

Аннотация

Технологический процесс изготовления шпинделя фрезерного станка центра «Формула Станок». Бакалаврская работа. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2020.

В бакалаврской работе представлена технология изготовления шпинделя фрезерного станка для центра «Формула Станок» для условий единичного производства.

Ключевые слова: деталь, заготовка, маршрут обработки, план обработки, технологическое оснащение, режимы обработки, приспособление, инструмент, безопасность и экологичность проекта, экономическая эффективность, формула станок.

При выполнении бакалаврской работы получены следующие результаты:

- проанализированы исходные данные для проектирования техпроцесса детали;
- разработан технологический процесс;
- разработан специальный инструмент на базе литературных исследований;
- исследованы мероприятия по безопасности и экологичности проекта;
- исследована величина экономической эффективности разработанной технологии.

Бакалаврская работа содержит пояснительную записку в размере 66 страниц, содержащую 23 таблицы, 10 рисунков, и графическую часть, содержащую 7 листов.

Abstract

Technological process of manufacturing the spindle of the milling machine center "Formula Machine". Bachelor's work. Tolyatti. Togliatti state University, 2020.

The bachelor's work presents the technology of manufacturing the spindle of a milling machine for the center "Formula Machine" for single production conditions.

Keywords: part, billet, processing route, processing plan, technological equipment, processing modes, device, tool, safety and environmental friendliness of the project, economic efficiency, machine formula.

When performing bachelor's work the following results were obtained:

- analyzed the initial data for the design of the technical process of the part;
- developed technological process;
- developed a special tool based on literary research;
- measures on safety and environmental friendliness of the project were studied;
- the value of the economic efficiency of the developed technology is investigated.

The bachelor's work contains an explanatory note of 66 pages, containing 23 tables, 10 figures, and a graphic part containing 7 sheets.

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных	6
1.1 Служебное назначение детали.....	6
1.2 Классификация поверхностей детали.....	7
1.3 Технологичность детали.....	9
1.4 Задачи работы.....	9
2 Разработка технологической части работы.....	11
2.1 Выбор типа производства и его стратегии	11
2.2 Выбор метода получения заготовки.....	12
2.3 Разработка ТП изготовления детали.....	17
2.4 Выбор средств технического оснащения.....	18
2.5 Разработка технологических операций	20
3 Расчет и проектирование оснастки	22
3.1 Расчет и проектирование приспособления	22
3.2 Проектирование режущего инструмента	27
3.3 Совершенствование токарной обработки	28
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	37
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта	37
4.2 Идентификация профессиональных рисков	37
4.3 Методы и технические средства снижения рисков	38
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	40
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта ...	41
4.6 Выводы по разделу	42
5 Экономическая эффективность работы	44
Заключение.	49
Список используемых источников.....	50
Приложение А Маршрутная карта.....	53
Приложение Б Операционные карты.....	54
Приложение В Спецификация.....	65

Введение

Задача развития современных средств производства является важнейшей задачей современного машиностроения. Средства производства являются основой современного машиностроения, определяющие его возможности, производительность и качество выпускаемой продукции, формируют общий уровень производительных сил.

Для работы над данной актуальной задачей в Тольяттинском Государственном Университете на кафедре «Оборудование и технологии машиностроительного производства» создано студенческое конструкторское бюро «Формула Станок». Основной задачей данного бюро является создание современных станков с ЧПУ. Причем все работы по созданию станков выполняются студентами университета, позволяя им помимо создания средств производства, получать различные практические навыки. Важнейшей деталью фрезерного станка, критически влияющей на качество его работы, является – «Шпиндель». Поэтому тема данной бакалаврской работы является очень актуальной.

Тогда, цель бакалаврской работы может быть сформулирована следующим образом: разработка технологического процесса (ТП) изготовления шпинделя с минимальной себестоимостью.

1 Анализ исходных данных

1.1 Служебное назначение детали

Деталь - «Шпиндель» является составной частью коробки скоростей фрезерного станка, проектируемого в рамках студенческого центра «Формула Станок», и предназначена для присоединения составных частей приспособления и передачи на них вращения от привода. Конструкция шпинделя предусматривает обеспечение бесступенчатого регулирования скоростей вращения в определенном диапазоне. Кроме этого, шпиндель работает в условиях надежной смазки, а шпиндельный узел включает в свою конструкцию устройство защиты от перегрузок, работающее в автоматическом режиме. Указанные особенности конструкции шпинделя и шпиндельного узла, позволяют обеспечить значительные величины крутящих моментов на шпинделе, при незначительных размерах самого привода. Данное обстоятельство обеспечивает компактность шпиндельного узла, при сохранении силовых и скоростных характеристик.

Выполнение данных условий, обеспечивается формой рабочих поверхностей и размерами детали. Кроме этого, обеспечение данных условий происходит за счет оптимально подобранной точности размеров, взаимного расположения поверхностей и шероховатости поверхностей.

Материал детали - «Шпиндель» - Сталь 40Х, позволяет обеспечить работоспособность детали, с наименьшими затратами на материал. Данные о параметрах материала приведены в таблице 1. Кроме этого, в таблице 2, приведены данные о химическом составе материала данной детали. Данные таблицы показаны ниже.

Таблица 1 – Параметры материала детали – Сталь 40Х.

Наименование параметра	Единица измерения параметра	Значение параметра
Предел прочности при растяжении	кгс/мм ²	98
Предел прочности при изгибе	кгс/мм ²	59
Плотность материала	Мг/м ³	7,82
Обрабатываемость	-	высокая
Твердость	НВ	150-160
Условный предел текучести	кгс/мм ²	78
Коэффициент ударной вязкости	кДж/м ²	59

Таблица 2 – Химический состав – Сталь 40Х.

Наименование элемента	Единица измерения	Значение
Углерод	%	около 0,34-0,44
Марганец	%	около 0,5-0,8
Кремний	%	около 0,035
Никель	%	около 0,3
Фосфор	%	около 0,035
Медь	%	около 0,3
Хром	%	около 0,8-1,1
Железо	%	остальное

1.2 Классификация поверхностей детали

Основываясь на общем виде детали с нумерацией поверхностей, приведенном на рисунке 1, расклассифицируем все поверхности детали, в соответствии с их служебным назначением. Данная классификация подразумевает распределение всех поверхностей по четырем характерным

группам. Для удобства отображения информации представим данную классификацию в виде таблицы 3.

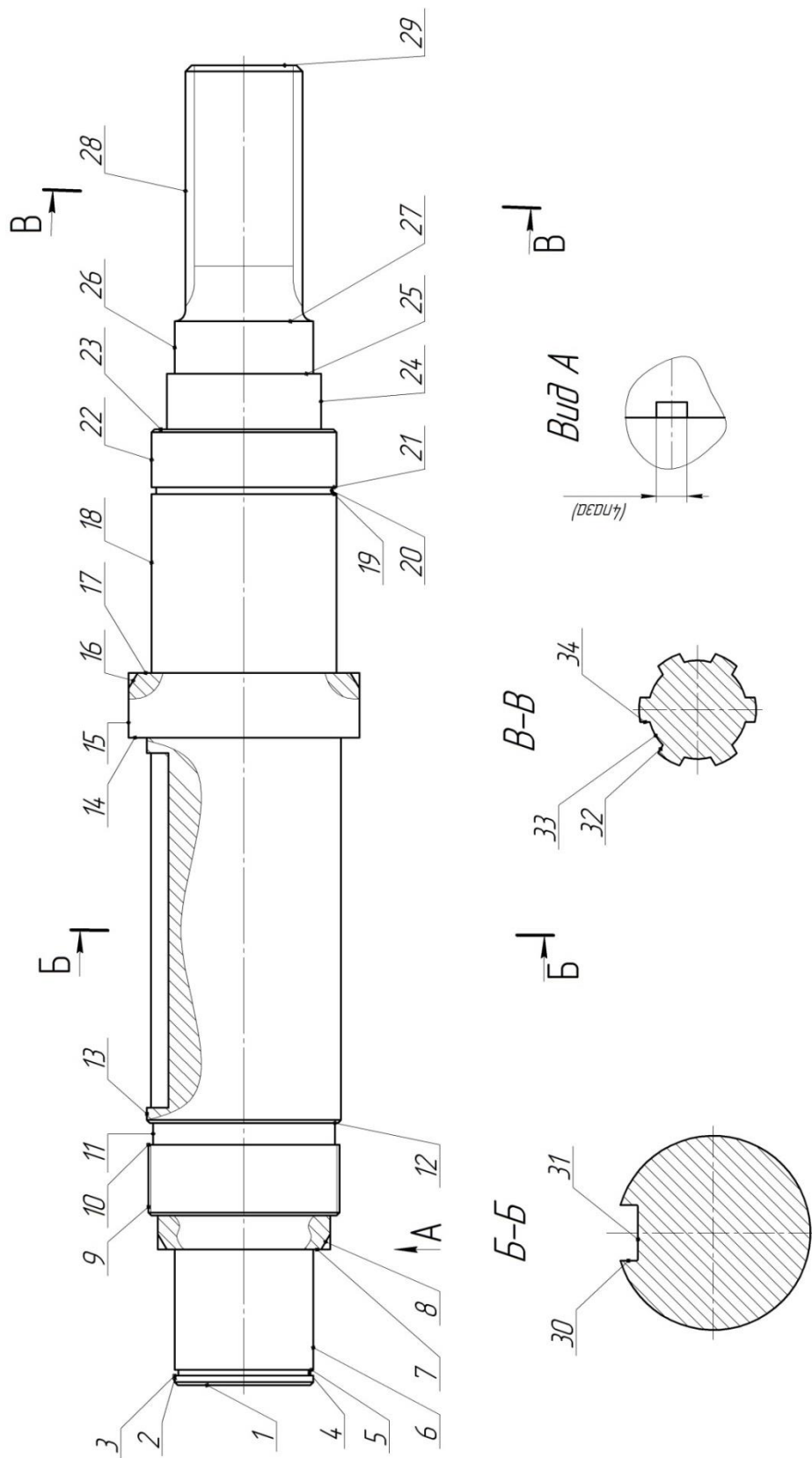


Рисунок 1 – Общий вид детали - «Шпиндель»

Таблица 3 – Классификация по служебному назначению поверхностей детали

Наименование поверхностей	Номера поверхностей
Основные конструкторские базы	2,6,7,17,18,23,24
Вспомогательные конструкторские базы	13,14,22,28
Исполнительные	30,32,34
Свободные	Остальные

1.3 Технологичность детали

Исследование технологичности детали будем проводить, определяя соответствующие показатели по зависимостям, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели технологичности детали

Наименование показателя	Расчетная зависимость	Расчет
Коэффициент унификации	$K_{у.э.} = Q_{у.э.} / Q_{э}$	$K_{у.э.} = 30/34 = 0,88$
Коэффициент использования материала	$K_{и.м.} = M_{д} / M_{з}$	$K_{и.м.} = 7,7/10 = 0,77$
Коэффициент точности	$K_{тч} = 1 - 1/T_{ср}$	$K_{тч} = 1 - (1/9,03) = 0,88$
Коэффициент шероховатости	$K_{ш} = 1/Ш_{ср}$	$K_{ш} = 1/3,68 = 0,27$

Вывод: Деталь - «Шпиндель», изготовленная из стали 40Х, соответствует всем требованиям по технологичности, является технологичной.

1.4 Задачи работы

Перечень задач настоящей бакалаврской работы, формулируется исходя из цели работы, сформулированной ранее в разделе «Введение». Кроме этого цель и задачи настоящей бакалаврской работы фактически формируют ее структуру и содержание изложенной в работе информации.

Формирование данных задач должно осуществляться на принципе объединения небольших частных задач в более крупные группы по их тематике, что позволяет упорядочить процесс достижения цели работы, четко соблюдая последовательность решения данных задач. Ниже представлены данные задачи в необходимой последовательности:

- разработка чертежа детали в графической части бакалаврской работы;
- анализа исходных данных, по чертежу детали и механизма, в пояснительной записке бакалаврской работы;
- выбор заготовки и ее проектирование, в пояснительной записке бакалаврской работы;
- разработка чертежа заготовки в графической части бакалаврской работы;
- разработка технологического процесса, в пояснительной записке бакалаврской работы;
- разработка чертежа плана обработки в графической части бакалаврской работы;
- разработка прогрессивных средств оснащения технологического процесса;
- обеспечения мероприятий по охране труда, в разделе пояснительной записке бакалаврской работы;
- рассчитать экономический эффект работы;
- разработать технологическую документацию и спецификации в приложениях к бакалаврской работе.

2 Разработка технологической части работы

2.1 Выбор типа производства и его стратегии

Для определения типа производства воспользуемся исходными данными:

Годовая программа изделий $N = 20$ шт.

Масса детали $m = 7,7$ кг.

Выбор типа производства для детали «Шпиндель» производим по таблице 5:

Таблица 5 - Выбор типа производства

Тип/масса	Е	МС	СС	КС	М
До 8 кг	До 100	100...500	500...5000	5000...50000	Св. 50000
8...30 кг	До 10	10...200	200...500	500...5000	Св. 5000
Св.30 кг	До 5	5...150	150...300	300...1000	Св. 1000

В соответствии с таблицей 5 принимаем единичный тип производства.

Стратегия единичного производства, принятая для данной детали подразумевает следующие основные характеристики:

- тип применяемого оборудования – универсальный;
- тип применяемой оснастки – универсальный;
- припуски определяют расчетно-аналитическим и табличным методами;
- в качестве заготовки будет использоваться отливка и прокат;
- режимы резания вычисляются по эмпирическим зависимостям;
- нормирование осуществляется по общемашиностроительным нормативам;
- групповая расстановка оборудования;
- тип применяемого инструмента – универсальный;

- тип применяемых средств контроля – универсальный;
- перемещение изделий между операциями – вручную, при большой массе – кран, погрузчик;
- средняя квалификация рабочих;
- технологическая документация оформляется в виде маршрутной и операционных карт;
- коэффициент концентрации номенклатуры – более 40;
- применение научных достижений – низкое.

2.2 Выбор метода получения заготовки

Так как, в соответствии с пунктом 2.1 настоящей работы и описанной в нем стратегии для единичного производства можно применить только следующие два метода получения заготовки для данной детали: литье в землю и прокат. [22]

Определение стоимости заготовок будем производить по методике [7]. Данные по расчету стоимости заготовок представлены в виде таблицы 6, приведенной ниже.

