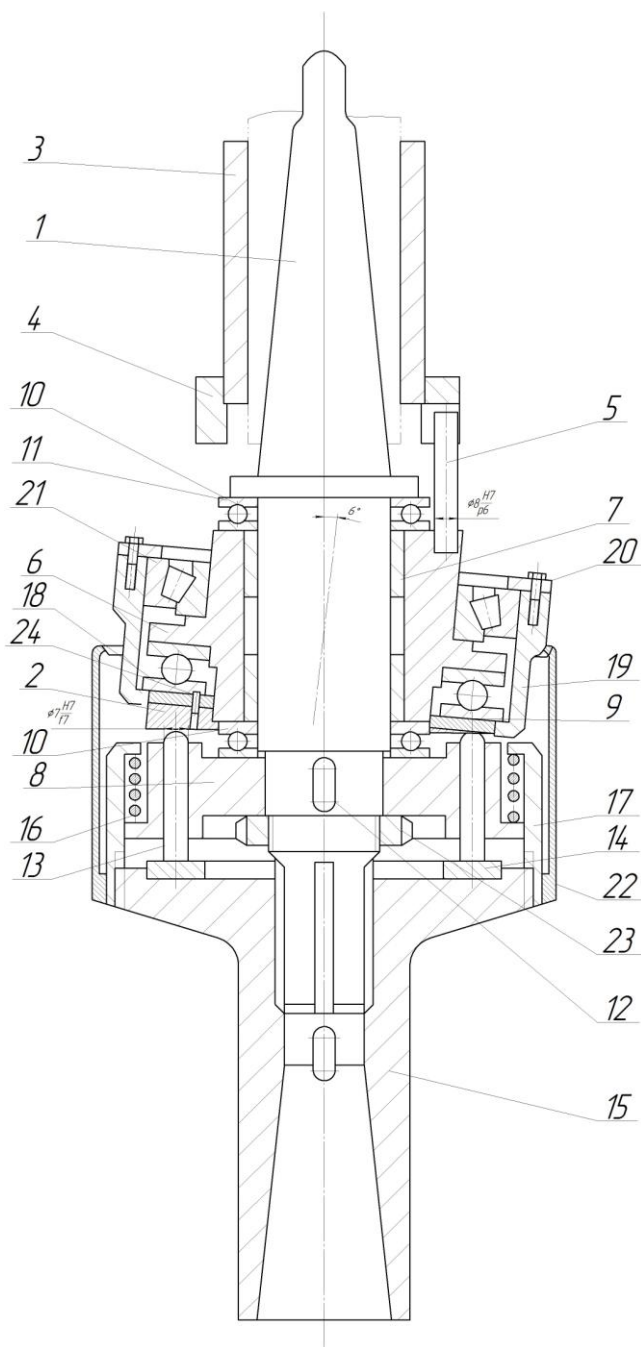
Для ускорения сверления отверстия на установке А операции 005, выполняемой на токарном центре используем интенсификацию процесса сверления за счет совмещения метода глубокого сверления однокромочным сверлом и вибрационного сверления, что позволяет облегчит отвод стружки.

Станок для этого оснащается специальной муфтой, которая крепится в приводной гнездо резцедержателя для придания вращения инструменту. Для подачи СОЖ под давлением 1 МПа через канал сверла используется муфта, которая имеет систему подачу рабочей среды через кольцо, установленное на подшипники.

На рисунке 3.1 изображена конструкция вибросверлильного устройства [14]. Оно состоит из шлицевой оправки 1, закрепленной, например, в шпинделе (не обозначен) станка. К пиноли или резцедержателю станка крепится втулка 3 и кольцо 4, удерживающее через упор 5 от поворота втулку 6, ось вращения которой расположена под некоторым углом к оси симметрии приспособления.

Втулка 6 через бронзовые втулки 7 посажена на шлицевую оправку 1. Кольцо 8 гайкой 23 зажимается на шлицевой оправке 1 через упорный подшипник 10, втулку 6 и упорный 5 подшипник. Вращение кольцу 8 от шлицевой оправки передается через шпонку 12. В кольце 8 по окружности выполнены отверстия, в которых располагаются штыри 13. Штыри 13 могут иметь различную длину для получения различных амплитуд колебания либо быть одинаковой длины для получения постоянной амплитуды колебаний. Штыри 13 опираются на кольцо 14, расположенное в переходной шлицевой втулке 15, которая удерживается от выпадения пружиной 16, опирающейся на концевую шайбу 17. Для предохранения от истирания штыри 13 опираются на упорный подшипник 18, который удерживается корпусом 19 и

крышкой 20 выжимается на радиально-упорный подшипник 21. На переходной втулке 15 крепится кожух 22, закрывающий все устройство.



