

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств»
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Технология машиностроения
(направленность (профиль)/ специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс изготовления рулевой рейки автомобиля
«Гранта»

| | | |
|--------------|--|----------------------------------|
| Студент | <u>И.А. Задворнов</u> (И.О. Фамилия) | <u>_____</u> (личная подпись) |
| Руководитель | <u>к.т.н., доцент Д.Ю. Воронов</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия) | |
| Консультанты | <u>к.э.н. Н.В. Зубкова</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия) | |
| | <u>к.т.н., доцент А.В. Краснов</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия) | |

Тольятти 2020

Аннотация

Технологический процесс изготовления рулевой рейки автомобиля «Гранта». Бакалаврская работа. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2020.

В бакалаврской работе представлена технология изготовления рулевой рейки автомобиля «Гранта» для условий крупносерийного производства.

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

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 59 страниц, содержащую 20 таблиц, 14 рисунков, и графическую часть, содержащую 7 листов.

Abstract

Technological process of manufacturing the steering rack of the car "Grant".
Bachelor's work. Tolyatti. Togliatti state University, 2020.

The bachelor's work presents the technology of manufacturing the steering rack of the car "Grant" for large-scale production conditions.

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

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 59 pages, containing 20 tables, 14 figures, and a graphic part containing 7 sheets.

Содержание

| | |
|---|----|
| Введение..... | 6 |
| 1 Анализ исходных данных | 7 |
| 1.1 Служебное назначение детали..... | 7 |
| 1.2 Классификация поверхностей детали..... | 9 |
| 1.3 Технологичность детали..... | 9 |
| 1.4 Задачи работы..... | 11 |
| 2 Разработка технологической части работы..... | 12 |
| 2.1 Выбор типа производства и его стратегии | 12 |
| 2.2 Выбор метода получения заготовки..... | 13 |
| 2.3. Проектирование заготовки..... | 14 |
| 2.4 Разработка ТП изготовления детали..... | 14 |
| 2.5 Описание схем базирования детали..... | 17 |
| 2.6 Выбор средств технического оснащения..... | 19 |
| 2.7 Определение такта выпуска..... | 22 |
| 2.8 Разработка технологических операций | 22 |
| 3 Совершенствование технологического процесса и инструмента на базе литературных исследований | 24 |
| 3.1 Система автоматического управления процессом шлифования | 24 |
| 3.2. Система автоматического проектирования оптимального управления при круглом врезном шлифовании | 31 |
| 3.3 Проектирование специального шлифовального круга..... | 35 |
| 4. Безопасность и экологичность технического объекта..... | 38 |
| 4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта | 38 |
| 4.2 Идентификация профессиональных рисков | 38 |
| 4.3 Методы и технические средства снижения рисков | 39 |
| 4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта | 41 |
| 4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта ... | 42 |
| 4.6 Выводы по разделу | 43 |

| | |
|--|----|
| 5 Экономическая эффективность работы | 45 |
| Заключение. | 50 |
| Список используемых источников..... | 51 |
| Приложение А Маршрутная карта..... | 54 |
| Приложение Б Операционные карты..... | 57 |
| Приложение В Спецификация..... | 59 |

Введение

Качество выпускаемой продукции в современном машиностроении, в частности в автомобилестроении, определяется не только качеством материала, но и качеством применяемых технологий. Современный автомобиль представляет собой сложнейшее техническое изделие. Он содержит множество узлов и агрегатов от качества работы, которых зависит безопасность и удобство эксплуатации автомобиля.

Важнейшим таким узлом, определяющим качество, безопасность и удобство эксплуатации автомобиля является рулевой механизм. Действительно, автомобили с неисправным рулевым механизмом запрещено эксплуатировать, так как он критически влияет на безопасность движения. Основной деталью рулевого механизма автомобиля «Гранта», критическим образом влияющей на его работоспособность, является деталь - «Рейка руля».

Поэтому тема данной бакалаврской работы является актуальной, а работы направленные на решение данных проблем являются необходимыми для развития современного машиностроения в тренде мирового развития.

Тогда, цель бакалаврской работы может быть сформулирована следующим образом: разработка технологического процесса (ТП) изготовления рулевой рейки автомобиля «Гранта» с минимальной себестоимостью.

Для достижения данной цели необходимо решить ряд проектных и технических задач, которые сформулированы в первом разделе бакалаврской работы.

В ходе выполнения данных задач будут сформированы последующие разделы бакалаврской работы, а следовательно будет достигнута и поставленная цель работы.

1 Анализ исходных данных

1.1 Служебное назначение детали

Рулевой механизм автомобиля «Гранта» - представляет собой механизм реечного типа с переменным передаточным отношением. Общий вид рулевого механизма показан на рисунке 1. Крепление рулевого механизма в автомобиле «Гранта» осуществляется на щитке передка кузова моторного отсека через резиновые опоры двумя скобами, посредством приварных болтов по два с каждой стороны, с каждой из сторон щитка передка.