Таблица 6 – Расчет стоимости заготовок

Метод получения заготовки	Масса детали, кг	Масса заготовки, кг	Стоимость одного килограмма заготовки, руб.	Стоимость механической обработки, руб.	Стоимость одного килограмма отходов, руб.	Технологическая себестоимость изготовления заготовки, руб.
прокат	7,7	17,3	60	26,7	1,4	1352
литье в землю	7,7	10	66	15,9	1,4	720

Анализирую данные, представленные в таблице 6, можно сделать вывод о том, что в качестве метода получения заготовки для данной детали предпочтительнее всего выбрать метод литья в землю, как более дешевый.

Тогда, условная годовая экономия будет определяться по формуле (1):

$$\mathcal{E} = (C_{T_2} - C_{T_1}) \cdot N \quad (1)$$

где C_{T_2} , C_{T_1} – технологические себестоимости изготовления заготовки для проката и отливки соответственно, руб.;

N – годовая программа выпуска заготовок, шт./год.

Подставим требуемые данные в формулу (1):

$$\mathcal{E} = (C_{T_2} - C_{T_1}) \cdot N = (1352 - 720) \cdot 20 = 12640 \text{ руб.}$$

Таким образом, применение в качестве метода получения заготовки – литья в землю, позволяет получить условную годовую экономию в размере – 12640 рублей.

Ниже, на рисунке 2 приведен эскиз заготовки.

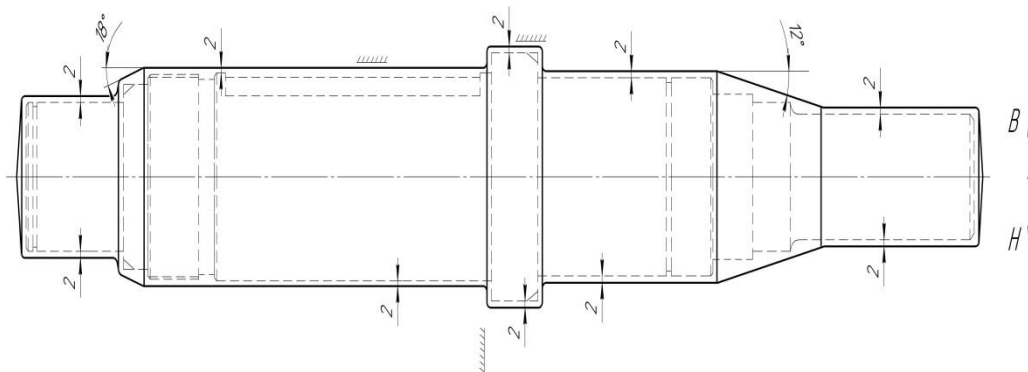


Рисунок 2 – Эскиз заготовки

На данную отливку назначены следующие технические требования:

- твердость НВ 143-229;

- неуказанные литейные радиусы 2 мм;
- неуказанные литейные уклоны 3°;
- точность отливки 10-5-13-10;
- поверхностные дефекты не более половины величины фактического припуска;
- очистка поверхности дробеструйная.

2.3 Разработка ТП изготовления детали

Разработку технологического процесса изготовления детали - «Шпиндель» будем производить в два этапа. На первом этапе, разработаем маршрут обработки отдельных поверхностей детали - «Шпиндель», данные по разработке данного маршрута приведем ниже в таблице 7.

Таблица 7 - Технологический маршрут изготовления поверхностей детали - «Шпиндель»

№ пов.	Шероховатость R_a , мкм	Квалитет точности	Вид поверхности	Последовательность обработки
1	6,3	12	Плоская	Отливка-Точение черновое-Термообработка
2	1,25	6	Цилиндрическая	Отливка-Точение черновое-Точение чистовое-Точение тонкое-Термообработка-Шлифование
3	6,3	12	Плоская	Отливка-Точение черновое-Термообработка
4	6,3	12	Цилиндрическая	Отливка-Точение черновое-Термообработка
5	6,3	12	Плоская	Отливка-Точение черновое-Термообработка
6	1,25	6	Цилиндрическая	Отливка-Точение черновое-Точение чистовое-Точение тонкое-Термообработка-Шлифование

Продолжение таблицы 7

№ пов.	Шероховатость R_a , мкм	Квалитет точности	Вид поверхности	Последовательность обработки
7	2,5	7	Плоская	Отливка-Точение черновое-Точение чистовое-Точение тонкое-Термообработка
8	3,2	9	Плоская	Отливка-Фрезерование-Термообработка
9	3,2	9	Цилиндрическая	Отливка-Точение черновое-Точение чистовое-Термообработка
10	6,3	12	Плоская	Отливка-Точение черновое-Термообработка
11	6,3	12	Цилиндрическая	Отливка-Точение черновое-Термообработка
12	6,3	12	Плоская	Отливка-Точение черновое-Термообработка
13	2,5	6	Цилиндрическая	Отливка-Точение черновое-Точение чистовое-Точение тонкое-Термообработка-Шлифование
14	2,5	7	Плоская	Отливка-Точение черновое-Точение чистовое-Точение тонкое-Термообработка
15	6,3	12		
16	3,2	9	Плоская	Отливка-Фрезерование-Термообработка
17	2,5	7	Плоская	Отливка-Точение черновое-Точение чистовое-Точение тонкое-Термообработка
18	1,25	6	Цилиндрическая	Отливка-Точение черновое-Точение чистовое-Точение тонкое-Термообработка-Шлифование
19	6,3	12	Плоская	Отливка-Точение черновое-Термообработка
20	6,3	12	Цилиндрическая	Отливка-Точение черновое-Термообработка
21	6,3	12	Плоская	Отливка-Точение черновое-Термообработка
22	2,5	7	Цилиндрическая	Отливка-Точение черновое-Точение чистовое-Точение тонкое-Термообработка

Продолжение таблицы 7

№ пов.	Шероховатость R_a , мкм	Квалитет точности	Вид поверхности	Последовательность обработки
23	2,5	7	Плоская	Отливка-Точение черновое-Точение чистовое-Точение тонкое-Термообработка
24	1,25	6	Цилиндрическая	Отливка-Точение черновое-Точение чистовое-Точение тонкое-Термообработка-Шлифование
25	6,3	12	Плоская	Отливка-Точение черновое-Термообработка
26	6,3	12	Цилиндрическая	Отливка-Точение черновое-Термообработка
27	6,3	12	Плоская	Отливка-Точение черновое-Термообработка
28	3,2	11	Цилиндрическая	Отливка-Точение черновое-Точение чистовое-Термообработка
29	6,3	12	Плоская	Отливка-Точение черновое-Термообработка
30	3,2	9	Плоская	Отливка-Фрезерование-Термообработка
31	3,2	9	Плоская	Отливка-Фрезерование-Термообработка
32	3,2	8	Плоская	Отливка-Фрезерование-Термообработка
33	3,2	8	Цилиндрическая	Отливка-Фрезерование-Термообработка
34	3,2	8	Плоская	Отливка-Фрезерование-Термообработка

При назначении чистовых технологических баз стремились к использованию одной и той же технологической базы на операциях технологического процесса, то есть выполнению принципа единства баз, а также стремились совмещать измерительные и технологические базы, то есть соблюдать принцип единства баз. [23]

Операция 010 Токарнофрезерная (Установ 1) – схема базирования реализуется двойной направляющей базой – ось вращения, через поверхность (поверхность 15) – явная, плюс она же опорная база, опорной базой (поверхность 14) – явная.

Операция 010 Токарнофрезерная (Установ 2) – схема базирования

реализуется двойной направляющей базой – ось вращения, через поверхность (поверхность 18) – явная, плюс она же опорная база, опорной базой (поверхность 23) – явная. [24]

Используя данные, по обработке отдельных поверхностей, представленные выше в таблице 7, можно перейти ко второму этапу разработки технологического процесса. Для систематизации и упорядочения сведений второй этап разработки технологического процесса представим в виде таблицы 8.

Таблица 8 - Технологический процесс изготовления детали - «Шпиндель»

№ операции	Номер установки	Номер перехода	Шероховатость R_a , мкм	Квалитет точности	Номера обрабатываемых поверхностей	Наименование операции
000	-	-	80	14	все	Заготовительная
010	1	1	6,3	12	17,18,19,20,21, 22,23,24,25,26, 27,28,29	Токарнофрезерная
		2	3,2	9	17,18,19,20,21, 22,23,24,27,28	
		3	2,5	7	17,18,22,23,24	
		4	3,2	9	32,33,34	
		5	3,2	9	16	
	2	1	6,3	12	1,2,6,7,8,9,13,14	
		2	3,2	9	2,3,4,5,6,7,9,10, 11,12,13,14	
		3	2,5	7	2,6,7,13,14	
		4	3,2	9	8	
		5	3,2	9	30,31	
020	-	-	-	-	все	Термическая
030	-	-	1,25	6	18,24	Шлифовальная
040	-	-	1,25	6	2,6,13	Шлифовальная
050	-	-	-	-	все	Моечная
060	-	-	-	-	все	Контрольная

Данные по разработке технологического процесса, представленные в таблице 8, будут использованы для проектирования элементов технологического процесса, в последующих разделах бакалаврской работы. План изготовления детали представлен в графической части бакалаврской работы.

2.4 Выбор средств технического оснащения

В соответствии со стратегией единичного производства, описанной в пункте 2.1, данной бакалаврской работы выбираем следующие типы средств технологического оснащения:

- тип применяемого оборудования – универсальный;
- тип применяемой оснастки – универсальный;
- тип применяемого инструмента – универсальный;
- тип применяемых средств контроля – универсальный. [25]

Данные по выбору средств технологического оснащения представлены ниже в таблицах 9-12.

Таблица 9 - Выбор оборудования для изготовления детали - «Шпиндель»

№ операции	Наименование операции	Наименование оборудования
000	Заготовительная	-
010	Токарнофрезерная	Токарнофрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ двухшпиндельный Гильденмастер ТС-800
020	Термическая	-
030	Шлифовальная	Шлифовальный станок GUN 3580
040	Шлифовальная	Шлифовальный станок GUN 3580
050	Моечная	Камерная моечная машина
060	Контрольная	-

Таблица 10 - Выбор оснастки для изготовления детали - «Шпиндель»

№ операции	Наименование операции	Наименование оснастки
000	Заготовительная	-
010	Токарнофрезерная	Патрон трехкулачковый самоцентрирующий специальный с делительной головкой

Продолжение таблицы 10

№ операции	Наименование операции	Наименование оснастки
020	Термическая	-
030	Шлифовальная	Патрон универсальный, люнет
040	Шлифовальная	Патрон универсальный, люнет
050	Моечная	-
060	Контрольная	-

Таблица 11 - Выбор инструмента для изготовления детали - «Шпиндель»

№ операции	Наименование операции	Номер установка	Номер перехода	Наименование инструмента
000	Заготовительная	-	-	-
010	Токарнофрезерная	1	1	Державки QS Cogo Turn Prime для точения; Режущая пластина T-Max® P для точения SANDVIC
			2	Державки QS Cogo Turn Prime для точения; Режущая пластина T-Max® P для точения SANDVIC
			3	Державки QS Cogo Turn Prime для точения; Режущая пластина T-Max® P для точения SANDVIC
			4	Фреза концевая, диаметр 8 мм, с покрытием PVD TiAlN
			5	Фреза концевая, диаметр 10 мм, с покрытием PVD TiAlN
		2	1	Державки QS Cogo Turn Prime для точения; Режущая пластина T-Max® P для точения SANDVIC
			2	Державки QS Cogo Turn Prime для точения; Режущая пластина T-Max® P для точения SANDVIC
			3	Державки QS Cogo Turn Prime для точения; Режущая пластина T-Max® P для точения SANDVIC
			4	Фреза концевая, диаметр 10 мм, с покрытием PVD TiAlN
			5	Фреза концевая, диаметр 12 мм, с покрытием PVD TiAlN
020	Термическая	-	-	-
030	Шлифовальная	-	-	Круг шлифовальный 3-500×80×120 24AF08LV5
040	Шлифовальная	-	-	Круг шлифовальный 3-500×80×120 24AF08LV5
050	Моечная	-	-	-
060	Контрольная	-	-	-

Таблица 12 - Выбор средств контроля для изготовления детали - «Шпиндель»

№ операции	Наименование операции	Наименование оснастки
000	Заготовительная	-
010	Токарнофрезерная	Штангенциркуль, микрометр, биенмер
020	Термическая	-
030	Шлифовальная	Микрометр, биенмер
040	Шлифовальная	Микрометр, биенмер
050	Моечная	-
060	Контрольная	-

2.5 Разработка технологических операций

Для удобства расчета и визуализации параметры технологических операций изготовления шпинделя представим в виде таблицы 13, приведенной ниже. Расчет режимов резания проведем с использованием онлайн калькулятора SANDVIC.

Таблица 13 – Режимы резания и нормы времени для технологического процесса изготовления детали - «Шпиндель»

№ операции	Наименование операции	№ установка	№ перехода	Стойкость инструмента T, мин	Длина рабочего хода, мм	Подача S, мм/об	Число оборотов n, об/мин	Основное время T _о , мин	Штучное время T _{шт} , мин
000	Заготовительная	-	-	-	-	-	-	-	-
010	Токарнофрезерная	1	1	240	253	0,45	800	0,7	12,2
			2	240	229	0,4	1200	0,48	
			3	240	106	0,25	1500	0,28	
			4	240	510	0,4	1000	1,26	
			5	240	24	0,4	1000	0,06	
		2	1	240	255	0,45	800	0,7	
			2	240	255	0,4	1200	0,53	
			3	240	192	0,25	1500	0,51	
			4	240	24	0,4	1000	0,06	
			5	240	119	0,4	1000	0,3	
020	Термическая	-	-	-	-	-	-	-	
030	Шлифовальная	-	-	480	5	0,12	2000	0,1	0,35

Продолжение таблицы 13

№ операции	Наименование операции	№ установка	№ перехода	Стойкость инструмента T, мин	Длина рабочего хода, мм	Подача S, мм/об	Число оборотов n, об/мин	Основное время T _о , мин	Штучное время T _{шт} , мин
040	Шлифовальная	-	-	480	5	0,12	2000	0,1	0,35
050	Моечная	-	-	-	-	-	-	-	-
060	Контрольная	-	-	-	-	-	-	-	-

Чертежи плана обработки детали и технологических наладок приведены в графической части бакалаврской работы.