1 - шлицевая оправка; 3 – втулка; 4 - кольцо 4; 5 – упор; 6 - втулка 6; , 7 – втулка; 8 – кольцо; 10 - упорный подшипник; 12 – шпонка; 13 – штырь; 14 – кольцо; 15 - шлицевая втулка; 16 – пружина; 17 - концевая шайба; 18 - упорный подшипник; 19 – корпус; 20 – крышка; 21 - радиально-упорный подшипник; 22 – кожух

Рисунок 3.1 – Вибросверильное устройство

Устройство работает следующим образом. При включении станка шпиндель с закрепленной в нем шлицевой оправкой 1 начинает вращаться. Вместе со шлицевой оправкой вращается переходная втулка 15 со вставленным в нее сверлом и кольцо 8 с штырями 13.

При дальнейшем вращении цикл повторяется.

Втулка 6 удерживается упором 5 от проворотов. При вращении штыри 13 поочередно входят в контакт с упорным подшипником 18, расположенным под некоторым углом. Штыри 13, опускаясь, нажимают на кольцо 14 и сообщают ему и шлицевой втулке 15 со вставленным в нее сверлом осевое перемещение вниз. При переходе через крайнюю нижнюю точку наклонно расположенного упорного подшипника 18 под действием осевых сил резания и пружины 16 система сверло - шлицевая втулка 15, кольцо 14 и штыри 13 возвращается в верхнее положение до упора следующего штыря 13 в торец наклонно расположенного упорного подшипника 18.

Отличием спроектированного устройства от прототипа является использование дисков 2 и 9, которые штифтом 23 фиксируются на торцевой поверхности радиально-упорного подшипника 18. Они имеют ряд отверстий по периметру, при их относительном повороте происходит изменение толщины дисков 2 и 9. Это обеспечивает точную регулировку амплитуды колебаний.

3.2 Расчет вибрационной головки

Для расчета принимается максимальная сила резания при сверлении (см. раздел 2.7): тангенциальная – $F_z=2200$ Н, осевая –

$$P_{oc} = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.1)$$

где значения всех коэффициентов определяем по табл. 32 [5]: $C_p = 42$, $q = 1,2$; $y = 0,75$; $K_p = 0,48$.

$$P_{oc} = 10 \cdot 42 \cdot 20^{1,2} \cdot 0,05^{0,75} \cdot 0,48 = 776 \text{ Н.}$$

Подшипники в вибрационной головке двух типов [15]:

Осевой упорный серия 8208: радиальная грузоподъемность $C = 39,7$ кН; осевая грузоподъемность $C_o = 78,5$ кН.

Осевой упорный серия 8213: радиальная грузоподъемность $C = 66,3$ кН; осевая грузоподъемность $C_o = 150,0$ кН.

Роликовый радиально-упорный ГОСТ 27365-87 серия 7214А: радиальная грузоподъемность $C = 119$ кН; осевая грузоподъемность $C_o = 89$ кН.

Контактные напряжения в подшипниках [15]:

$$\sigma_{Hm} = 1800 \sqrt[3]{\frac{F_{r(o)}}{z \cdot D_w^2}} \leq \bar{F}_-, \quad (3.2)$$

$$\sigma_{Hp} = 600 \cdot \sqrt[3]{\frac{F_{r(o)}}{z \cdot D_w \cdot L_w}} \leq \bar{F}_-, \quad (3.3)$$

где $F_{r(o)}$ – радиальная (осевая) нагрузка, Н;

z – число шариков (роликов);

D_w – диаметр шарика (ролика), мм;

\bar{F}_- – предельная контактная нагрузка, 3000 Н.

$$\sigma_{Hm} = 1800 \sqrt[3]{\frac{776}{16 \cdot 10^2}} = 125 \text{ Н} < 3000 \text{ Н}, \quad \sigma_{Hp} = 600 \cdot \sqrt[3]{\frac{776}{18 \cdot 10 \cdot 10}} = 393 \leq 3000 \text{ Н.}$$

Долговечность определяется по числу оборотов:

$$L = a_1 a_{23} \left(\frac{C_r}{P_r} \right)^p, \quad (3.4)$$

где a_1 – коэффициент, учитывающий повышенную надежность (при проценте надежности 98% $a_1=0,33$;

a_{23} - для роликовых 0,65; для шариковых 0.75;

p – показатель степени - для роликовых 10/3; для шариковых 3;

C_r – динамическая грузоподъемность

$$C_r = f_o (i \cdot L_w \cdot \cos \alpha)^{7/9} \cdot z^{3/4} \cdot D_w^{29/27}, \quad (3.5)$$

где i – число рядов тел качения;

α - угол контакта между линией действия силы на тело качения, и плоскости перпендикулярной к оси подшипника.

$$f_o = D_w \cdot \cos \alpha / D_{pw} = 0,99. \quad (3.6)$$

Эквивалентная радиальная нагрузка для радиально-упорных роликоподшипников:

$$P_r = (XV F_r + Y F_a) K_o \cdot K_T, \quad (3.7)$$

где F_r – радиальная нагрузка, Н;

F_a – осевая нагрузка, Н;

X – коэффициент, учитывающий повреждающее действия радиальной нагрузки;

V – коэффициент вращения, равный 1 при вращении внутреннего кольца;

Y - коэффициент, учитывающий повреждающее действия осевой нагрузки;