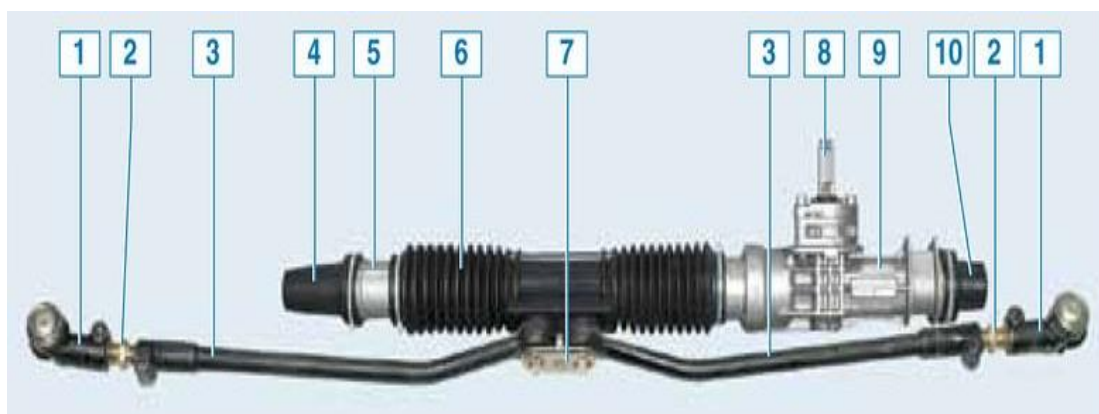


Рисунок 1 – Общий вид рулевого механизма автомобиля «Гранта»

Деталь - «Рейка руля» является составной частью рулевого механизма, и предназначена для обеспечения возвратно поступательного движения рейки, за счет чего происходит управление (поворот) колес автомобиля. Конструкция рейки предусматривает обеспечение преобразования вращательного движения шестерни в возвратно поступательное движение рейки. Кроме этого, рейка работает в условиях надежной смазки. Указанные особенности конструкции рейки и реечного механизма, позволяют

обеспечить значительные величины сдвигающих моментов на выходе, при незначительных размерах самого механизма. Данное обстоятельство обеспечивает компактность реечного механизма, 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.

Конструктивной особенностью детали - «Рейка», является точное расположение зубьев рейки с переменным шагом, для обеспечения надежной работы реечного механизма. Данные зубья являются важнейшей частью реечного механизма, прямым образом влияющая на качество и долговечность работы всего рулевого механизма.

Материал детали - «Рейка» - Сталь 50 селект. Данные о параметрах материала приведены в таблице 1 и рисунке 2.



Рисунок 2 – Основной химический состав Стали 50 селект

Таблица 1 – Параметры материала детали – Стали 50 селек

| Наименование параметра | Единица измерения параметра | Значение параметра |
|---------------------------------|-----------------------------|--------------------|
| Предел прочности при растяжении | кгс/мм ² | 76 |
| Предел прочности при изгибе | кгс/мм ² | 59 |
| Плотность материала | Мг/м ³ | 7,87 |
| Обрабатываемость | - | высокая |
| Твердость | НВ | 240-270 |
| Условный предел текучести | кгс/мм ² | 53 |
| Коэффициент ударной вязкости | кДж/м ² | 39 |

1.2 Классификация поверхностей детали

Основываясь на общем виде детали с нумерацией поверхностей, приведенном на рисунке 3, 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 2.

Таблица 2 – Классификация по служебному назначению поверхностей детали

| Наименование поверхностей | Номера поверхностей |
|--------------------------------------|---------------------|
| Основные конструкторские базы | 4,6 |
| Вспомогательные конструкторские базы | 3,7 |
| Исполнительные | 10,12,13,15,16,18 |
| Свободные | Остальные |

1.3 Технологичность детали

Исследование технологичности детали будем проводить, определяя соответствующие показатели по зависимостям, приведенным ниже:

- Коэффициент унификации $K_{у.э.} = Q_{у.э.} / Q_{э}$, $K_{у.э.} = 15/18 = 0,83$;

- Коэффициент использования материала $K_{и.м.} = M_{д} / M_{з}$, $K_{и.м.} =$

$$=3,7/4,3 = 0,86;$$

- Коэффициент точности $K_{тч}=1-1/T_{ср}$, $K_{тч} = 1-(1/8,2)=0,86;$

- Коэффициент шероховатости $K_{ш}=1/Ш_{ср}$, $K_{ш} = 1/2,4=0,42.$

Вывод: Деталь - «Рейка», изготовленная из Стали 50 селек, соответствует всем требованиям по технологичности, является технологичной.