Вывод: в данном разделе бакалаврской работы разработан технологический процесс изготовления детали.

3 Расчет и проектирование оснастки

3.1 Расчет и проектирование приспособления

В данном разделе производится расчет патрона трехкулачкового самоцентрирующего специального с делительной головкой, применяемого на операции 010 Токарнофрезерная. Наибольшая величина сил резания на установке 1, переход 1 и составляет $P_y = 1011\text{Н}$, $P_z = 2250\text{Н}$. [26]

Произведем расчет усилия зажима по формулам (2), (3):

$$W_z = \frac{KP_z d_1}{f d_2}, \quad (2)$$

$$W_y = \frac{1,5KP_y l}{f d_2}, \quad (3)$$

где $f=0,3$ – величина коэффициента, учитывающего условия трения в губках патрона;

d_1 и d_2 – соответственно размеры обрабатываемой и базовой поверхностей;

K – коэффициент, уточняющий условия выполнения операции, рассчитывается по формуле (4):

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5, \quad (4)$$

где $K_0 = 1,5$ – коэффициент запаса;

$K_1 = 1,2$ – величина коэффициента для черновой обработки, учитывающего влияние неровностей поверхности на увеличение сил резания;

K_2 – величина коэффициента, по затуплению инструмента, принимаем $K_{2z} = 1$; $K_{2y} = 1,4$;

$K_3 = 1$ – величина коэффициента, по характеру резания (для прерывистого резания);

$K_4 = 1$ – величина коэффициента, по постоянству силы зажима механизма;

$K_5 = 1$ – величина коэффициента, по эргономике зажимного механизма (данное значение для механизированных механизмов).

Подставив данные в формулу (4), получим:

$$K_z = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,8;$$

$$K_y = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1 \cdot 1 = 2,52.$$

Рассчитаем W_z и W_y с помощью формул (2) и (3):

$$W_z = \frac{1,8 \cdot 2250 \cdot 75}{0,3 \cdot 60} = 16875 \text{ Н},$$

$$W_y = \frac{1,5 \cdot 2,52 \cdot 1011 \cdot 218}{0,3 \cdot 60} = 4628 \text{ Н}.$$

Для дальнейших расчетов выбираем наихудший вариант: $W=16875\text{Н}$.

Конструкция кулачка изображена на рисунке 3:

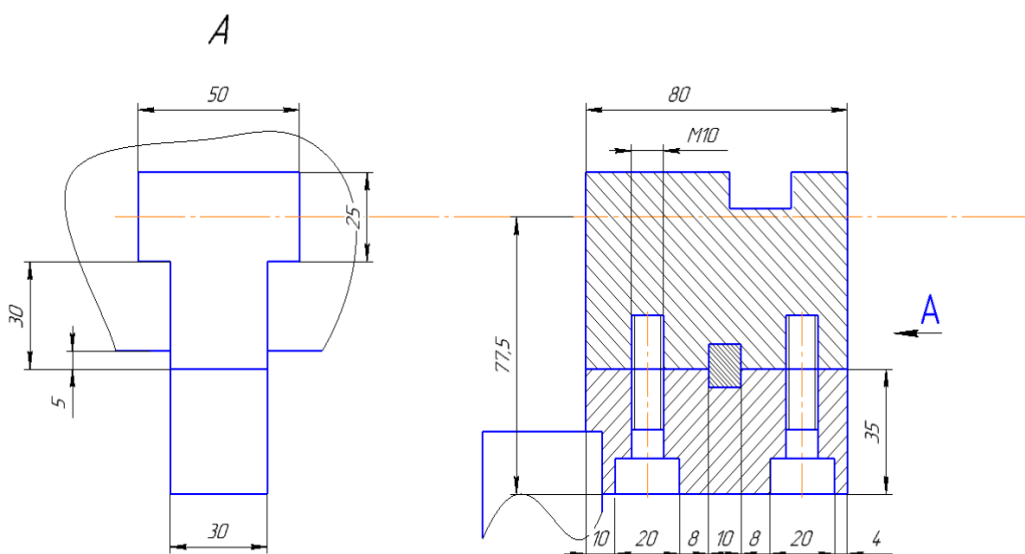


Рисунок 3 – Конструкция сменных и постоянных кулачков.

Произведём расчет усилия зажима W_1 , что прикладывается к кулачкам.
Рассчитаем по формуле (5):

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left(\frac{3l_k}{H_k} f_1\right)}, \quad (5)$$

где l_k – вылет кулачка,
 H_k – длина кулачка.

Вылет и длину принимаем, исходя из разработанной конструкции на рисунке 4. Следовательно l_k и H_k соответственно равны 77,5 и 80 мм.

Подставим полученные значения в формулу (5):

$$W_1 = \frac{16875}{1 - \left(\frac{3 \cdot 77,5}{80} \cdot 0,1\right)} = 23767 \text{ Н.}$$

Рассчитаем диаметр патрона по формуле (6):

$$D_{\text{п}} = d_2 + 2H_k. \quad (6)$$

Получаем:

$$D_{\text{п}} = 60 + 2 \cdot 81 = 222 \text{ мм.}$$

Диаметр патрона превышает 200мм, поэтому принимаем рычажный механизм с передаточным отношением $i_c = 2$.

Далее нужно определить усилие Q , создаваемое силовым приводом по формуле (7):

$$Q = \frac{W_1}{i_c}. \quad (7)$$

Подставляя в формулу необходимые значения получаем:

$$Q = 23767/2 = 11883 \text{ Н.}$$

Расчет привода начинается с определения диаметра поршня для пневмопривода, наиболее используемого на производствах, по формуле (8):

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}}, \quad (8)$$

где P – избыточное давление воздуха, принимаемое равным 0,4 МПа.

Получаем:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{11883}{0,4}} = 194 \text{ мм.}$$

$D = 194 \text{ мм} \geq 120 \text{ мм}$, следовательно пневмопривод не подходит, давление $P=0,4$ МПа мало, применим гидропривод с давлением 2,5 МПа. Тогда по формуле (8) получим:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{11883}{2,5}} = 62,906 \text{ мм} = 63 \text{ мм.}$$

По формуле (9) определим ход поршня:

$$S_Q = S_W \cdot i_c, \quad (9)$$

где $S_W=5$ мм – свободный ход для кулачков;

$i_c=2$ - передаточное отношение.

Тогда по формуле (9) имеем:

$$S_Q = 5 \times 2 = 10 \text{ мм.}$$

Однако, необходим запас по ходу поршня не менее 20 мм, для обеспечения стабильных разгонно-тормозных характеристик поршня. [27]

На следующем этапе по формуле (10) определим погрешность установки:

$$\varepsilon_y = 0,5\sqrt{(\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2 + \Delta_7^2)} \quad (10)$$

где $\Delta_1, \Delta_3, \Delta_5, \Delta_7$ – погрешности, равные допускам на размеры $A_1, A_3,$

A_5, A_7 ($\Delta_1 = T_{A1}; \Delta_3, \Delta_5, \Delta_7$ – аналогично);

$\Delta_2, \Delta_4, \Delta_6$ – погрешности из-за колебания зазоров в сопряжениях

A_2, A_4, A_6 ($\Delta_2 = S_{НБ} - S_{НМ} = \omega_2; \Delta_4, \Delta_6$ – аналогично).

Ниже, на рисунке 4 показана расчетная схема погрешностей патрона.

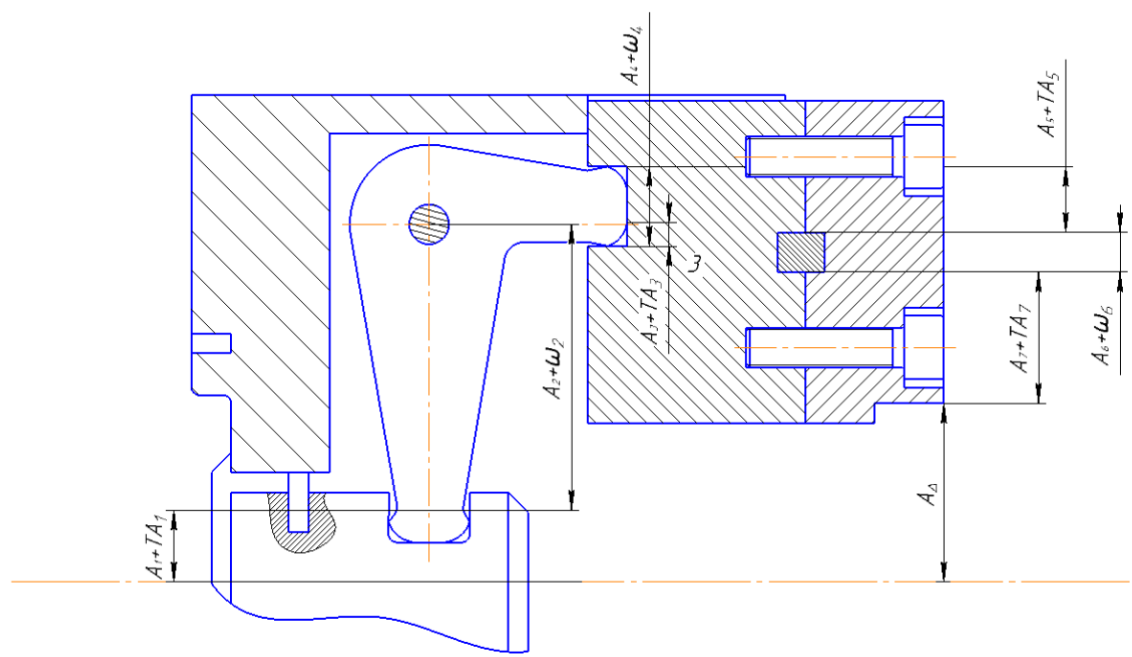


Рисунок 4 – Расчетная схема погрешности патрона с рычажным механизмом

Рассчитаем формулу (10), подставляя необходимые значения соответственно:

$$\varepsilon_y = 0,5 \cdot \sqrt{(0,015^2 + 0,005^2 + 0,012^2 + 0,014^2 + 0,018^2 + 0,022^2 + 0,025^2)} = 0,03 < 0,12$$

Полученное значение является меньше, чем одна третья допускаемого значения, а это удовлетворяет условию.

В заключении рассмотрим вопрос устройства и принципа работы патрона.

При подаче воздуха в штоковую полость гидроцилиндра поршень двигает шток, а шток соответственно рычаг. В корпусе патрона установлены рычаги, которые одним концом соединены с постоянными кулачками, а другим концом со штоком, рычаги поворачиваются на валах и закрепляют заготовку. При подаче воздуха в поршневую полость шток с поршнем за счет создаваемого давления разжимает заготовку.

Кулачковый самоцентрирующийся патрон содержит сменные кулачки, служащие для зажима заготовки. Сменные кулачки соединены с постоянными кулачками шпонками и винтами. В корпусе патрона установлены рычаги с помощью валов, а крышка патрона крепится к корпусу винтами.

Чертеж патрона представлен в графической части данной бакалаврской работы.

3.2 Проектирование режущего инструмента

Режущий инструмент для данных условий работы выбирается универсальный, так как производство единичное, изготовление сложнопрофильного режущего инструмента дорого и нецелесообразно. Учитывая эти условия по формуле (11) посчитаем ширину корпуса резца при квадратном сечении:

$$b = \sqrt[3]{\frac{6P_z \cdot l}{\sigma_{и.д.}}} \quad (11)$$

где P_z – главная составляющая силы резания, Н;

l – вылет резца, принимаем равным 40 мм;

$\sigma_{и.д.}$ – допустимое напряжение при изгибе материала корпуса, для корпуса из стали равно 200 МПа

Получаем:

$$b = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 2250 \cdot 218}{200}} = 16,8 \text{ мм.}$$

Сечение державки должно превышать полученное значения, а значит из стандартного ряда выбираем любое подходящее сечение. В нашем случае сечение будет равным 20 на 20 мм, так как резец используется на многих переходах, подходит резец со сменными пластинами Sandvik Coromant.

3.3 Совершенствование токарной обработки

Совершенствование токарной обработки будем проводить на базе литературных исследований. Целью данных исследований является анализ возможностей прерывистого резания при токарной обработке по пазам и шлицам, с целью замены операций 030 шлифовальная и 040 шлифовальная на токарную операцию. При проведении литературных исследований по совершенствованию токарной обработки возьмем за основу идею, изложенную в патенте РФ № 2711998 , авторов Гришина Д.В., Кудряшова Е.А., Смирнова И.М. и Хижняка Н.А., патентообладатель – АО "Научно-исследовательский инженерный институт".

Идея относится к обработке металлов резанием со снятием стружки и может быть использовано при точении поверхностей сложного профиля,

образованных сочетанием поверхности вращения с элементами ее разрыва - это пазы, лыски, шлицы, отверстия и другие подобные конструктивные элементы различных форм, размеров, комбинаций и расположений, создающих прерывистость резания.

Техническая проблема заключается в низкой работоспособности сменной режущей многогранной пластины, при точении поверхности сложного профиля и не способностью ее конструкции воспринимать без разрушения ударные нагрузки прерывистого резания.

Указанная техническая проблема решается за счет способа точения поверхности сложного профиля сменной режущей многогранной пластиной. Она включает обеспечение контакта с заготовкой в точке передней поверхности, смещенной от вершины. Причем, используется сменная режущая многогранная пластина с циклоидальным профилем передней поверхности. Который, образован качением окружности с радиусом, равным глубине резания от вершины по производящей прямой, проходящей горизонтально через ось заготовки.

Из уровня техники известны способы контурного точения с переменными условиями резания сменной тангенциальной многогранной режущей пластиной (RU 168843, В23В 27/00, опубликовано 21.02.2017). Режущей пластиной из керамики с упрочняющей фаской в виде винтовой радиусной поверхности (RU 110015 U1, В23С 5/20, опубликовано 10.11.2011), которая повышает эксплуатационные показатели в условиях прерывистого точения (прототип).