K_{σ} - коэффициент безопасности, учитывающий динамическую нагрузку;

K_T - температурный коэффициент, вводимый при повышенной рабочей температуре (более 100°C), $K_T=1,1$. Для станков с вращательным движением и вибрационной нагрузкой $K_{\sigma}=1,4$.

$$P_r = 1 \cdot 776 \cdot 1,1 \cdot 1,4 = 1280 \text{ Н.}$$

Требуемая грузоподъемность

$$C_r = \left(\frac{L_{na}}{a_1 a_{23}} \right)^{1/p} P_r, \quad (3.8)$$

где L_h - расчетный ресурс, млн. оборотов

$$L_{na} = \frac{60 \cdot n \cdot L_h}{10^6}. \quad (3.9)$$

$$L_{na} = \frac{60 \cdot 800 \cdot 12000}{10^6} = 57,6 \text{ млн. оборотов.}$$

Статическая грузоподъемность:

Радиальная –

$$C_{or} = 21,6 \cdot i \cdot z \cdot L_w \cdot \cos \alpha \cdot D_w, \quad (3.10)$$

осевая –

$$C_{oa} = 49 \cdot z \cdot \sin \alpha \cdot D_w^2, \quad (3.11)$$

$$C_{or} = 21,6 \cdot 1 \cdot 18 \cdot 10 \cdot \cos 12 \cdot 10 = 38030 \text{ Н, } C_{oa} = 49 \cdot 16 \cdot \sin 12 \cdot 10^2 = 1630 \text{ Н.}$$

По характеристикам статическая грузоподъемность у осевых упорных: 78,5 и 150 кН, что больше расчетных; для роликового – 119 кН. Жесткость подшипника качения: потребная сила F_o – осевого предварительного натяга

$$F_o = 1.58 F_r \cdot \operatorname{tg} \alpha \pm 0,5 F_a = 1,58 \cdot 1100 \cdot \operatorname{tg} 12 \pm 0,5 \cdot 660 = 700 \text{ Н.} \quad (3.12)$$

Для смазки используется смазочное масло (для тяжело нагруженных подшипников) ВНИИ НП-242. Уменьшение зазора в подшипнике

$$\Delta \delta = (0,55 \dots 0,75) N_i + (0,5 \dots 0,6) N_a = 0,6 \cdot 30 + 0,55 \cdot 31 = 33 \text{ мкм.} \quad (3.13)$$

Запас прочности по усталости

$$\frac{1}{S^2} = \frac{1}{S_\sigma^2} + \frac{1}{S_\tau^2}, \quad (3.14)$$

где S_σ - коэффициент запаса по нормальным напряжениям;

S_τ – коэффициент запаса по касательным напряжениям (не учитывается).

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{K_\sigma \sigma_a + \psi_\sigma \cdot \sigma_m}, \quad (3.15)$$

где $\sigma_{-1} = 340$ МПа – предел выносливости при изгибе.

$$K_\sigma = \left(\frac{K_\varepsilon}{\varepsilon} + K_F - 1 \right) \left(\frac{6}{0,95 + 1 - 1} \right) = 2,1 \quad (3.16)$$

$$K_\tau = \left(\frac{K_\varepsilon}{\varepsilon} + K_F - 1 \right) \left(\frac{6}{0,95 + 1 - 1} \right) = 1,7, \quad (3.17)$$

где ε - коэффициент влияния абсолютных размеров;

K_F - коэффициент влияния шероховатости;

ψ_{σ} - коэффициент чувствительности к асимметрии цикла

$$\psi_{\sigma} = 0,02 + 2 \cdot 10^{-4} \cdot \sigma_B = 0,19. \quad (3.18)$$

$$S = \frac{340}{2,1 \cdot 88 + 0,19 \cdot 10} = 1,8.$$

3.3 Проектирование режущего инструмента

Для глубокого сверления отверстия диаметром 18 мм и длиной около 180 мм под последующее растачивание используется спроектированное трубчато-лопаточное сверло с наружным отводом стружки и внутренним подводом СОЖ и представленное на листе.

Трубчато-лопаточное сверло состоит из трех основных элементов: рабочей часть с режущей кромкой и направляющими вставками, стеблевая часть или борштангу и хвостовик для закрепления в приводе вращения.

Диаметр хвостовика для фиксации принимается равным диаметру стебля. Рабочая часть с режущей кромкой делается в виде монолитной твердосплавной головки, имеющей типовую форму поперечного сечения – трубку с серповидным отверстием и V-образным пазом. Угол V-образного принимается равным $\omega=110-120^{\circ}$. Паз на стебле в сравнении с пазом на головке смещен на $h=0,1$ мм. Сочленение головки со стеблем осуществляется по клиновой поверхности с углом $\varphi=90^{\circ}$. Головка со стеблем соединяется индукционной пайкой на установке ТВЧ в центрирующем приспособлении с использованием припоя ПСр 40 (ГОСТ19739-74). Длина головки выбирается равной 65 мм. Стебель выполняется сплошным с V-образным пазом.