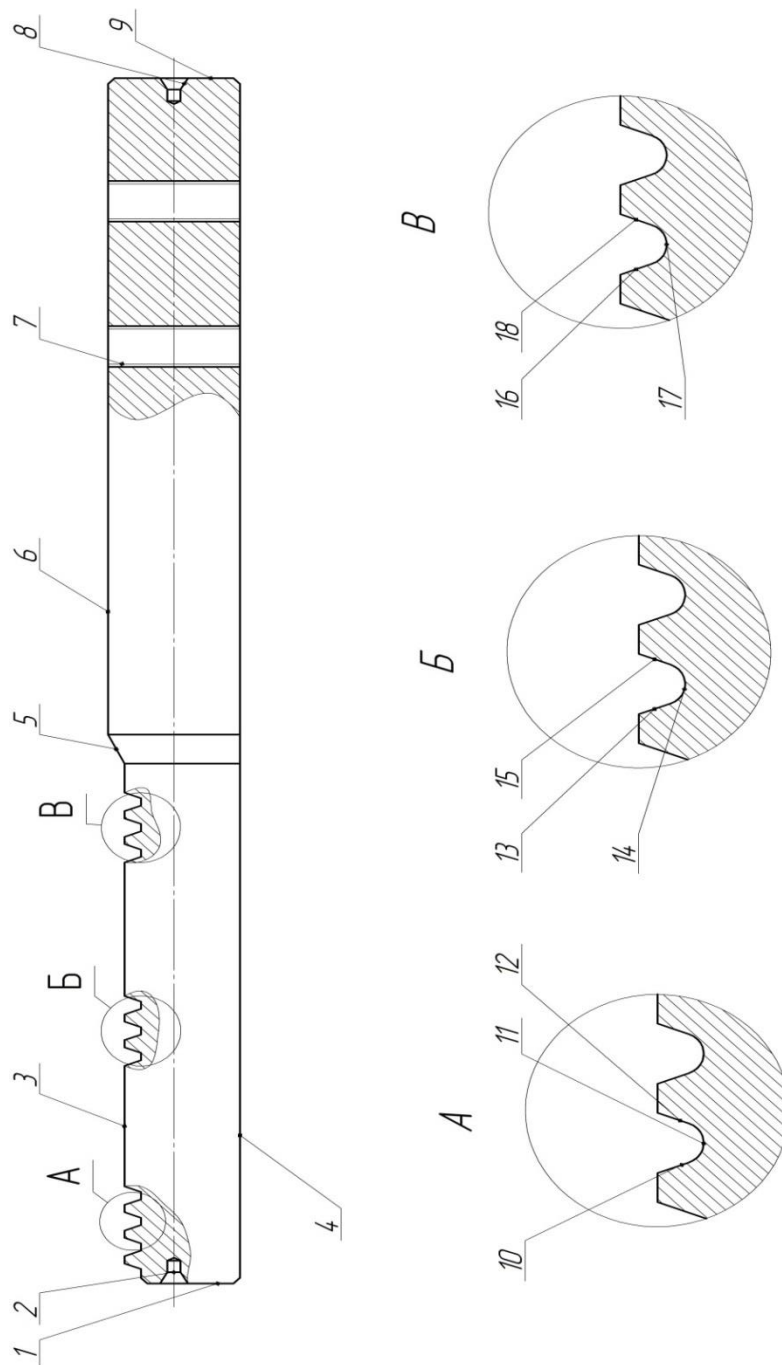


Рисунок 3 – Общий вид детали - «Рейка»

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:

- анализа исходных данных, по чертежу детали и механизма, в пояснительной записке бакалаврской работы;
- выбор заготовки и ее проектирование, в пояснительной записке бакалаврской работы;
- разработка технологического процесса, в пояснительной записке бакалаврской работы;
- разработка чертежа наладки в графической части бакалаврской работы;
- проектирования приспособления и специального инструмента, в пояснительной записке бакалаврской работы;
- разработка чертежа приспособления в графической части бакалаврской работы;
- разработка чертежа инструмента в графической части бакалаврской работы;
- 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

Определение типа производства по методике, предложенной в [17], позволяет сделать это быстро, используя минимум данных. Годовая программа выпуска деталей $N= 20000$ шт/год, масса детали $m= 3,7$ кг. Для данных приведенных выше, по таблице 4.2 [17] определяем тип производства, как крупносерийный.

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

- расстановка оборудования по выполнению технологического процесса;
- средняя квалификация рабочих;
- технологическая документация оформляется в виде маршрутной и операционных карт;
- припуски определяют расчетно-аналитическим методом;
- в качестве заготовки будет использоваться прокат или штамповка;
- режимы резания вычисляются по эмпирическим зависимостям;
- нормирование осуществляется по общемашиностроительным нормативам;
- тип применяемого оборудования – специализированный;
- тип применяемой оснастки – специализированный;
- тип применяемого инструмента – специализированный;
- тип применяемых средств контроля – специализированный;
- перемещение изделий между операциями – вручную, при большой массе – кран, погрузчик;
- коэффициент концентрации номенклатуры – 1-10;
- применение научных достижений – высокое.

2.2 Выбор метода получения заготовки

В качестве методов получения заготовки, в соответствии со стратегией, описанной в пункте 2.1, данной бакалаврской работы являются:

- штамповка;
- прокат.

Определение стоимости заготовок будем производить по методике [17]. Данные по расчету стоимости заготовок представлены в виде таблицы 3, приведенной ниже.

Таблица 3 – 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. |
|---------------------------|------------------|---------------------|---|--|---|--|
| штамповка | 3,7 | 4,3 | 77 | 3,57 | 1,4 | 219 |
| прокат | 3,7 | 5,2 | 60 | 7,14 | 1,4 | 224,5 |

Анализирую данные, представленные в таблице 3, можно сделать вывод о том, что в качестве метода получения заготовки для данной детали предпочтительнее всего выбрать метод штамповки, 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 штамповки и проката соответственно, руб.;

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

Подставим требуемые данные в формулу (1):

$$\Delta = (C_{T_2} - C_{T_1}) \cdot N = (224,5 - 219) \cdot 20000 = 110000 \text{ руб.}$$

Таким образом, применение в качестве метода получения заготовки – штамповкой, позволяет получить условную годовую экономию в размере – 110000 рублей.

2.3. Проектирование заготовки

Для данной заготовки необходимо назначить следующие технические требования:

- термическая обработка - изотермический отжиг НВ 240±30;
- класс точности - Т3 по ГОСТ 7505-89 ;
- степень сложности - С1 по ГОСТ 7505-89;
- группа стали - М2 по ГОСТ 7505-89;
- штамповочные радиусы R2 max;
- штамповочные уклоны 5°;
- поверхностные дефекты на обрабатываемой поверхности глубиной не более 0,5 фактического припуска;
- допускается смещение по линии разъема штампов не более 0.6 мм.

Общий вид заготовки детали - «Рейка» представлен ниже на рисунке 4.

Чертеж штамповки представлен в графической части бакалаврской работы.

2.4 Разработка ТП изготовления детали

Разработку технологического процесса изготовления детали - «Рейка» будем производить в два этапа. На первом этапе, разработаем маршрут обработки отдельных поверхностей детали - «Рейка», данные по разработке данного маршрута приведем ниже в таблице 4.