Основным недостатком перечисленных конструкций является то, что, несмотря на наличие упрочняющей фаски, первоначальный контакт указанных пластин с прерывистой поверхностью заготовки происходит в области хрупкой вершины и режущей кромки, что приводит к

выкрашиванию и сколам элементов инструментального материала и последующей поломке пластины.

Технический результат достигается за счет перераспределения ударных нагрузок прерывистого резания на передней поверхности режущего элемента, имеющей форму циклоидального профиля, от хрупкой вершины и режущих кромок на более прочную отдаленную от них область передней поверхности сменной режущей многогранной пластины. Сущность способа представлена на рисунках 5-3.

На рисунке 5 изображена сменная режущая многогранная пластина, состоящая из совокупности верхней (позиция 1, рисунок 5), нижней (позиция 2, рисунок 5), боковых (позиция 3, рисунок 5), задних (позиция 4, рисунок 5) и передней (позиция 5, рисунок 5) поверхностей.

На рисунке 6 изображено:

- совокупность точек контакта от 1 до n сменной режущей многогранной пластины, в зависимости от степени прерывистости обрабатываемой поверхности;

- γ - определенное значение переднего угла сменной режущей многогранной пластины для совокупности точек контакта от 1 до n ; α - задний угол сменной режущей многогранной пластины;

- β - оптимальное положение врезания сменной режущей пластины в обрабатываемую поверхность - угол контакта.

На рисунке 7 изображено положение настройки сменной режущей многогранной пластины в момент врезания в прерывистую поверхность заготовки, где β – угол контакта передней поверхности сменной режущей многогранной пластины с обрабатываемой поверхностью заготовки; a - смещение точки контакта сменной режущей многогранной пластины относительно оси вращения заготовки; R – радиус заготовки, A - точка,

принадлежащая поверхности заготовки;; h - величина, равная половине ширины элемента разрыва обрабатываемой поверхности; α - задний угол касания точки поверхности заготовки с передней поверхностью сменной режущей многогранной пластины; δ - проекционный угол.

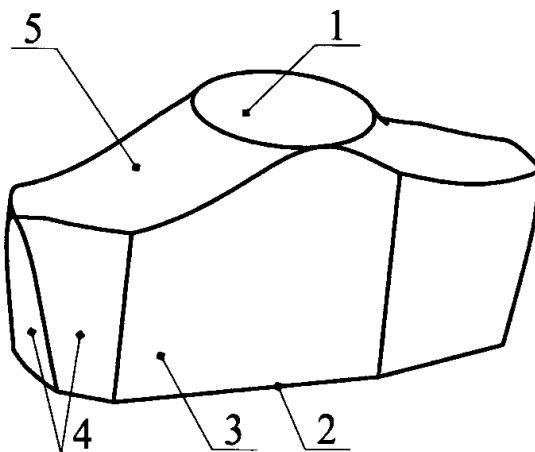


Рисунок 5 - Сменная режущая многогранная пластина

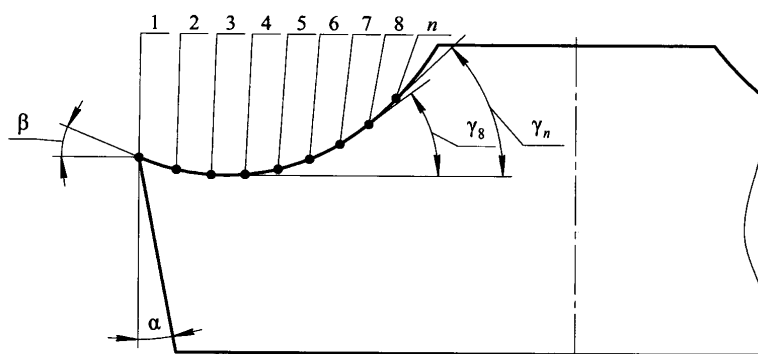


Рисунок 6 - Совокупность точек контакта

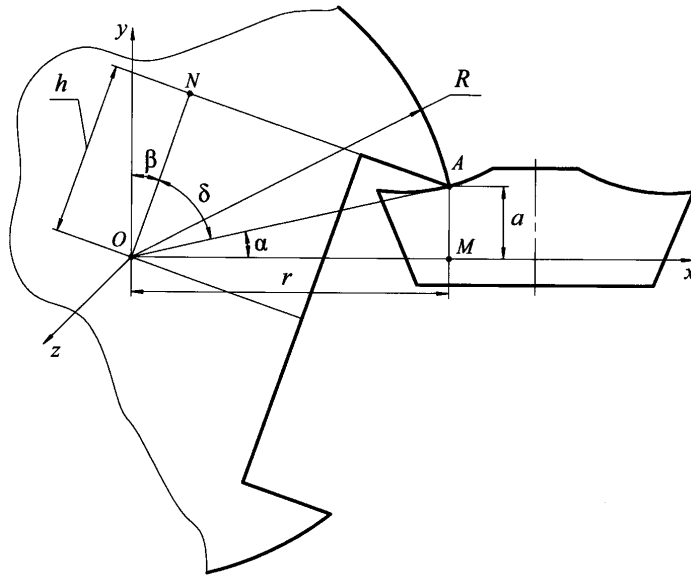


Рисунок 7 - Положение настройки сменной режущей многогранной пластины в момент врезания в прерывистую поверхность заготовки

Задача решается при помощи способа точения поверхности сложного профиля сменной режущей многогранной пластиной с циклоидальным профилем передней поверхности режущего элемента, изображенной на рисунке 5. Передняя поверхность сменной режущей многогранной пластины имеет форму циклоидального профиля. Он построен качением окружности диаметром, равным удвоенному значению максимально возможной глубины резания. Кроме этого, он несет на себе совокупность точек от 1 до n возможного контакта сменной режущей многогранной пластины с заготовкой, при этом каждая точка от 1 до n из указанной совокупности соответствует определенной степени прерывистости обрабатываемой поверхности заготовки. Положение врезания сменной режущей многогранной пластины в обрабатываемую поверхность заготовки обеспечивается расчетным значением угла контакта β , определяемого зависимостью (12):

$$\beta = \arctg \frac{r \cdot h - a \sqrt{r^2 + a^2 - h^2}}{r \cdot \sqrt{r^2 + a^2 - h^2} + a \cdot h} \quad (12)$$

где $r = \sqrt{R^2 - a^2}$;

R - радиус заготовки; a - смещение точки контакта сменной режущей многогранной пластины относительно оси вращения заготовки;

h - величина, равная половине ширины элемента разрыва обрабатываемой поверхности (рисунок 7).

На рисунке 6 изображена совокупность точек контакта сменной режущей многогранной пластины. Каждая точка из указанной совокупности соответствует различной степени прерывистости обрабатываемой поверхности, начиная от точки 1 (гладкая поверхность заготовки, без элементов разрыва), до точки n (точка на остатке первоначальной поверхности резания, при общей площади элементов разрыва, стремящейся к 100 процентам от общей площади обрабатываемой прерывистой поверхности), рисунке 6.

На рисунке 7 изображено положение настройки сменной режущей многогранной пластины в момент врезания в прерывистую поверхность заготовки.

Положение, при котором исключается вероятность разрушения режущего элемента вследствие врезания (обеспечивается работоспособность сменной режущей многогранной пластины, см. точку на передней поверхности, соответствующую моменту врезания режущей пластины в прерывистую поверхность заготовки), определяется расчётным значением угла контакта β передней поверхности сменной режущей многогранной пластины с обрабатываемой поверхностью заготовки, рисунок 7. Искомое

положение является оптимальным с точки зрения сохранения работоспособности сменной режущей многогранной пластины.

Величина угла контакта β , по рисунку 7 определяем по формуле (13):

$$\beta = \frac{\pi}{2} - \delta - \alpha \quad (13)$$

Из треугольника AOM , образованного радиусом из центра заготовки O к точке касания поверхности заготовки A с передней поверхностью сменной режущей многогранной пластины и проекцией этой точки на ось Ox , рисунок 7, имеем по формуле (14):

$$tg\alpha = tgAOM \quad (14)$$

где α - задний угол.

Поскольку $OA=R$; $AM=a$, то $OM = \sqrt{R^2 - a^2}$

где a - смещение точки контакта сменной режущей многогранной пластины относительно оси вращения заготовки;

R - радиус заготовки,

A - точка, принадлежащая поверхности заготовки.

Тогда по формуле (15):

$$tg\alpha = \frac{a}{\sqrt{R^2 - a^2}} \quad (15)$$

Из треугольника OAN имеем зависимость (16):

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2}-\delta\right)=\operatorname{tg}AOM=\frac{h}{\sqrt{r^2+a^2-h^2}} \quad (16)$$

где $ON=h$ - величина, равная половине ширины элемента разрыва обрабатываемой поверхности;

δ - проекционный угол.

Исходя из (15) и (16), по формуле (17) тангенса разности углов найдем:

$$\operatorname{tg}\beta=\frac{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2}-\delta\right)-\operatorname{tg}\alpha}{1+\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2}-\delta\right)\cdot\operatorname{tg}\alpha}=\frac{r\cdot h-a\sqrt{r^2+a^2-h^2}}{r\cdot\sqrt{r^2+a^2-h^2}+a\cdot h} \quad (17)$$

Циклоидальный профиль передней поверхности сменной режущей многогранной пластины перераспределяет ударную нагрузку прерывистого резания. От хрупкой вершины и режущих кромок сменной режущей многогранной пластины на более прочную отдаленную область ее передней поверхности, что, при расчетном значении угла контакта сменной режущей многогранной пластины с заготовкой, повышает период стойкости инструментального материала сменной режущей многогранной пластины.

Пример реализации описан в монографии: «Разработка процессов безударного резания конструктивно сложных деталей машин» / Смирнов И.М., Кудряшов Е.А. - М.: Инновационное машиностроение, 2018. 216, с. 81 и 107.

На примере операции чистового точения прерывистой поверхности детали шлицевой валик, изготовленной из стали 45 (HRC 40...50). С числом пазов на обрабатываемой поверхности равному четырем, шириной шлица 8 мм и диаметре детали 48 мм показаны возможности разработанного способа точения поверхности сложного профиля сменной режущей многогранной пластиной с циклоидальным профилем передней поверхности. А именно: при циклоидальном профиле передней поверхности режущего элемента с геометрией: $\gamma = -8^\circ$, $\alpha = 8^\circ$, $\phi = 45^\circ$, $\phi_1 = 35^\circ$, $\lambda = 3^\circ$ и режимах точения: $V = 3,5$ м/с; $S = 0,05$ мм/об; $t = 0,10$ мм достигнуто стабильное качество обрабатываемой поверхности: $Ra = 0,63$ мкм; JT6...JT7, при производительности точения равному заданному.

Проанализировав, изложенный выше материал можно сделать теоретический вывод о возможности прерывистого резания при токарной обработке по пазам и шлицам, с целью замены операций 030 шлифовальная и 040 шлифовальная на токарную операцию при обработке шпинделя.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Задача раздела – проектирование технологии изготовления шпинделя фрезерного станка центра «Формула Станок» с учетом требований стандартов по безопасности.

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

В таблице 14 приведены данные по выбранной операции [7].

Таблица 14 - Паспорт объекта

Объект	Технологическая операция	Наименование должности работника	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы и вещества
Заготовительная	Литье	Литейщик	Литейная машина	Сталь 40Х, смазки графитовые
Механическая обработка	Токарная операция	Оператор станков с ЧПУ	Токарнофрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ двухшпиндельный Гильденмастер ТС-800, Патрон трехкулачковый самоцентрирующий специальный с делительной головкой	Сталь 40Х, СОЖ, ветошь
Механическая обработка	Шлифовальная операция	Шлифовщик	Шлифовальный станок GUN 3580, Патрон универсальный, люнет	Сталь 40Х, СОЖ, ветошь

4.2 Идентификация профессиональных рисков

В таблице 15 рассматриваются риски. В подразделе приводится систематизация производственно-технологических и эксплуатационных

рисков, к которым относят вредные и опасные производственные факторы, источником которых являются оборудование и материалы, используемые при изготовлении шпинделя фрезерного станка.

Таблица 15 - Определение рисков

Технологическая операция	Опасный и вредный производственный фактор (ОВПФ)	Источник ОВПФ
Литье	ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры объектов ОВПФ, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания Факторы физического воздействия: Неподвижные части колющие, режущие, обдирающие части твердых объектов Движущиеся твердые объекты	Литейная машина
Точение черновое, чистовое, Шлифование	Факторы физического воздействия: Неподвижные части колющие, режущие, обдирающие части твердых объектов Движущиеся твердые объекты ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры объектов ОВПФ, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания ОВПФ, связанные с механическими колебаниями твердых тел ОВПФ, связанные с акустическими колебаниями твердых тел ОВПФ, связанные с электрическим током ОВПФ, связанные с электромагнитными полями Факторы химического воздействия: токсического, раздражающего (через органы дыхания) Факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия: Статическая нагрузка Перенапряжение анализаторов	Станок Гильденмастер ТС-800, Станок GUN 3580, зона резания, зажимные кулачки патрона, резцы, СОЖ, стружка Заготовка, инструмент Пульт управления станком, смазки Манипуляция заготовкой, контроль и управление

4.3 Методы и технические средства снижения рисков

В под разделе выбраны методы и средства снижения профессиональных рисков, которые необходимо использовать для защиты,

или частичного снижения или полного устранения вредного и/или опасного фактора при изготовлении шпинделя фрезерного станка. Снижение рисков достигается мерами (таблица 16).

Таблица 16 – Мероприятия снижения уровня ОВПФ

ОВПФ	Технические средства, организационные методы	Средства защиты (СИЗ)
Неподвижные части колющие, режущие, обдирающие части твердых объектов Движущиеся твердые объекты ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры объектов	Защитный кожух на станке, ограждения Инструктажи по охране труда	Костюм для защиты от загрязнений, перчатки с полимерным покрытием, ботинки кожаные, очки защитные
Факторы химического воздействия: токсического, раздражающего (через органы дыхания)	Организация вентиляции Инструктажи по охране труда	-
ОВПФ, связанные с механическими колебаниями твердых тел	Виброгасящие опоры снизить время контакта с поверхностью подверженной вибрации Инструктажи по охране труда	Резиновые виброгасящие покрытия
ОВПФ, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания	Организация вентиляции Инструктажи по охране труда	-
ОВПФ, связанные с акустическими колебаниями твердых тел	Использование звукопоглощающих Материалов Инструктажи по охране труда	Применение противошумных вкладышей
ОВПФ, связанные с электрическим током ОВПФ, связанные с электромагнитными полями	Заземление станка изоляция токоведущих частей применение предохранителей Инструктажи по охране труда Соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов	Резиновые напольные покрытия, перчатки с полимерным покрытием
Статическая нагрузка Перенапряжение анализаторов	Организация освещения Инструктажи по охране труда	-

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В таблицах 17 – 20 рассматриваются источники пожарной опасности, а также средства, которые необходимо применить, и меры организационного характера, которые необходимо использовать, для обеспечения пожарной безопасности.