Чертеж сверла со всеми техническими требованиями представлен на листе.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 4.1 - Паспорт технического объекта

Технологический процесс	Технологическая операция	Должность работника	Оборудование	Материалы, вещества
Токарная	Точение обдирочно е, сверление глубокое, расточивание	Оператор станков с ЧПУ	Токарный обрабатывающий центр С-200ТСМ	40Х2Н2МА; Технологические среды; ветошь

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 4.2 – Риски в профессиональной деятельности

Производственная операция, технологическая операция	Производственный вредный и/или опасный фактор (ОВПФ)	Источник ОВПФ
Токарная	физические: подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; повышенный уровень вибрации;	Рабочие органы станка С-200ТСМ, управляющее оборудование
	повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов	рабочая зона, инструмент

4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

В таблице 4.3 приведены меры по снижению действия ОВПФ.

Таблица 4.3 – Мероприятия направленные на снижение уровня опасных и вредных производственных факторов

ОВПФ	Технические средства защиты, организационно-технические методы частичного снижения, полного устранения ОВПФ	СИЗ работающего
подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы;	Полив СОЖ в зону обработки; экранирование с вентиляцией рабочей зоны	Защитные очки, специальная одежда
повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов	Использование охлаждающих жидкостей, ограждение рабочей зоны	Перчатки защитные
повышенный уровень вибрации	Виброизоляция оборудования	Беруши
Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	Использование местной вытяжной вентиляции совместно с общей приточно-вытяжной	Респиратор

4.4. Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 4.4 – Определение характеристик пожара

Производственный участок	Станок	Номер пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие проявляющиеся факторы при пожаре
Механосборочное производство	Токарный	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)	Неисправность электропроводки; пламя и искры; возгорание промасленной ветоши	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие частитехнологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества

Таблица 4.5 – Выбор средства пожаротушения

Средства первичного пожаротушения	Средства мобильного пожаротушения	Установки стационарного пожаротушения и/или пожаротушащие системы	Средства автоматики для пожаротушения	Оборудование для пожаротушения	СИЗ для спасения людей	Инструмент для пожаротушения (механизированный и немеханизированный)	Сигнализация, связь и оповещение при пожаре
ОВП-8(з)-АВ ; ОП-3(з)	Пожарные автомобили и пожарные лестницы	Модуль БК-ПТ	Технические средства оповещения и управления эвакуацией, приборы приемного-контрольные	Напорные пожарные рукава и рукавные разветвления	Веревки пожарные карабины пожарные противогазы, респираторы	ЩП-А, топоры	Автоматические извещатели

Таблица 4.6 – Средства обеспечения пожарной безопасности

Название техпроцесса, применяемого оборудования, которое входит в состав технического объекта	Вид предлагаемых к реализации организационных и/или организационно-технических мероприятий	Нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, а также реализуемые эффекты
Механическая обработка: Токарный фрезерный центр с ЧПУ С-200ТСМ	Правильная эксплуатация оборудования; Хранение ветоши в негорючих ящиках; Применение плавких предохранителей или автоматов в электроустановках станков	Использование пожарной сигнализации и пожарных извещателей, противопожарные инструктажи в соответствии с графиком, обеспечение средствами пожаротушения, обеспечение безопасности проведения огневых работ

4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 4.7 – Определение экологически опасных факторов объекта

Название технического объекта и/или производственного техпроцесса	Структурные элементы технического объекта и/или производственного техпроцесса	Экологическое воздействие рассматриваемого технического объекта на атмосферу	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на гидросферу	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на литосферу
Технология изготовления шпинделя	Токарный фрезерный центр с ЧПУ С-200ТСМ	Пыль	СОЖ	Стружка

Таблица 4.8 – Разработанные организационные и технические мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

Название технического объекта	Обработка на токарном центре С-200ТСМ
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Скруббер батарейного типа СЦВБ – 20
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Отстойник
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на литосферу	переплавка для стружки

4.6 Выводы по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

1. В данном разделе приведены параметры технологического процесса изготовления шпинделя инструментальной головки в виде токарной операции, специальности операторов рабочих, станка, материалов (таблица 4.1).

2. Идентифицированы риски при проведении токарной операции по изготовлению шпинделя инструментальной головки (таблица 4.2).

3. Предложены меры по использованию методов и устройств по снижению физических рисков, а также средства защиты работников (таблица 4.3).

4. Разработаны меры по обеспечению пожарной безопасности токарной операции. Идентификация класса пожарной опасности в таблице 4.4, опасных факторов от пожара в таблице 4.5, разработка мер по обеспечению пожарной безопасности приведены в таблице 4.6.

5. Идентифицированы вредные антропогенные экологические факторы, возникающие в ходе реализации токарной операции (таблица 4.7) и предложены меры по повышению экологической безопасности выбранного станка (таблица 4.8).

В результате выполненных работ обеспечивается соответствие спроектированной группы токарных операций для шпинделя инструментальной головки по всем показателям требований по производственной, пожарной и экологической безопасности.