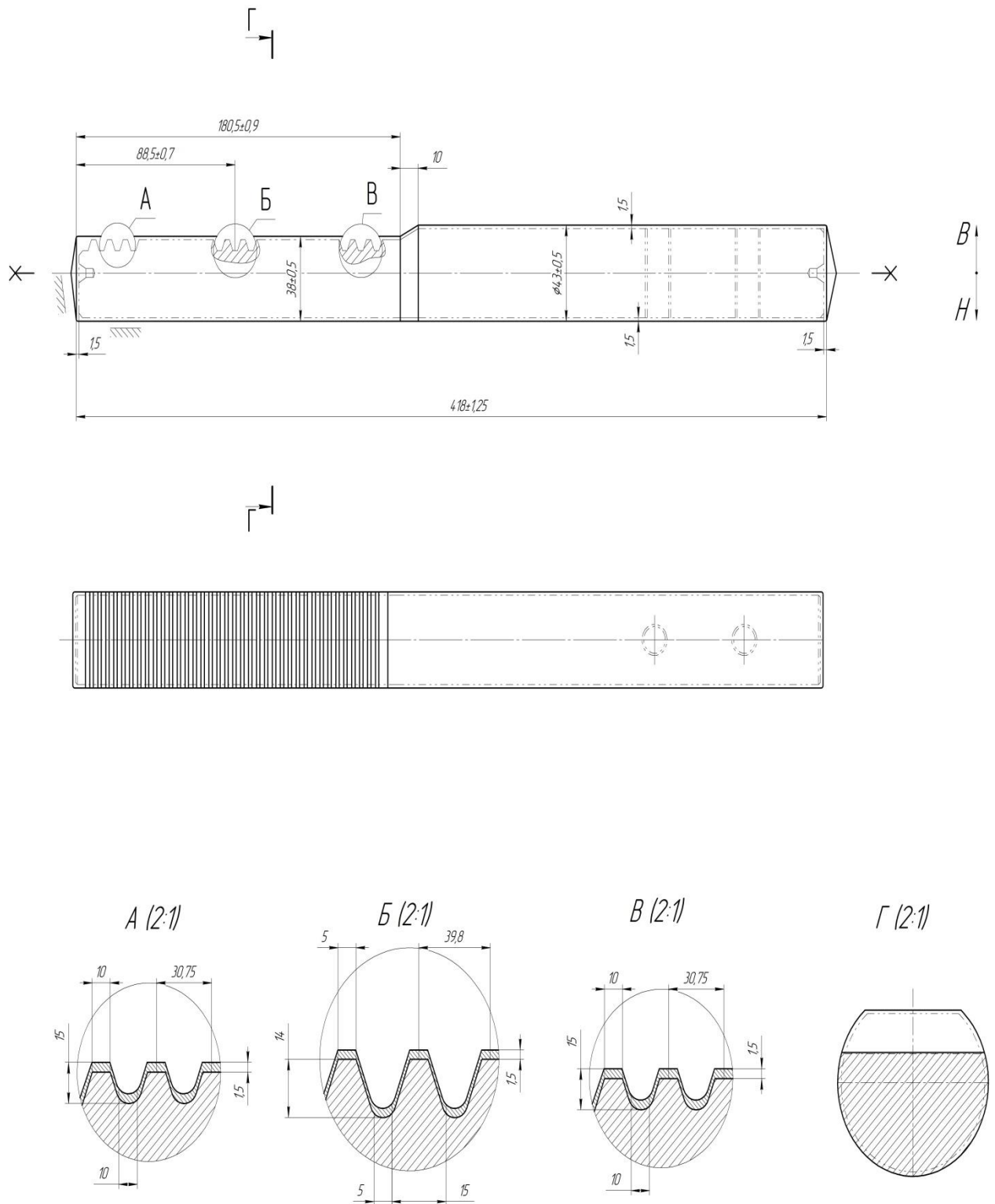


Рисунок 4 – Общий вид заготовки детали - «Рейка»

Таблица 4 - Технологический маршрут изготовления поверхностей детали - «Рейка»

| № пов. | Шероховатость R_a , мкм | Квалитет точности | Вид поверхности | Последовательность обработки |
|--------|---------------------------|-------------------|-----------------|---|
| 1 | 6,3 | 12 | Плоская | Штамповка-Точение черновое-Термообработка |
| 2 | 3,2 | 9 | Цилиндрическая | Штамповка-Сверление-Термообработка |
| 3 | 1,6 | 7 | Плоская | Штамповка-Фрезерование-Термообработка-Шлифование |
| 4 | 1,6 | 7 | Цилиндрическая | Штамповка-Точение черновое-Точение чистовое-Термообработка-Шлифование |
| 5 | 3,2 | 9 | Плоская | Штамповка-Фрезерование-Термообработка |
| 6 | 2,5 | 7 | Цилиндрическая | Штамповка-Точение черновое-Точение чистовое-Термообработка-Шлифование |
| 7 | 3,2 | 9 | Цилиндрическая | Штамповка-Сверление-Резьбонарезание-Термообработка |
| 8 | 3,2 | 9 | Цилиндрическая | Штамповка-Сверление-Термообработка |
| 9 | 6,3 | 12 | Плоская | Штамповка-Точение черновое-Термообработка |
| 10 | 1,6 | 7 | Эвольвентная | Штамповка-Термообработка-Шлифование |
| 11 | 1,6 | 7 | Эвольвентная | Штамповка-Термообработка-Шлифование |
| 12 | 1,6 | 7 | Эвольвентная | Штамповка-Термообработка-Шлифование |
| 13 | 1,6 | 7 | Эвольвентная | Штамповка-Термообработка-Шлифование |
| 14 | 1,6 | 7 | Эвольвентная | Штамповка-Термообработка-Шлифование |
| 15 | 1,6 | 7 | Эвольвентная | Штамповка-Термообработка-Шлифование |
| 16 | 1,6 | 7 | Эвольвентная | Штамповка-Термообработка-Шлифование |
| 17 | 1,6 | 7 | Эвольвентная | Штамповка-Термообработка-Шлифование |
| 18 | 1,6 | 7 | Эвольвентная | Штамповка-Термообработка-Шлифование |

Используя данные, по обработке отдельных поверхностей, представленные выше в таблице 4, можно перейти ко второму этапу разработки технологического процесса. Для систематизации и упорядочения

сведений второй этап разработки технологического процесса представим в виде таблицы 5.