Таблица 17 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Номер пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие факторы при пожаре
Литейный	Литейная машина	Класс D	Пламя и искры; тепловой поток	Части оборудования, изделий и иного имущества
Участок обработки шпинделя фрезерного станка	Станок Гильденмас тер ТС-800, Станок GUN 3580	Класс В, Е	Пламя и искры; неисправность электропроводки; возгорание промасленной ветоши	Части оборудования, изделий и иного имущества; Вынос напряжения на токопроводящие части станка; воздействие огнетушащих веществ

Таблица 18 – Выбор средств пожаротушения

Средства пожаротушения				Оборудование
первичные	мобильные	стационарные	автоматики	
Ящик с песком, пожарный гидрант, огнетушители	Пожарные автомобили	Пенная система тушения	Технические средства по оповещению и управлению эвакуацией	Напорные пожарные рукава

Таблица 19 – Средств защиты и пожаротушения

СИЗ	Инструмент	Сигнализация
Веревки пожарные карабины пожарные противогазы, респираторы	Лопаты, багры, ломы и топоры ЩП-Б	Автоматические извещатели

Таблица 20 – Средства обеспечения пожарной безопасности

Процесс, оборудование	Организационно-технические меры	Нормативные требования
Технология изготовления шпинделя фрезерного станка, Станок Гильденмастер ТС-800, Станок GUN 3580	Применение смазочно-охлаждающих жидкостей с использованием негорючих веществ Хранение промасленной ветоши в негоряемых ящиках ; Общее руководство и контроль за состоянием пожарной безопасности на предприятии.	Наличие пожарной сигнализации, Наличие автоматической системы пожаротушения, первичные средств пожаротушения, проведение инструктажей

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Результаты анализа в таблицах 21 и 22. Мероприятия направлены на защиту гидросферы, атмосферы и литосферы.

Таблица 21 – Определение экологически опасных факторов объекта

Производственный технологический процесс	Структурные элементы технологического процесса	Опасные и вредные выбросы в воздух	Сточные воды	Воздействие объекта на литосферу
Технологический процесс изготовления шпинделя фрезерного станка	Станок Гильденмастер ТС-800, Станок GUN 3580	Стружка Токсические испарения Масляный туман	Взвешенные вещества и нефтепродукты отработанные жидкие среды	Отходы стружки Промасленная ветошь Растворы жидкостей

Таблица 22 – Разработанные мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

Объект воздействия	Технология изготовления шпинделя фрезерного станка
на атмосферу	Фильтрационные системы для системы вентиляции участка
на гидросферу	Локальная многоступенчатая очистка сточных вод
на литосферу	Разделение, сортировка, утилизация на полигонах отходов

4.6 Выводы по разделу

Рассматривается обработка на заготовительной, токарной и шлифовальной операциях. Подробно рассмотрена выполняемая на токарном станке Гильденмастер ТС-800 операция, которая включает переходы точения. Задействован оператор станков с ЧПУ. Приспособление – патрон, люнет. Инструмент контурный, канавочный резцы. Применяются материалы: Сталь 40Х, СОЖ - эмульсия, ветошь (таблица 14).

Идентификация профессиональных рисков выполнена для токарной операции, что позволило определить ОВПФ. Это неподвижные колющие, режущие, обдирающие части твердых объектов, движущиеся твердые объекты, ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры объектов, чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, механическими колебаниями твердых тел, акустическими колебаниями твердых тел, электрическим током и электромагнитными полями, токсического, раздражающего воздействия (через органы дыхания), статической нагрузкой и перенапряжением анализаторов (таблица 15).

Для их устранения и снижения негативного воздействия применяются такие методы и средства, как защитный кожух и ограждение, демпфирующие опоры станка, снижение времени контакта с вибрирующими поверхностями, покрытие звукопоглощающими материалами, заземление станка и изоляция токоведущих частей, соблюдение регламентированных перерывов на отдых, а также инструктажи по охране труда, (таблица 16).

Выполнена определение класса, опасных факторов пожара для участка изготовления шпинделя фрезерного станка (таблица 17). Проводится выбор средств пожаротушения (таблица 18, 19), мер по обеспечению пожарной безопасности процесса изготовления шпинделя фрезерного станка (таблица 20).

Определены негативные факторы воздействия процесса изготовления шпинделя фрезерного станка на окружающую среду (таблица 21). Указаны организационно-технические мероприятия по снижению вредного антропогенного влияния технологии на экологию: атмосферы – оснащение фильтрующими элементами системы производственной вентиляции, гидросферы – использованием системы многоступенчатой очистки сточных вод; литосферы – сортировкой отходов и их утилизацией на специальных полигонах (таблица 22).

Выявив и проанализировав технологию изготовления шпинделя фрезерного станка и, ее воздействие на среду, делаем вывод, что данная технология удовлетворяет нормам по защите здоровья человека и окружающей среде.

5 Экономическая эффективность работы

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса и определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений.

В рамках данной бакалаврской работы был разработан технологический процесс изготовления шпинделя фрезерного станка центра «Формула Станок», который кратко можно представить следующим образом:

- 000 операция – заготовительная;
- 010 операция – токарная;
- 030 и 040 операции – шлифовальные;
- 020, 050 и 060 операции, соответственно, термическая, моечная и контрольная.

Подробное описание применяемого оборудования, оснастки, инструмента и способа получения заготовки представлено в предыдущих разделах данной бакалаврской работы.

Учитывая особенности описанного технологического процесса, для достижения поставленной цели, необходимо выполнить следующие действия:

- определение себестоимости изготовления детали по данному процессу;
- расчет капитальных вложений, необходимых для воплощения технологического процесса;
- определение срока окупаемости вложенных инвестиций;
- обоснование эффективности внедрения процесса.

Каждое из указанных действий, предполагает свою методику. Описание методик применяемых для выполнения описанных выше действий, представлено в таблице 23.

Таблица 23 – Методики, применяемых действий, необходимых для экономического обоснования разработанного технологического процесса

Действия по экономическому обоснованию	Применяемые методики
1. Определение себестоимости изготовления детали	1. «Расчет технологической себестоимости технологического процесса» [10, с. 17-19]. 2. «Калькуляция себестоимости обработки детали» [10, с. 19]
2. Расчет капитальных вложений	1. «Расчет капитальных вложений (инвестиций)» [10, с. 15-16]
3. Определение срока окупаемости	1. «Ожидаемая прибыль» [10, с. 20] 2. «Чистая ожидаемая прибыль» [10, с. 20] 3. «Срок окупаемости капитальных вложений» [10, с. 22]
4. Обоснование эффективности внедрения процесса	1. «Определение экономической эффективности проекта» [10, с. 22-23]

Используя, перечисленные в таблице 23, методики и программное обеспечение Microsoft Excel представим и опишем полученные значения по эффективности разработанного технологического процесса.

На рисунке 8 представлено долевое соотношение параметров, входящих в технологическую себестоимость изготовления детали.

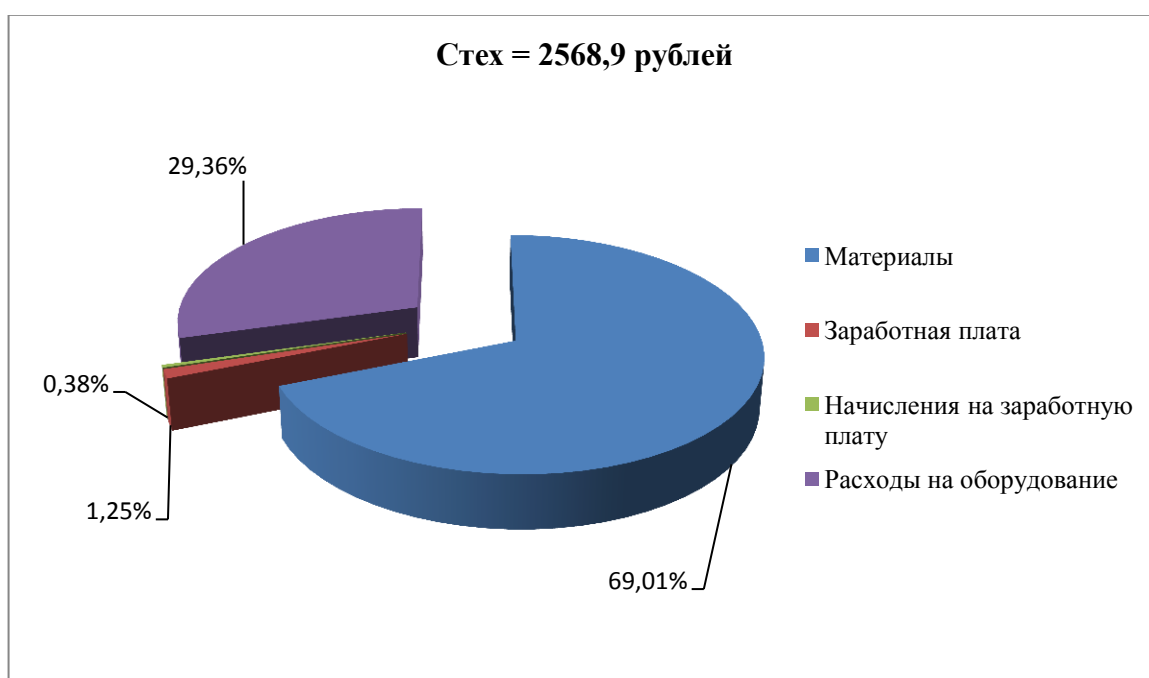


Рисунок 8 – Доли параметров, входящих в технологическую себестоимость

Анализируя представленные на рисунке 8 данные, можно сделать вывод о том, что самой затратной статьёй являются расходы на материал, так как они составляют около 69 % от всей величины технологической себестоимости. Такой объясняется способом получения заготовки, ее массы и используемого материала. Второй, по величине, статьёй расходов являются расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, с объемом 29,4 % от всей величины технологической себестоимости. Превышение данной статьи над зарплатой обосновывается моделями применяемого в технологическом процессе оборудования импортного производства.

На рисунке 9 показана калькуляция себестоимости изготовления.

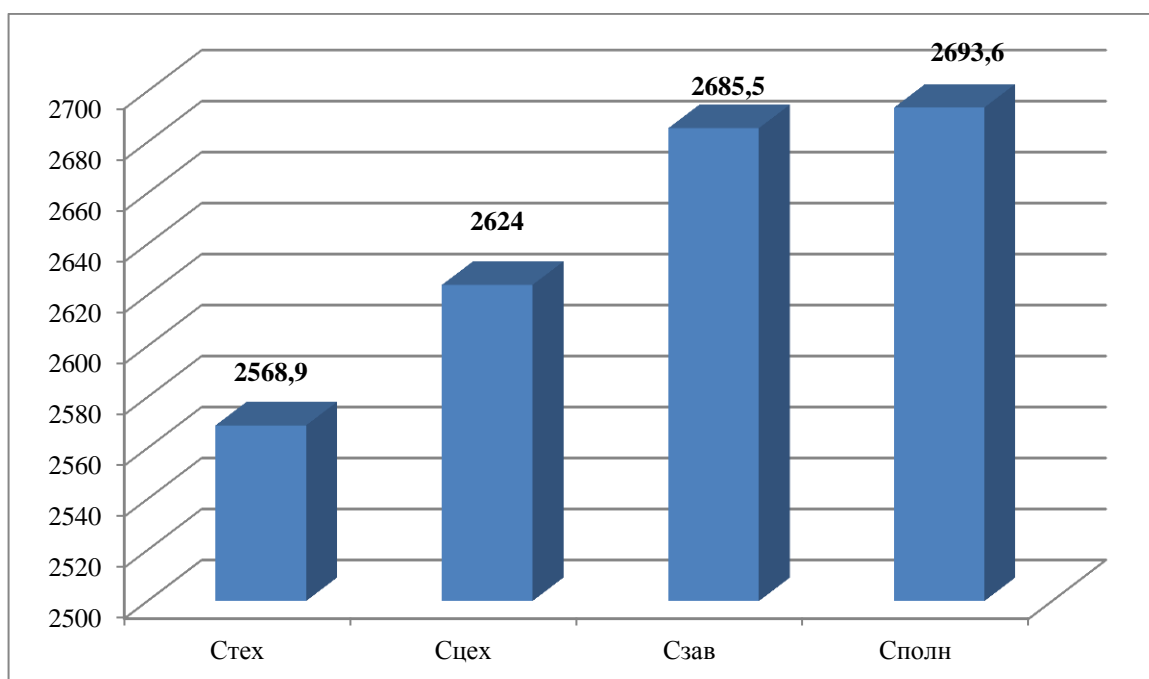


Рисунок 9 – Калькуляция себестоимости обработки детали, руб.

На рисунке 9 показана сформировавшаяся величина таких экономических параметров, как: технологическая ($C_{\text{ТЕХ}}$), цеховая ($C_{\text{ЦЕХ}}$), производственно-заводская ($C_{\text{ЗАВ}}$) и полная ($C_{\text{ПОЛН}}$) себестоимостей. Согласно представленным данным величина полной себестоимости

составила 2693,6 руб. за единицы, производимой по данному технологическому процессу, изделия.

На рисунке 10 представлены значения и их долевое соотношение, повлиявшие на величину капитальных вложений (инвестиций), необходимых для внедрения описанного технологического процесса.