5 Экономическая эффективность работы

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта, определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений. Учитывая, описанные ранее совершенствования технологического процесса изготовления шпинделя инструментальной головки, определим:

- капитальные вложения в проектированный процесс;
- технологическую себестоимость изменяющихся по вариантам операций;
- полную себестоимость обработки детали по вариантам;
- показатели экономической эффективности проектируемого варианта технологического процесса.

Согласно соответствующим методикам [20] рассчитаем все необходимые параметры и сделаем выводы о целесообразности внедрения предложенных изменений. Краткое описание изменений. Для выполнения токарной операции использовался токарный обрабатывающий центр С-200ТСМ. В качестве оснастки было предложено использовать патрон 3-хкулачковый поводковый, люнет самоцентрирующий. Обработка необходимых поверхностей шпинделя осуществляется резцом расточным 20x20x170 для глухих отверстий Т5К10, резцом упорным Т5К10 25x25 и сверлом ружейным и виброгасительной головкой. Данное сверло применяется вместо сверла спирального Ø18 с коническим хвостовиком. Эти изменения позволили уменьшить как основное, так и вспомогательное время, что в итоге привело к выполнению описанной операции за более короткое время, т.е. вместо 12,8 минут, операция выполняется за 11,3 минут.

Так как, изменению подверглись только инструмент, значит капитальные вложения в проектируемый вариант будут складываться из

суммы затрат на проектирование, затрат на инструмент, а также оборотных средств в незавершенном производстве (рис. 5.1). Поэтому общий объем инвестиций составит 78261,29 рублей.

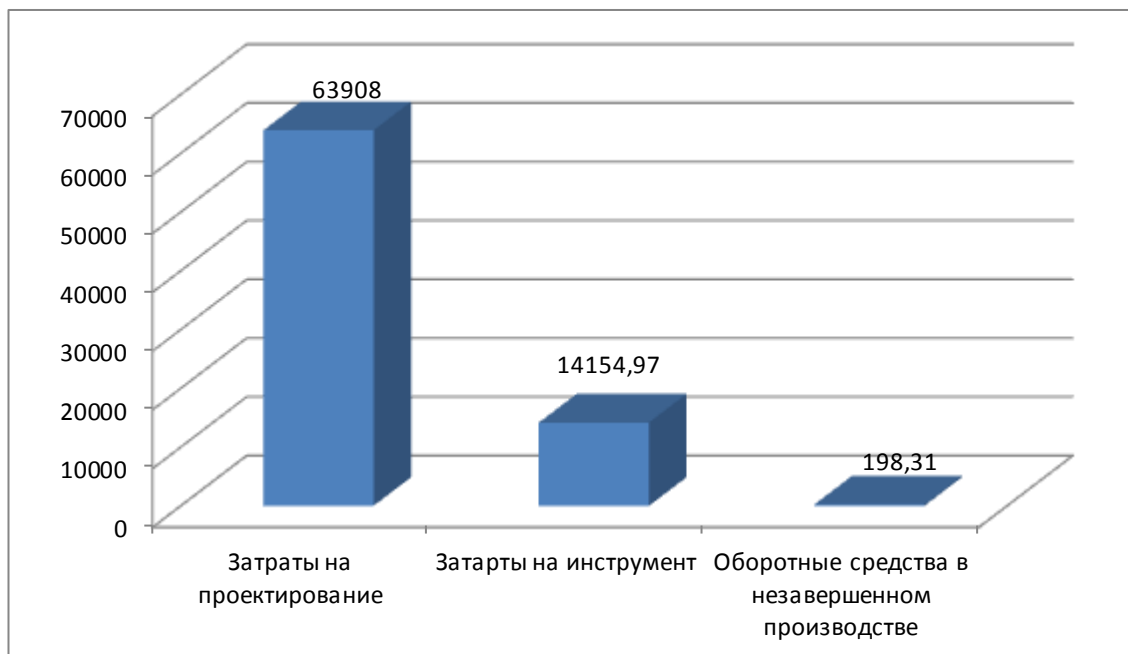


Рисунок 5.1 – Капитальные вложения в проектируемый вариант, руб.

Из рисунка 5.1 видно, что самые большие инвестиции требуются на затраты, связанные с проектированием нового технологического процесса. На их долю приходится около 81,6% всех капитальных вложений. Остальные параметры составляют 18,1% и 0,3% соответственно. Следующим важным показателем при определении экономической эффективности является технологическая себестоимость. Обычно она складывается из четырех показателей: затрат на основной материал (M), основной заработной платы ($Z_{ПЛ.ОСН}$), начислений на заработную плату ($H_{З.ПЛ}$) и расходов на содержание и эксплуатацию оборудования ($P_{Э.ОБ}$). Однако, в процессе совершенствования технологического процесса, метода получения заготовки не менялся, а это значит, что величиной затрат на основной материал можно пренебречь, т.к. ее значение не оказывает влияние на итоговую разницу между вариантами (базовым и проектируемым). Значения, входящих в

технологическую себестоимость величин, без учета затрат на основной материал, представлены на рисунке 5.2.