Таблица 5 - Технологический процесс изготовления детали - «Рейка»

| № операции | Номер перехода | Шероховатость R_a , мкм | Квалитет точности | Номера обрабатываемых поверхностей | Наименование операции |
|------------|----------------|---------------------------|-------------------|---|-----------------------|
| 000 | - | 80 | 14 | все | Заготовительная |
| 010 | - | 6,3 | 12 | 6,9 | Токарная |
| 020 | - | 3,2 | 9 | 6,8 | Токарная |
| 030 | - | 6,3 | 12 | 4,1 | Токарная |
| 040 | - | 3,2 | 9 | 4,2 | Токарная |
| 050 | - | 3,2 | 9 | 3,5 | Фрезерная |
| 060 | 1 | 3,2 | 9 | 7 | Сверлильная |
| | 2 | 3,2 | 9 | 7 | |
| 070 | - | - | - | все | Термическая |
| 080 | - | 2,5 | 7 | 6 | Шлифовальная |
| 090 | - | 1,6 | 7 | 4 | Шлифовальная |
| 100 | - | 1,6 | 7 | 3,10,11,12,16,17,18 | Шлифовальная |
| 110 | - | 1,6 | 7 | 3,13,14,15 | Шлифовальная |
| 120 | - | - | - | все | Моечная |
| 130 | - | - | - | все, кроме 3,10,11,12,13,14,15,16,17,18 | Контрольная |
| 140 | - | - | - | 3,10,11,12,13,14,15,16,17,18 | Контрольная |

Данные по разработке технологического процесса, представленные в таблице 5, будут использованы для проектирования элементов технологического процесса, в последующих разделах бакалаврской работы. План изготовления детали представлен в графической части бакалаврской работы.

2.5 Описание схем базирования детали

На операции 10 токарная (черновая) в качестве технологических баз используем цилиндрические поверхности 4 и 6, а в качестве опорной торцовую поверхность 1. Заготовку закрепляем в самоцентрирующем

патроне и устанавливаем в самоцентрирующий люнет, расположенные друг от друга на расстоянии 300 мм. Проведя необходимые настройки положения режущего инструмента на заданные размеры относительно заготовки, производим обработку. Такая схема базирования обеспечит настройку положения режущего инструмента относительно обрабатываемых поверхностей и не допустит ощутимого прогиба рейки в процессе обработки не нарушая жесткости технологической системы.

На операции 20 токарная (чистовая) в качестве технологической базы используем обработанную цилиндрическую поверхность, а в качестве опорной обработанную торцовую поверхность. Заготовку базируем и закрепляем также, как, было рассмотрено на предыдущей операции.

На операции 30 токарная (черновая) заготовка поворачивается, относительно операции 20 токарная (чистовая) на 180 градусов, в качестве технологических баз используем цилиндрические поверхности 6 и 4, а в качестве опорной торцовую поверхность 9. Заготовку закрепляем в самоцентрирующем патроне и устанавливаем в самоцентрирующий люнет, расположенные друг от друга на расстоянии 300 мм. Проведя необходимые настройки положения режущего инструмента на заданные размеры относительно заготовки, производим обработку. Такая схема базирования обеспечит настройку положения режущего инструмента относительно обрабатываемых поверхностей и не допустит ощутимого прогиба рейки в процессе обработки не нарушая жесткости технологической системы.

На операции 40 токарная (чистовая) в качестве технологической базы используем обработанную цилиндрическую поверхность, а в качестве опорной обработанную торцовую поверхность. Заготовку базируем и закрепляем также, как, было рассмотрено на предыдущей операции.

На операции 50 фрезерная. Заготовку базируем в тиски самоцентрирующиеся призматической формы установленные в Т-образные пазы неподвижного стола с пневматическим зажимом и устанавливаем неподвижный упор в торец заготовки 9.

На операции 60 сверлильная. Заготовку базируем в тиски самоцентрирующиеся призматической формы установленные в Т-образные пазы неподвижного стола с пневматическим зажимом и устанавливаем неподвижный упор в торец заготовки 1.

На операции 80 шлифовальная в качестве технологических баз используем цилиндрические поверхности 4 и 6, а в качестве опорной конус центрального отверстия 2. Заготовку закрепляем в поводковом патроне и устанавливаем в самоцентрирующий люнет, расположенные друг от друга на расстоянии 300 мм. Проведя необходимые настройки положения режущего инструмента на заданные размеры относительно заготовки, производим обработку.

На операции 90 шлифовальная заготовка поворачивается, относительно операции 80 на 180 градусов в качестве технологических баз используем цилиндрические поверхности 4 и 6, а в качестве опорной конус центрального отверстия 8. Заготовку закрепляем аналогично операции 80.

На операциях 100 шлифовальная и 110 шлифовальная заготовку закрепляем аналогично операции 90.

2.6 Выбор средств технического оснащения

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

- тип применяемого оборудования – специализированный;
- тип применяемой оснастки – специализированный;
- тип применяемого инструмента – специализированный;
- тип применяемых средств контроля – специализированный.

Данные по выбору средств технологического оснащения представлены ниже в таблицах 6-9.