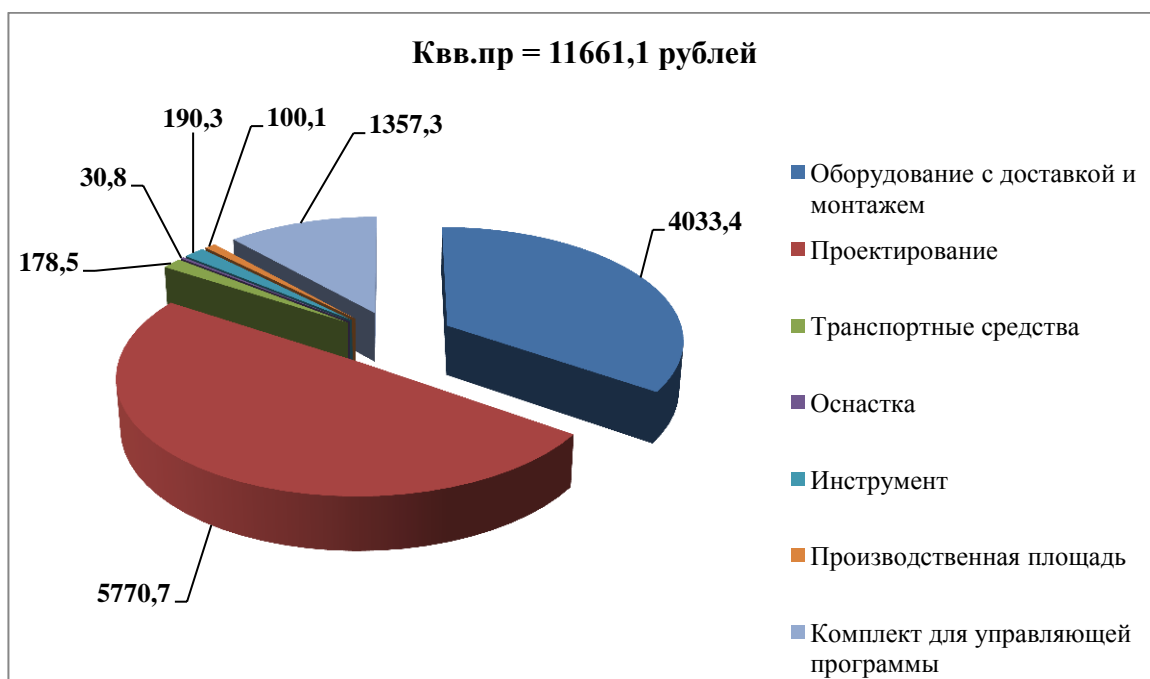


Рисунок 10 – Величина инвестиций и параметры, оказывающие на них влияние, руб.

Анализируя данные, представленные на рисунке 10, можно сделать вывод о том, что больше всего средств необходимо будет вложить в проектирование, данные инвестиции составят 5770,7 руб., что составляет 49,5 % от всех капитальных вложений. Второй статьёй затрат является основное технологическое оборудование с доставкой и монтажом, величина которых составляет 4033,4 руб. или 34,6 % от общих капитальных вложений в предложенный проект. Третье место, в рейтинге весомости, занимают затраты в управляющую программу, ее величина составляет 1357,3 руб. или 11,6 %. Остальные параметры, не смотря на то, что тоже оказывают влияние

на конечную величину, являются незначительными, так как их величина в долевом соотношении составляет от 0,3 % до 1,6 % от общего значения.

Применяемая методика определения срока окупаемости [10, с. 20-22], позволила определить, что за счет заложенной рентабельности производства в 25 %, позволяющей получить 10774,4 руб. чистой прибыли, вложенные инвестиции окупятся в течение 2 лет. Это допустимый срок окупаемости для производственных процессов.

Методика определения экономической эффективности [10, с. 22-23] позволила получить значения таких параметров как: интегральный экономический эффект, составляющий 1532,1 руб. и индекс доходности с величиной 1,13 руб./руб. Анализируя полученные данные и описание рекомендуемых значений, можно сделать вывод об эффективности разработанного технологического процесса изготовления шпинделя фрезерного станка центра «Формула Станок».

Заключение

При выполнении данной бакалаврской работы проведен целый комплекс конструкторских, проектных расчетов касающихся вопросов проектирования техпроцесса, оснастки и других важных элементов, необходимых для разработки техпроцессов.

Выполнены все необходимые чертежи в графической части работы. Для достижения цели работы, были очень подробно рассмотрены и решены следующие задачи:

- разработан чертеж детали в графической части бакалаврской работы;
- проведен анализ исходных данных, по чертежу детали и механизма, в пояснительной записке бакалаврской работы;
- проведен выбор заготовки и ее проектирование, в пояснительной записке бакалаврской работы;
- проведена разработка чертежа заготовки в графической части бакалаврской работы;
- проведена разработка технологического процесса, в пояснительной записке бакалаврской работы;
- проведена разработка чертежа плана обработки в графической части бакалаврской работы;
- проведена разработка чертежа наладки в графической части бакалаврской работы;
- проведен расчет экономического эффекта, который получается за счет введения прогрессивной технологии и оснастки, составляет 1532,1 руб.

Таким образом, цель бакалаврской работы, ранее сформулированная в разделе «Введение» - разработка технологического процесса изготовления шпинделя с минимальной себестоимостью достигнута.

Список используемых источников

- 1 Барановский Ю.В. Режимы резания металлов. Справочник / Ю.В. Барановский. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М., Машиностроение, 1995 г., 320 с.
- 2 Белоусов А.П. Проектирование станочных приспособлений: Учеб. пособие для учащихся техникумов. / А.П. Белоусов.; 3-е изд., перераб. И доп.– М.: (Высшая школа), 1980, 240 с.
- 3 Боровков, В.М. Разработка и проектирование чертежа штамповки. Метод. Указания / В.М. Боровков, ТолПИ, 1990., 25 с.
- 4 Боровков В.М. Экономическое обоснование выбора заготовки при проектировании технологического процесса. Метод. Указания / В.М. Боровков, ТолПИ, 1990., 45 с.
- 5 Горбачевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. Пособие для вузов. / А.Ф.Горбачевич, В.А. Шкред; 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с 4-го издания. – М: ООО ИД «Альянс», 2007.- 256 с.
- 6 Гордеев А.В. Выбор метода получения заготовки. Метод, указания / А.В. Гордеев, - Тольятти, ТГУ, 2004.-9 с.
- 7 Горина Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учеб. Пособие. / Л.Н. Горина, - Тольятти, 2016, 68 с.
- 8 ГОСТ Р 53464-2009. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку [Текст]. – Взамен ГОСТ 26645-85; введ. 2010-24-08. – М.: Стандартиформ, 2010. – 35 с.
- 9 Добрыднев И.С. Курсовое проектирование по предмету "Технология машиностроения" / И.С. Добрыднев, - М: Машиностроение 1985, 184 с.
- 10 Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процес-сов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова,– Тольятти: ТГУ, 2015, 46 с.

11 Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учебник / А. Н. Ковшов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-0833-7.

12 Научные основы технологии машиностроения : учебное пособие / А. С. Мельников, М. А. Тамаркин, Э. Э. Тищенко, А. И. Азарова ; под общей редакцией А. С. Мельникова. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 420 с. — ISBN 978-5-8114-3046-8.

13 Маталин А. А. Технология машиностроения : учебник / А. А. Маталин. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 512 с. — ISBN 978-5-8114-0771-2.

14 Михайлов А.В. Методические указания для студентов по выполнению курсового проекта по специальности 1201 Технология машиностроения по дисциплине «Технология машиностроения» / А.В. Михайлов, – Тольятти, ТГУ, 2005. - 75 с.

15 Нефедов Н.А. Дипломное проектирование в машиностроительных техникумах: Учеб. Пособие для техникумов 2-е изд. перераб. и доп./ Н.А. Нефедов, 76 - М.: Высш. Школа, 1986-239 с.

16 Нефедов Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту Учеб. Пособие для техникумов по предмету "Основы учения о резании металлов и режущий инструмент" 4-е изд. перераб. и доп. / Н.А.. Нефедов, - М., Машиностроение, 1984 г.- 400 с.

17 Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 1/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 912 с.

18 Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 2/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 944 с.

19 Станочные приспособления: Справочник. В 2-х кн. Кн. 1./ Б.Н. Вардашкин; под ред. Б.Н. Вардашкина [и др.]; - М.: Машиностроение, 1984.

17 Таймингс, Р. Машиностроение. Режущий инструмент. Карманный

справочник. Пер. с англ. 2-е изд. Стер./ Р. Таймингс, – М.: Додэка-XXI, 2008, - 336 с.

20 Технология машиностроения [Электронный ресурс]: вопросы и ответы. Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов/ — Электрон. текстовые данные.— Саратов: Вузовское образование, 2015.— 88 с.

21 Ткачук К.Н. Безопасность труда в промышленности / К.Н. Ткачук [и др.] – К. Техника, 1982, 231 с.

22 Davim J.P. Modern Machining Technology. A practice guide Woodhead Publishing, 2011. — 412 p. — (English).

23 Alexander H. Slocum. Precision Machine Design. Society of Manufacturing Engineers, 1992, 750 p. - ISBN 0872634922, 9780872634923.

24 Bozina P. Vorrichtungen im Werkzeugmaschinenbau: Grundlagen, Berechnung und Konstruktion. Springer Berlin Heidelberg, 2013, 245 p. - ISBN3642327060, 9783642327063.

25 Klocke F. Manufacturing Processes 2: Grinding, Honing, Lapping. Vol. 2Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. XXIV, 433 p. 35 illus. — ISBN 978-3-540-92258-2, e-ISBN 978-3-540-92259-9, DOI 10.1007/978-3-540-92259-9.

26 Linke B. Life Cycle and Sustainability of Abrasive ToolsSpringer, 2016. — XVII, 265 p. — ISBN 978-3-319-28345-6; ISBN 978-3-319-28346-3 (eBook).

27 Manfred W, Christian B. Werkzeugmaschinen Fertigungssysteme. Springer Berlin Heidelberg, 2006, 599 p. - ISBN 3540280855, 9783540280859.

Приложение А

Маршрутная карта

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3

<u>Дубл.</u>																				
<u>Взам.</u>																				
<u>Подп.</u>																				
ТТУ																				
Разраб.	Асагулян																			
Провер.	Воронов																			
Н.Контр.	Воронов																			
Утв.	Логинов																			
Шпindelъ																				
M01	Сталь 40X																			
Код		ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ.	Код загот.		Профиль и размеры				КД	МЗ						
-		166	7,7			0,77			415×40				1	10						
M02																				
А	Цех.	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции		СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Обозначение документа					
Б	Код, наименование оборудования										СМ								Кшт.	Дпт.
A03				000	XXXX Заготовительная															
O5T																				
07																				
080				010	Токарнофрезерная															
09T	381825 XXXX Токарнофрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ двухшпиндельный Гильденмастер ТС-800																			
10	Патрон трехшпиндельный самоцентрирующий специальный с делительной головкой; Державки QS Coro Turn Prime для точения; Режущая пластина T-Max® P для точения SANDVIC; Фреза концевая, диаметр 8 мм; Фреза концевая, диаметр 10 мм; Фреза концевая, диаметр 12 мм; Штангенциркуль																			
120				020	Термическая															
13T	381825 XXXX Печь шахтная																			
14																				
15																				
16Q				030	Шлифовальная															
17T	381825 XXXX Шлифовальный станок GUN 3580																			
18	Патрон универсальный, лонет; Круг шлифовальный 3-500×80×120 24AF08LV5; Микрометр																			
19																				
20Q				040	Шлифовальная															
21T	381825 XXXX Шлифовальный станок GUN 3580																			
22	Патрон универсальный, лонет; Круг шлифовальный 3-500×80×120 24AF08LV5; Микрометр																			
23	050 Моетная																			
24	060 Контрольная																			
МК																				

Приложение Б Операционные карты

				ГОСТ 3.1404-86 Форма 3		
Дубл.						
Взам.						
Подп.						
Разраб.						
Пров.						
Н.Контр Утв.						
Наименование операции	ТТУ	Шпиндель		Профиль и размеры	МЗ	КОИД
Токарнофрезерная	Сталь 40Х	Материал	твёрдость	ЕВ	МД	80×436
Оборудование	Обозначение программы	ММ	ММ	ММ	ММ	ММ
Токарнофрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ двухшпиндельный ГильденMASTER TC-800	-XXXXXXX	6	-	-	-	-
P	ШИ	D или B	t	t	S	V
01	A	СОЖ	12,2	5% эмульсия ГОСТ 1975-70	10	1
02 O 396160 XXXX Патрон трехшлицевой самодетрагирующий специальный с делительной головкой						
03 P Точить поверхности, выдерживая размеры согласно эскиза						
04 T 397711 XXXX Державки QS Coro Turn Prime для точения; Режущая пластина T-Max® P для точения SANDVIC; Фреза концевая, диаметр 8 мм;						
05 T Фреза концевая, диаметр 10 мм; Фреза концевая, диаметр 12 мм						
06 393120 XXXX Штангенциркуль						
07						
08						
09						
10						
11						
12						
OK						