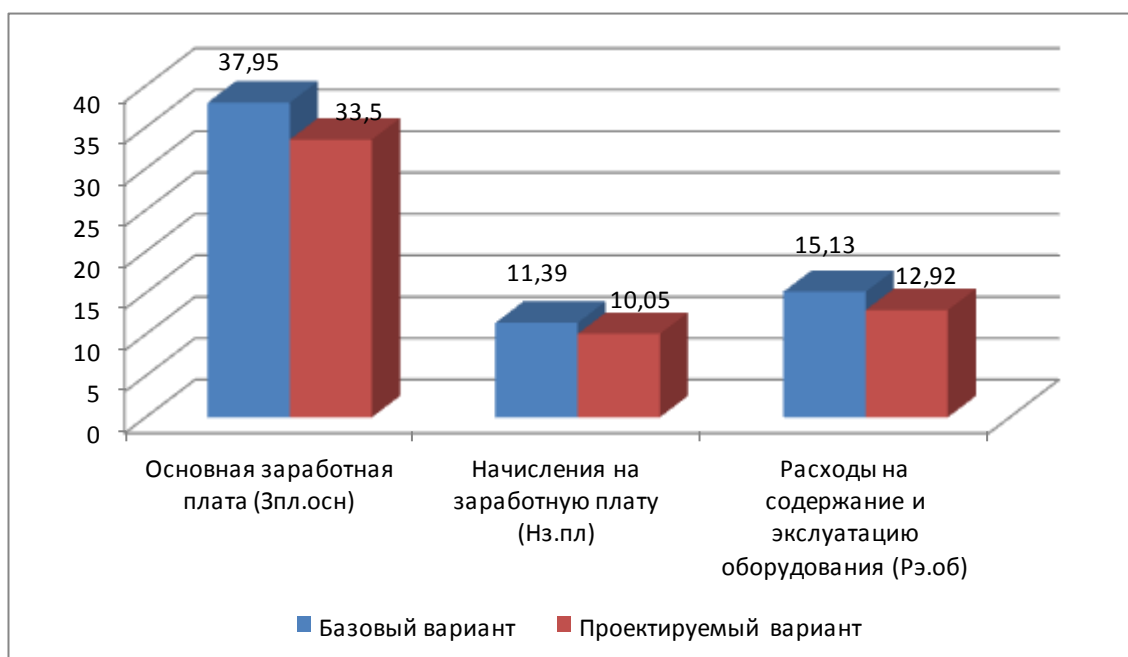


Рисунок 5.2 – Показатели технологической себестоимости по изменяющимся операциям, руб.

Анализируя представленные значения, можно сделать несколько выводов. Первый, это то, что по всем показателям технологической себестоимости в проектируемом варианте произошло уменьшение. Вторым – что самое большое влияние на величину технологической себестоимости оказывает основная заработная плата, т.к. ее доля составляет 58,9% для базового варианта и 59,3% для проектируемого. Второе место, по оказанию влияния на технологическую себестоимость, занимают расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, их доля составляет 23,5% и 22,9%, соответственно вариантам. Учитывая полученные значения, величина технологической себестоимости для базового варианта составит 64,47 руб., а для проектируемого – 56,47 руб.

На базе полученных значений технологической себестоимости, основной заработной платы и соответствующих коэффициентов были

определены значения цеховой, заводской и полной себестоимости, величины которых представлены на рисунке 5.3.