Таблица 6 - Выбор оборудования для изготовления детали - «Рейка»

| № операции | Наименование операции | Наименование оборудования |
|------------|-----------------------|--|
| 000 | Заготовительная | Пресс штамповочный |
| 010 | Токарная | Токарный полуавтомат JCT-26S CNC |
| 020 | Токарная | Токарный полуавтомат JCT-26S CNC |
| 030 | Токарная | Токарный полуавтомат JCT-26S CNC |
| 040 | Токарная | Токарный полуавтомат JCT-26S CNC |
| 050 | Фрезерная | Фрезерный полуавтомат SHW |
| 060 | Сверлильная | Вертикальный сверлильный станок KSB 40 |
| 070 | Термическая | Печь шахтная |
| 080 | Шлифовальная | Полуавтомат круглошлифовальный центровый BCA-1U52NC |
| 090 | Шлифовальная | Полуавтомат круглошлифовальный центровый BCA-1U52NC |
| 100 | Шлифовальная | Полуавтомат круглошлифовальный центровый BCA-1U52NC |
| 110 | Шлифовальная | Полуавтомат круглошлифовальный центровый BCA-1U52NC |
| 120 | Моечная | Камерная моечная машина |
| 130 | Контрольная | Специальный контрольный стол |
| 140 | Контрольная | Специальный контрольный стол |

Таблица 7 - Выбор оснастки для изготовления детали - «Рейка»

| № операции | Наименование операции | Наименование оснастки |
|------------|-----------------------|--|
| 000 | Заготовительная | Штамп |
| 010 | Токарная | самоцентрирующий патрон, самоцентрирующий люнет |
| 020 | Токарная | самоцентрирующий патрон, самоцентрирующий люнет |
| 030 | Токарная | самоцентрирующий патрон, самоцентрирующий люнет |
| 040 | Токарная | самоцентрирующий патрон, самоцентрирующий люнет |
| 050 | Фрезерная | Приспособление специальное |
| 060 | Сверлильная | Приспособление специальное |
| 070 | Термическая | - |
| 080 | Шлифовальная | поводковый патрон, самоцентрирующий люнет |
| 090 | Шлифовальная | поводковый патрон, самоцентрирующий люнет |
| 100 | Шлифовальная | поводковый патрон, самоцентрирующий люнет |
| 110 | Шлифовальная | поводковый патрон, самоцентрирующий люнет |
| 120 | Моечная | - |
| 130 | Контрольная | - |
| 140 | Контрольная | - |

Таблица 8 - Выбор инструмента для изготовления детали - «Рейка»

| № операции | Наименование операции | Наименование инструмента |
|------------|-----------------------|---|
| 000 | Заготовительная | - |
| 010 | Токарная | Резец со вставной пластиной SANDVIC с покрытием CVD TICN+AL2O3+TIN |
| 020 | Токарная | Резец со вставной пластиной SANDVIC с покрытием CVD TICN+AL2O3+TIN, Сверло центровочное диаметр 4 SANDVIC |
| 030 | Токарная | Резец со вставной пластиной SANDVIC с покрытием CVD TICN+AL2O3+TIN |
| 040 | Токарная | Резец со вставной пластиной SANDVIC с покрытием CVD TICN+AL2O3+TIN, Сверло центровочное диаметр 4 SANDVIC |
| 050 | Фрезерная | Фреза торцевая диаметр 150 SANDVIC |
| 060 | Сверлильная | Сверло диаметр 12 SANDVIC, Метчик диаметр 14 SANDVIC |
| 070 | Термическая | - |
| 080 | Шлифовальная | Круг шлифовальный 3-500×120×100 91AF90L7B |
| 090 | Шлифовальная | Круг шлифовальный 3-500×120×100 91AF90L7B |
| 100 | Шлифовальная | Круг шлифовальный специальный 3-250×50×14 91AF60L7V |
| 110 | Шлифовальная | Круг шлифовальный специальный 3-250×50×14 91AF60L7V |
| 120 | Моечная | - |
| 130 | Контрольная | - |
| 140 | Контрольная | - |

Таблица 9 - Выбор средств контроля для изготовления детали - «Рейка»

| № операции | Наименование операции | Наименование оснастки |
|------------|-----------------------|--|
| 000 | Заготовительная | - |
| 010 | Токарная | калибры |
| 020 | Токарная | калибры |
| 030 | Токарная | калибры |
| 040 | Токарная | калибры |
| 050 | Фрезерная | калибры |
| 060 | Сверлильная | калибры |
| 070 | Термическая | - |
| 080 | Шлифовальная | калибры |
| 090 | Шлифовальная | калибры |
| 100 | Шлифовальная | калибры |
| 110 | Шлифовальная | калибры |
| 120 | Моечная | - |
| 130 | Контрольная | Приспособление контрольное специальное |
| 140 | Контрольная | Приспособление контрольное специальное |

2.7 Определение такта выпуска

В крупносерийном производстве время на всех операциях технологического процесса задается тактом выпуска изделий, исходя из годового объема выпуска изделия и действительного годового фонда рабочего времени сборочного оборудования. Такт выпуска изделий определим по формуле (2):

$$T_{\text{д}} = \frac{F_{\text{д}} \times 60 \times m}{N} \text{ (мин)}, \quad (2)$$

где $F_{\text{д}}$ - действительный годовой фонд рабочего времени оборудования в одну смену;

$m=2$ - количество смен;

$N=20000$ шт. - годовой объем выпуска.

Определяем такт выпуска изделий по формуле (2):

$$T_{\text{д}} = \frac{4015 \times 60}{20000} = 2.41 \text{ мин.}$$

2.8 Разработка технологических операций

Проведем нормирование технологических операций технологического процесса изготовления детали, синхронизируя их с тактом выпуска изделия. Данные по оборудованию и средствам оснащения приведены в таблицах 6-9 настоящей работы. Данные по времени на операции представлены ниже в таблице 10.