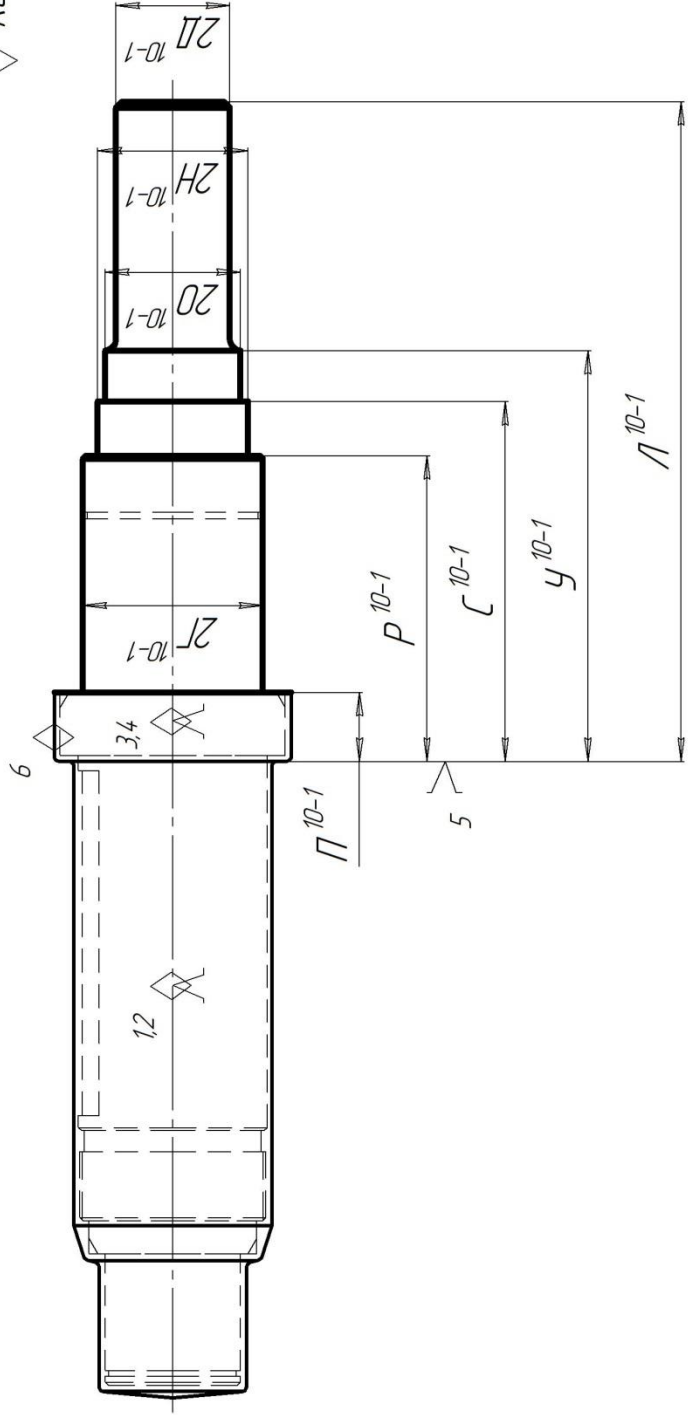
Продолжение Приложения Б

ГОСТ 3.1105-84. Формат 7

Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
Разработ.	Асатурян																Листов	Лист	
Проб.	Варонаб																		
Н. контр.	Варонаб																		
Утв.	Логинаб																		
	ТГУ															Цех	Уч.	Р.М.	010
	Шпindelь																		

Установ 1. Переход 1

▽ Ra 12,5



КЭ

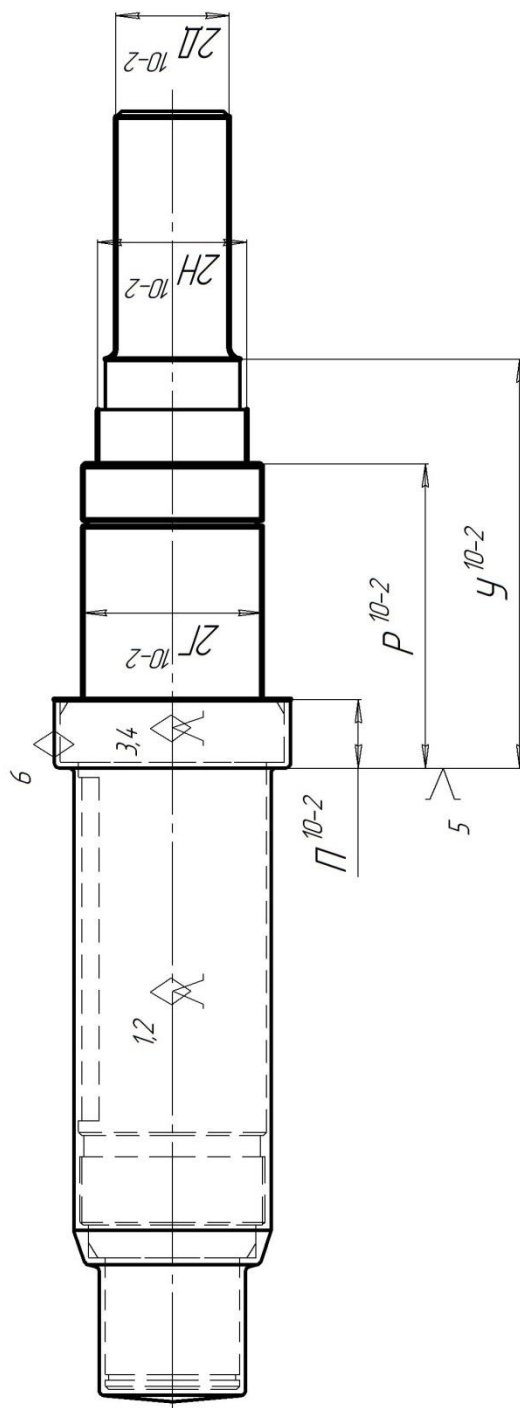
Продолжение Приложения Б

ГОСТ 3.1105-84, форма 7

Дубль.									
Взам.									
Подл.									
Разработчик	Асапурян Воронов			ТГУ			Листов		
Н. контр. Утв.	Воронов Логинюв			Шпиндель			Лист		
Цех	Уч.	Р.М.	010						

Переход 2

∇ Ra 3,2



КЭ

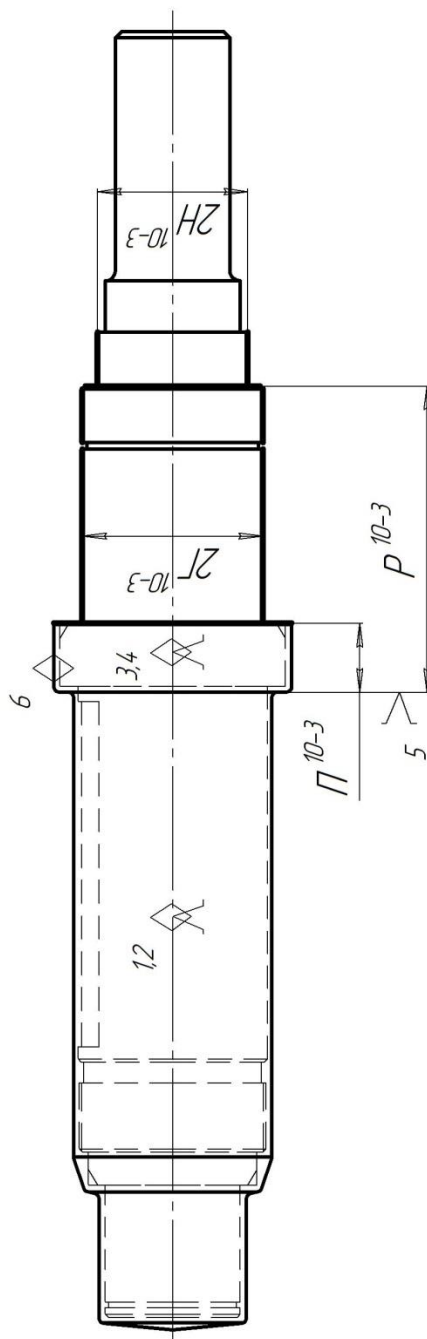
Продолжение Приложения Б

ГОСТ 3.1105-84. Форма 7

Добл.					
Взам.					
Подл.					
Разраб.	Асатурян	ТГУ			Листов
Проб.	Воронов				Лист
Н. контр.	Воронов	Шпindelъ			
Утв.	Логинов				
		Цех	Уч.	Р.М.	010

▽ Ra 2,5

Переход 3



КЭ

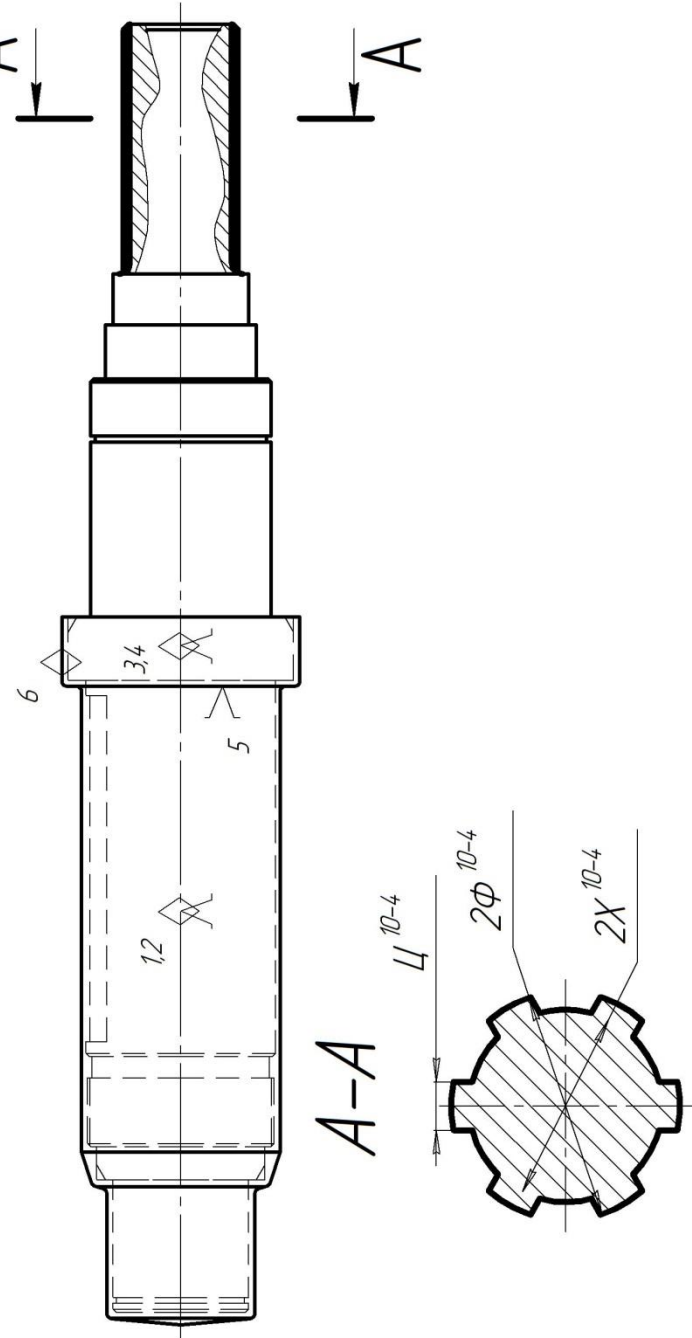
Продолжение Приложения Б

ГОСТ 3.1105-84. Форма 7

Добл.											
Взам.											
Подл.											
									Листов	Лист	
Разработ.	Асатурян										
Проб.	Вароных										
Н. контр.	Вароных										
Утв.	Логинов										
		ТГУ								Цех	Уч. Р.М.
		Шпиндель									010

$\nabla Ra\ 3,2$

Переход 4



КЭ

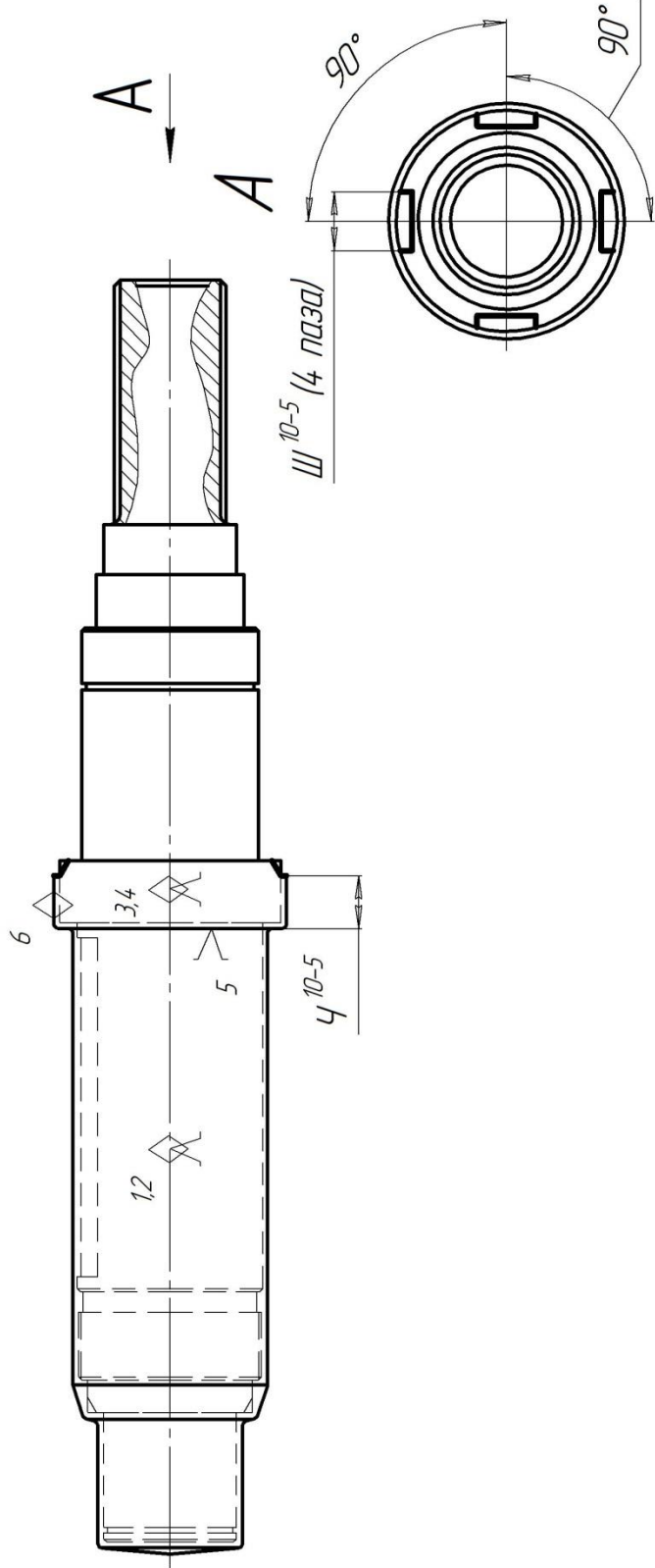
Продолжение Приложения Б

ГОСТ 3.1105-84. Формат 7

Добл.																				
Взам.																				
Подл.																				
Разраб.	Асатурян																			
Проб.	Воронов																			
Н. контр.	Воронов																			
Утв.	Логинов																			
	ТГУ																			
	Шпиндель																			
				Цех	Уч.	Р.М.														010