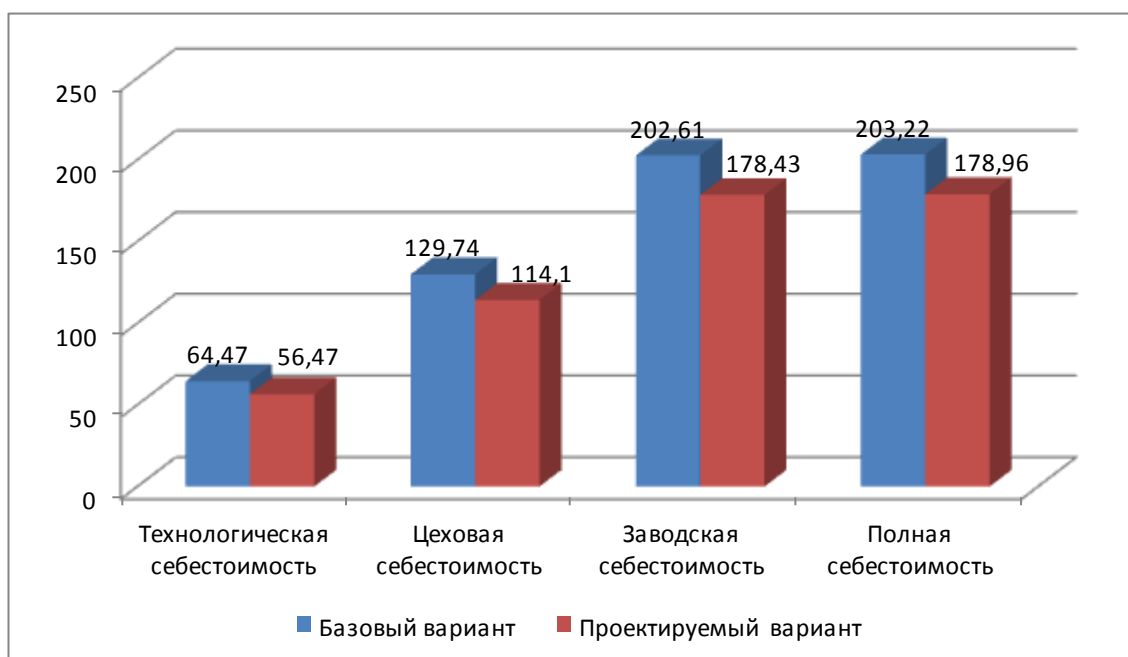


Рисунок 5.3 – Виды себестоимости и их значения по вариантам технологического процесса, руб.

Анализируя данный рисунок, видно, что в проектируемом варианте технологического процесса все показатели уменьшаются. Это позволяет получить итоговую разницу между вариантами в 24,26 руб., т.е. изготовление шпинделя инструментальной головки в проектируемом варианте обойдется предприятию на 13,6% дешевле, чем было в базовом варианте. Такая разница между вариантами позволит предприятию получить дополнительную чистую прибыль в объеме 97040 руб., и окупить вложенные средства в течение 2-х лет. Кроме этого, эффективность предложенных мероприятий по совершенствованию технологического процесса, подтверждаются положительной величиной чистого дисконтируемого дохода в размере 14120,79 руб., что позволит получить прибыль на каждый вложенный рубль в объеме 1,18 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведен анализ исходных данных, спроектирован и уточнен чертеж шпинделя инструментальной головки.

Проведен анализ служебного назначения и условий работы детали, составлена классификация поверхностей детали и проведен анализ технологических требований чертежа. Выбран тип производства. Выбран метод получения проектирования заготовки.

Особое внимание уделено проектированию технологии с учетом современных принципов концентрации переходов на автоматизированном токарном комплексе.

Для снижения времени обработки для лимитирующего перехода по сверлению отверстия используется вибрационная обработка в сочетании с глубоким сверлением. Это позволяет при высокой точности обработки повысить стойкость инструмента, увеличить режимы резания, снизить время обработки. Также устраняется время вспомогательных переходов, необходимых для удаления стружки путем вывода сверла.

Предложенная технология, спроектированная оснастка снижает себестоимость обработки, что подтверждается расчетом в экономическом разделе.

Также технология соответствует требованиям по охране труда и экологическим требованиям.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с.
2. Михайлов, А. В. Основы проектирования технологических процессов механосборочного производства : учеб. пособие / А. В. Михайлов, Д. А. Расторгуев, А. Г. Схиртладзе. - Гриф МО ; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2004. - 267 с.
3. Расторгуев, Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/76> (дата обращения: 04.05.2019).
4. Обработка металлов резанием : справочник технолога / А. А. Панов [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2004. - 784 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 941 с.
6. Боровский, Г. В. Справочник инструментальщика / Г. В. Боровский, С. Н. Григорьев, А. Р. Маслов ; под общ. ред. А. Р. Маслова. - Москва : Машиностроение, 2005. - 463 с.
7. Маслов, А. Р. Инструментальные системы машиностроительных производств : учеб. для вузов / А. Р. Маслов. - Гриф УМО. - Москва : Машиностроение, 2006. - 335 с.5
8. Справочник контролера машиностроительного завода : допуски, посадки, линейн. измерения / А. Н. Виноградов [и др.] ; под ред. А. И. Якушева. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 1980. - 527 с.

9. Краткий справочник металлиста / под общ. ред. П. Н. Орлова, Е. А. Скороходова. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 1987. - 960 с.
10. Технология машиностроения : учеб. для вузов. В 2 т. Т. 2. Производство машин / В. М. Бурцев [и др.] ; под ред. Г. Н. Мельникова. - Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. - 640 с.
11. Клепиков, В. В. Технология машиностроения : учебник / В. В. Клепиков, А. Н. Бодров. - Гриф МО. - Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2004. - 859 с.
12. Технология изготовления типовых деталей машин [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И. В. Шрубченко [и др.]. - Москва : ИНФРА-М, 2018. - 358 с. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/929932> (дата обращения: 11.05.19)
13. Антонюк, В. Е. Конструктору станочных приспособлений : справ. пособие / В. Е. Антонюк. - Минск : Беларусь, 1991. - 400 с.
14. Схиртладзе, А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие. Т. 1 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 547 с.
15. Схиртладзе, А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие. Т. 2 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 518 с.
16. Горохов, В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учебник для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 301 с.
17. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве : учеб. пособие / Л. Н. Горина. - Гриф УМО. - Тольятти : ТГУ , 2016. - 68 с.
18. Зубарев, Ю. М. Специальные методы обработки заготовок в машиностроении : учеб. пособие для студентов машиностр. вузов / Ю. М. Зубарев. - Гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 400 с.