Таблица 10 – Нормы времени для изготовления детали - «Рейка»

| № операции | Наименование операции | Штучное время, мин |
|------------|-----------------------|--------------------|
| 000 | Заготовительная | 2,41 |
| 010 | Токарная | 2,41 |
| 020 | Токарная | 2,41 |
| 030 | Токарная | 2,41 |
| 040 | Токарная | 2,41 |
| 050 | Фрезерная | 2,41 |
| 060 | Сверлильная | 2,41 |
| 070 | Термическая | 2,41 |
| 080 | Шлифовальная | 2,41 |
| 090 | Шлифовальная | 2,41 |
| 100 | Шлифовальная | 2,41 |
| 110 | Шлифовальная | 2,41 |
| 120 | Моечная | 2,41 |
| 130 | Контрольная | 2,41 |
| 140 | Контрольная | 2,41 |

Чертежи наладок представлены в графической части бакалаврской работы.

3 Совершенствование технологического процесса и инструмента на базе литературных исследований

3.1 Система автоматического управления процессом шлифования

Процессы шлифования с дискретной поперечной подачей широко распространены в практике алмазно-абразивной обработки. Схемы некоторых из них показаны на рисунке 5: а) – круглое продольное шлифование, б) – плоское шлифование, в) – контурное шлифование. Все эти операции объединяет то, что снятие припуска происходит за счет двух движений: продольной подачи детали V_{pd} и поперечной подачи шлифовального круга S_p . Причем поперечная подача выполняется дискретно – круг перемещается на некоторую величину один раз за проход, или за два прохода по всей поверхности обрабатываемой заготовки.

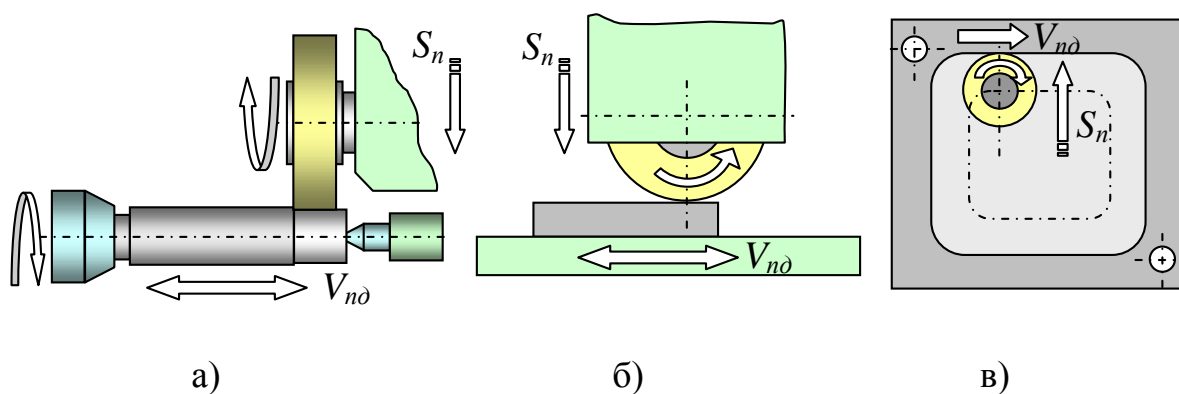


Рисунок 5 - Схемы шлифования с дискретной поперечной подачей

Для процесса контурного шлифования (рисунок 5, в), поперечная подача на врезание в направлении, нормальном к обрабатываемому контуру выполняется переходом при каждом проходе на новую траекторию формообразующего движения центра абразивного круга по эквидистанте к контуру, которые отличаются на величину желаемой поперечной подачи.

Расчет каждой новой траектории проще всего выполнять по известным алгоритмам расчета эквидистанты при изменении расчетного радиуса круга на величину поперечной подачи.

Итак, поперечная подача определяет мгновенное значение скорости снятия припуска, а в сочетании с продольной подачей - скорость снятия припуска по обрабатываемой поверхности и, в конечном счете, производительность операции.

Было определено, что для процессов врезного шлифования поверхностей постоянной кривизны, например, круглых, необходимо выполнять управление поперечной подачей, таким образом, чтобы выдерживался предельный, граничный алгоритм фактической скорости снятия припуска, который обеспечивает максимально возможную производительность при выполнении требований по качеству.

Изучение предельного алгоритма показывает, что он только косвенным образом определяет требуемый закон управления поперечной подачей, поскольку:

1) он строится в функции фактической глубины оставшегося припуска, который, вследствие упругих деформаций ТОС, не совпадает с заданной глубиной резания и на станке не измеряется;

2) предельный алгоритм отображает фактическую скорость снятия припуска, а не поперечную подачу, которая может задаваться в управляющей программе.

Определенные трудности относительно практической реализации предельного алгоритма управления вызывает также и то, что поперечная подача действует не непрерывно, как при врезном круглом шлифовании, а дискретно, на проход. В соответствии с методом управления по априорной информации, решить такую задачу можно на этапе технологической подготовки операции, воспользовавшись структурной схемой процесса (рисунок 6).