$\nabla Ra 3,2$

Переход 5



КЭ

Продолжение Приложения Б

ГОСТ 3.1105-84. Форма 7

Дубл.				Листов		Лист	
Взам.							
Подл.							
Разработ.		Асатурян		ТГУ			
Проб.		Воронов					
Н. контр.		Воронов		Шпиндель		010	
Утв.		Логинов					
				Цех		Уч. Р.М.	
<p>Установ 2. Переход 1</p> <p style="text-align: right;">$\nabla Ra 12,5$</p>							
<p style="text-align: right;">КУ</p>							

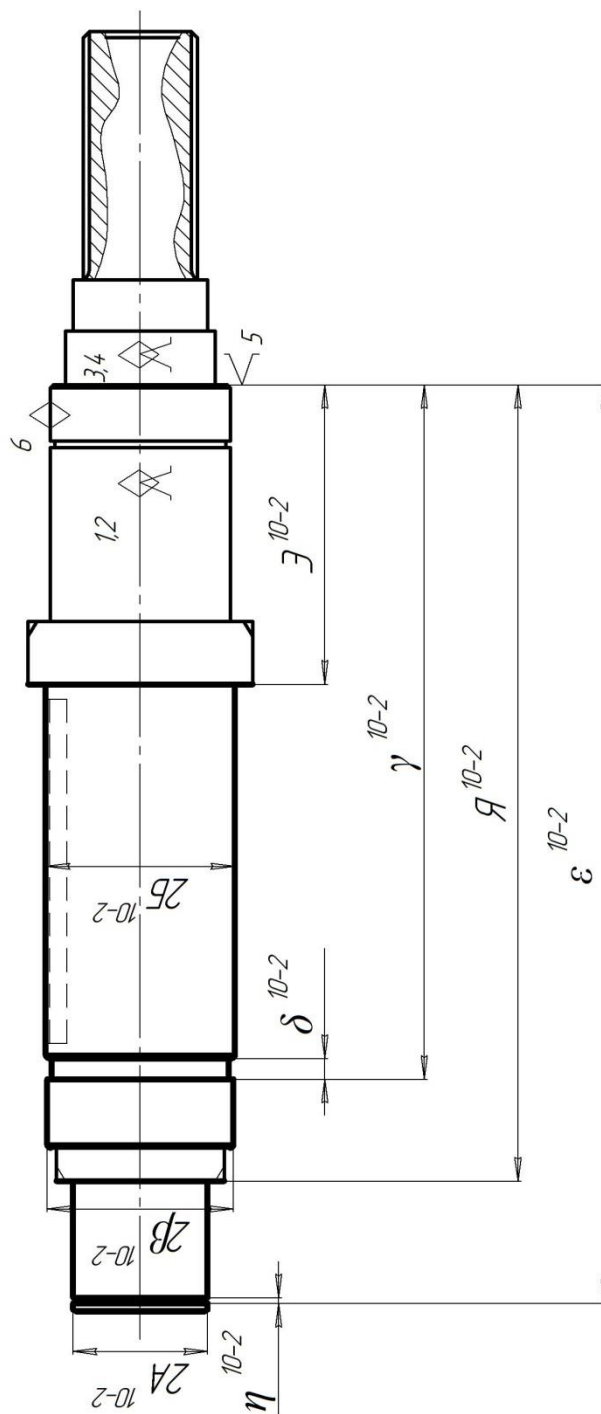
Продолжение Приложения Б

ГОСТ 3.1105-84. Форма 7

Дубл.																				
Взам.																				
Подл.																				
Разраб.	Астаурян				ТГУ				Листов	Лист										
Проб.	Вороноб																			
Н. контр.	Вороноб																			
Утв.	Логиноб										Цех	Уч.	Р.М.	010						
Шпиндель																				

Ра 3,2

Переход 2



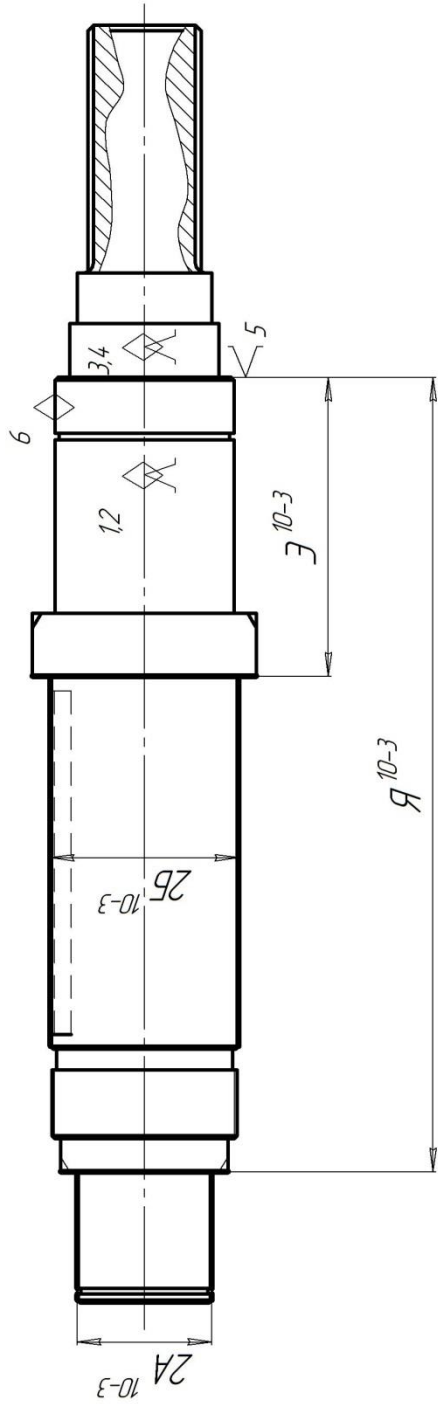
КЭ

Продолжение Приложения Б

ГОСТ 3.1105-84, форма 7

Дубл.													
Взам.													
Подл.													
												Листов	Лист
Разработчик	Асатурян		ТГУ										
Проб.	Воронов												
Н. контр. Утв.	Воронов / Логинюв		Шпиндель										
Цех	Уч.	Р.М.	010										

Переход 3
 $\sqrt{Ra\ 2,5}$



КЭ

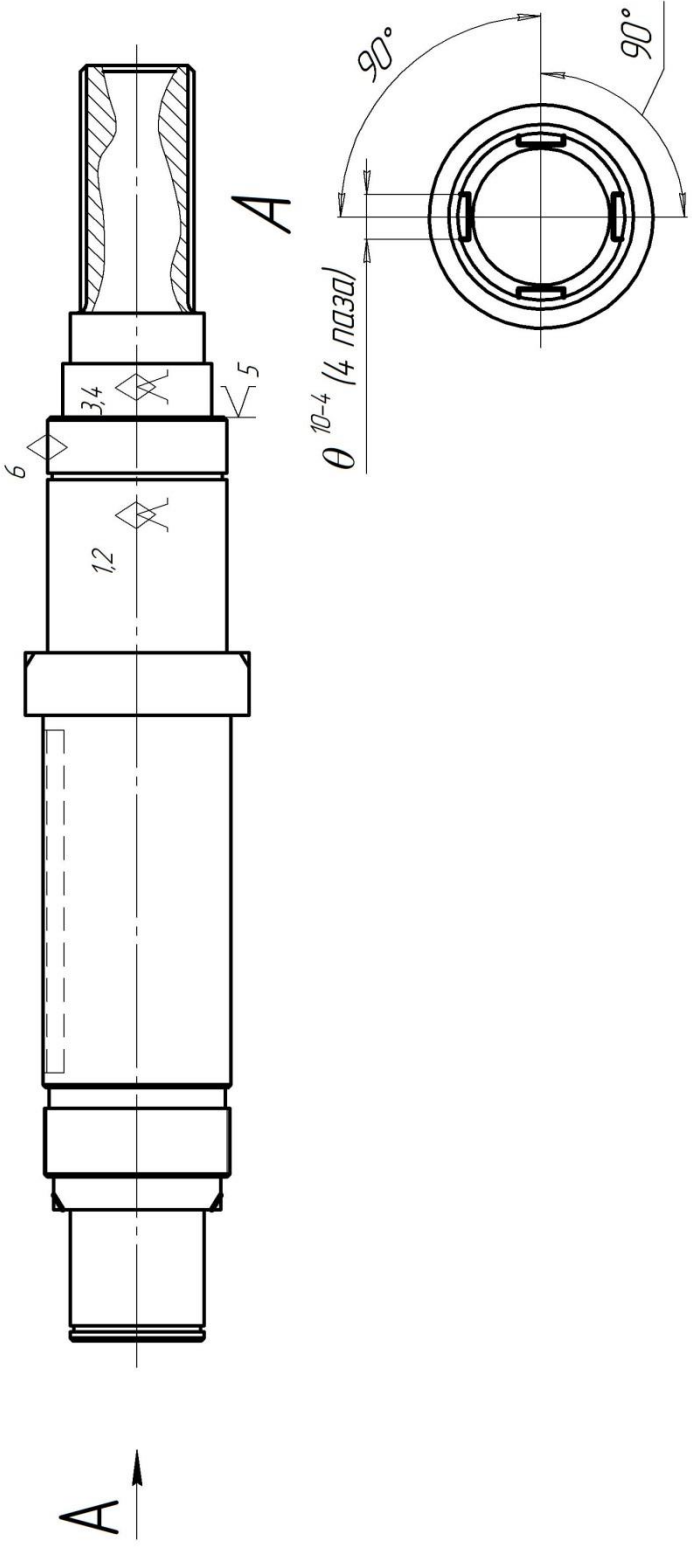
Продолжение Приложения Б

ГОСТ 3.1105-84. Форма 7

Добл.																						
Взам.																						
Подл.																						
Разраб.	Асатурян																					
Проб.	Воронов																					
Н. контр.	Воронов																					
Утв.	Логинов																					
	ТГУ																					
	Шпиндель																					
							Цех	Уч.	Р.М.												Лист	
																						010

✓ Ra 3,2

Переход 4



КЭ

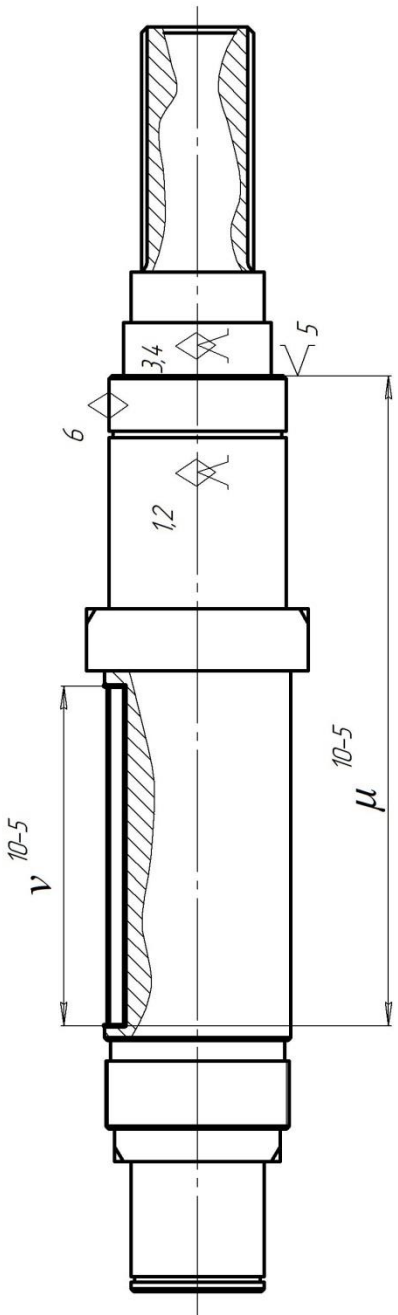
Продолжение Приложения Б

ГОСТ 3.1105-84, форма 7

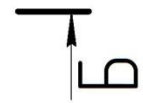
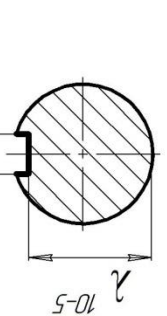
Дубл.												
Взам.												
Подл.												
Разраб. / Проб.	Асатуриян / Воронов	ТГУ						Листов	Лист			
Н. контр. / Утв.	Воронов / Логинов	Шпиндель						Цех	Уч.	Р.М.	010	

Переход 5

$\nabla Ra 3,2$



B-B



К3

Приложение В

Спецификация

		Перв. примен.			Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
		Формат	Зона	Поз.					
Справ. №		A1			20.БР.ОТМП.701.70.000 СБ	Сборочный чертеж			
						Документация			
							Детали		
		A1	1		20.БР.ОТМП.701.70.001	Корпус патрона	1		
		A4	2		20.БР.ОТМП.701.70.002	Подкулачок	3		
		44	3		20.БР.ОТМП.701.70.003	Сухарь	3		
		A4	5		20.БР.ОТМП.701.70.005	Кулачок сменный	3		
		A3	6		20.БР.ОТМП.701.70.006	Втулка-клин	1		
		A3	7		20.БР.ОТМП.701.70.007	Втулка	1		
Подп. и дата		A4	8		20.БР.ОТМП.701.70.008	Винт специальный	1		
		A4	9		20.БР.ОТМП.701.70.009	Втулка	1		
		A4	11		20.БР.ОТМП.701.70.011	Втулка	1		
		A4	15		20.БР.ОТМП.701.70.015	Корпус	3		
		A4	18		20.БР.ОТМП.701.70.018	Штифт специальный	3		
		A1	27		20.БР.ОТМП.701.70.027	Корпус гидроцилиндра	1		
		A3	29		20.БР.ОТМП.701.70.029	Крышка	1		
		A3	31		20.БР.ОТМП.701.70.031	Шток	1		
		A4	33		20.БР.ОТМП.701.70.033	Втулка	1		
		A3	34		20.БР.ОТМП.701.70.034	Крышка	1		
Инв. № подл.		A3	35		20.БР.ОТМП.701.70.035	Поршень	1		
					20.БР.ОТМП.701.70.000 СБ				
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
	Разрад.	Асатурян				Лит.	Лист	Листов	
	Проб.	Воронов				Д1	1	2	
	Н.контр.	Воронов				Патрон Сборочный чертеж ТГУ ТМп-1601Б			
	Утв.	Логинов							
					Копировал				
					Формат А4				