19. Инструментальные материалы : учеб. пособие для вузов / Г. А. Воробьева [и др.]. - Гриф УМО. - Санкт-Петербург : Политехника, 2005. - 267 с.

20. Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова, – Тольятти : ТГУ, 2015. - 46 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЯ А
Технологическая документация

Школа	Взнос	Лодж.											2	1			
Разработчик	Сериков Д.В.																
Проверил	Рахмонов Д.А.																
Утвердил	Лазарев Н.В.																
Н. контр.	Егоров А.Г.																
Сталь 40ХН2ММА ГОСТ 4543-71																	
М 01	Код	ЕВ	МШ	ЕН	Н. раск.	КМУ	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	МЗ							
М 02	12	кз	16	1	1	0.86	24	74x4 14	1	18.5							
А	Швх	Уч.	РМ	Опер	Код наименования детали	Код наименования операции	Обозначение документа										
Б					Код наименования оборудования	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Лшт.	
А03	005	Штановка заготовительная															
Б04	Пресс ДА0242																
А05	005	4233	Токарная с ЧПУ	2	1	1	1	1	1	1							
Б06	Токарный центр С200-Т0М																
А07	010	5000	Термическая обработка														
Б08																	
А09	015	4145	Круглошлифовальная														
Б10	Круглошлифовальный станок ЗМ163Ф2НВ																
А11	020	4145	Круглошлифовальная чистовая														
Б12	Круглошлифовальный станок ЗМ163Ф2НВ																
А13	025	4132	Внутришлифовальная														
Б14	Внутришлифовальный станок МБУ Универсал																
А15	030	Маячная															
Б16	Маячная машина																
МК	Маршрутная карта																2

ПРИЛОЖЕНИЯ Б
Спецификация вибрационной головки

Перв. поимен.		Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Станд. №					<u>Документация</u>				
		A1	19.БР.ОТМП.64.1.70.00.000.СБ			Сборочный чертеж	1		
Взам. инв. №					<u>Детали</u>				
			1	19.БР.ОТМП.64.1.70.00.001			Оправка шлицевая	1	
			2	19.БР.ОТМП.64.1.70.00.002			Кольцо клиновое	1	
			3	19.БР.ОТМП.64.1.70.00.003			Втулка	1	
			4	19.БР.ОТМП.64.1.70.00.004			Кольцо	1	
			5	19.БР.ОТМП.64.1.70.00.005			Упор	1	
			6	19.БР.ОТМП.64.1.70.00.006			Втулка	1	
			7	19.БР.ОТМП.64.1.70.00.007			Втулка	1	
			8	19.БР.ОТМП.64.1.70.00.008			Кольцо	1	
			9	19.БР.ОТМП.64.1.70.00.009			Кольцо проставочное	1	
			10	19.БР.ОТМП.64.1.70.00.010			Кожух	1	
			11	19.БР.ОТМП.64.1.70.00.011			Втулка	1	
			12	19.БР.ОТМП.64.1.70.00.012			Крышка	1	
			13	19.БР.ОТМП.64.1.70.00.013			Кулачок	2	
			14	19.БР.ОТМП.64.1.70.00.014			Кольцо опорное	1	
			15	19.БР.ОТМП.64.1.70.00.015			Втулка шлицевая	1	
			16	19.БР.ОТМП.64.1.70.00.016			Корпус	1	
	17	19.БР.ОТМП.64.1.70.00.017			Фланцевая опора	1			
Подп. и дата					19.БР.07.64.1.70.00.000.СП				
Инв. № подл.		Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Вибрационная головка			
Подп. и дата		Разраб.	Сериков Д.Ю.						Лит.
Взам. инв. №		Проб.	Распоргцев Д.А.				1	2	
Инв. № подл.		Исполн.	Егоров А.Г.			ТГУ, ИМ гр. МСбз-1403			
Подп. и дата		Утв.	Логинов Н.Ю.						Формат А4

ПРИЛОЖЕНИЯ В
Спецификация сверла

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
						<u>Документация</u>			
		A1			19.БР.ОТМП.64.1.75.00.000.СБ	Сборочный чертеж	1		
Справ. №						<u>Детали</u>			
			1		19.БР.ОТМП.64.1.75.00.001	Режущая часть	1		
			2		19.БР.ОТМП.64.1.75.00.002	Стебель	1		
			3		19.БР.ОТМП.64.1.75.00.003	Направляющая	1		
Подп. и дата									
Инв. № д/д									
Взам. инв. №									
Подп. и дата									
					19.БР.07.64.1.75.00.000.СП				
Инв. № подл.		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
		Разраб.		Сериков Д.Ю.					
		Пров.		Расторгуев Д.А.					
		Н.контр.		Егоров А.Г.					
		Утв.		Логинов Н.Ю.					
Сверло трубчато-лопаточное							Лит.	Лист	Листов
									1
							ТГУ, ИМ гр. МСДЗ-1403		
							Формат А4		