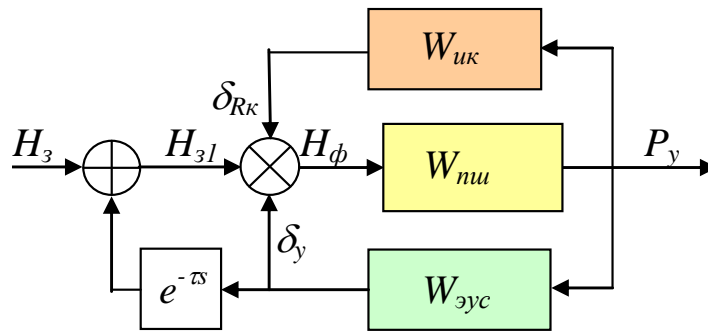


Рисунок 6 - Структурная схема многопроходного шлифования

На схеме приняты следующие обозначения: H_3 , H_ϕ - заданная и фактическая глубина резания; P_y - нормальная составляющая силы резания; W_{nu} , $W_{эус}$, $W_{ук}$ - передаточные функции соответственно процесса шлифования, эквивалентной упругой системы и изнашивания круга. Многопроходность процесса шлифования представлена передаточной функцией запаздывающего аргумента $e^{-\tau s}$, где τ - время одного прохода, s - оператор Лапласа. Поскольку абразивный круг может работать как в режиме самозатачивания (с размерным изнашиванием), так и в режиме затупления, то рассмотрим в отдельности эти два случая. Из структурной схемы (рисунок 6) передаточная функция ТОС по упругой деформации δ_y без учета многопроходности:

$$\Phi(s) = \frac{W_{nu} W_{эус}}{1 + W_{nu} (W_{эус} + W_{ук})}. \quad (3)$$

Используя передаточную функцию запаздывающего аргумента в соответствии со связями структурной схемы и с учетом (3) получаем:

$$\delta_y - \delta_y \Phi(s) e^{-\tau s} = \Phi(s) H_3. \quad (4)$$

Таким образом, получаем удобную для практических расчетов формулу, которая показывает зависимость упругой деформации от заданной глубины резания с учетом многопроходности процесса шлифования в замкнутой технологической системе:

$$\delta_y = \frac{\Phi(s)}{1 - \Phi(s)e^{-\alpha s}} H_3. \quad (5)$$

При работе круга в режиме затупления $W_{ук}=0$, что изменяет зависимость (3), а потеря режущих свойств абразивного круга учитывается передаточной функцией $W_{ши}$.

На этапе шлифования припуска от начального значения H_0 до критического H_k (по предельному алгоритму) максимально допустимое значение заданной глубины резания H_3 , то есть поперечной подачи S_n на проход, должно определяться по зависимости (3.3) так, чтобы упругая деформация соответствовала допустимой $\delta_y \leq [\delta_y]$. При достижении фактического значения припуска H_k расчет заданной глубины резания (поперечной подачи на проход) проводим с учетом структурной схемы рисунок 6 так, чтобы на любом проходе фактическая скорость съема не превышала предельную, которая определяется из зависимости глубины h прижогов в функции скорости снятия припуска:

$$h = kQ - Q_{ок}. \quad (6)$$

Поскольку передаточные функции, которые входят в зависимости (3) – (5) являются существенно нелинейными, для проектирования закона управления дискретной поперечной подачей разработан алгоритм, обобщенная блок-схема которого представлена на рисунке 7.

Алгоритм моделирует процессы, происходящие в реальной замкнутой технологической системе в соответствии со структурной схемой рисунок 6 итеративным методом (группа блоков 1, j - номер итерации).

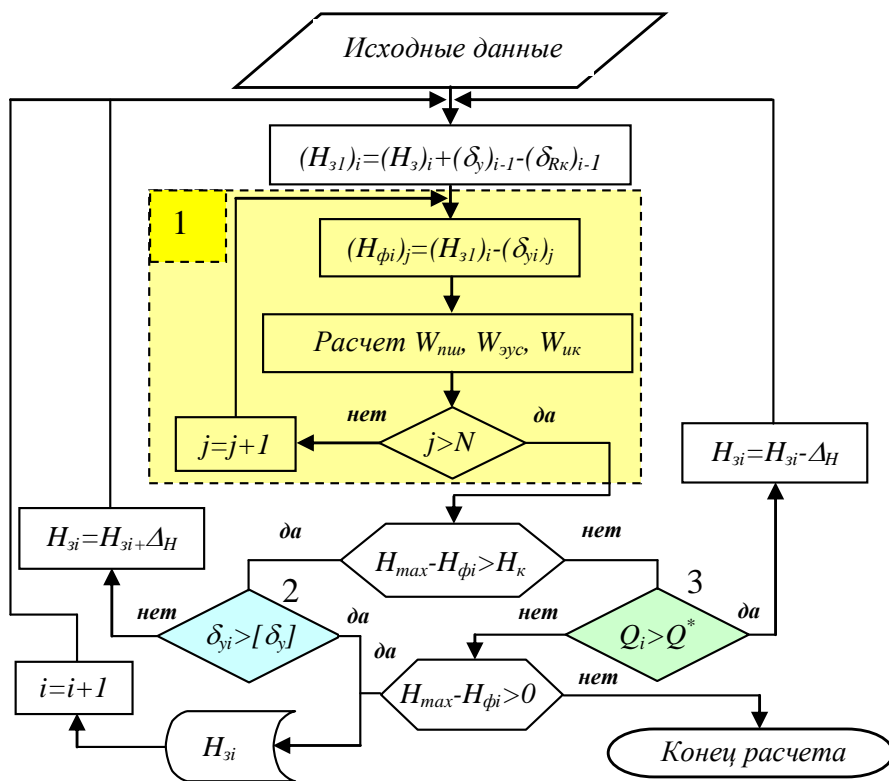


Рисунок 7 - Блок-схема алгоритма

Практика показывает, что количество итераций $N=10$ обеспечивает хорошую сходимость и устойчивую работу алгоритма. Приближение к значению заданной глубины H_{3l} резания, которая требуется на каждом проходе, выполняется с заранее выбранным шагом $\Delta_H=0.001\text{мм}$. Причем на этапе срезания припуска до величины H_k процесс заканчивается при условии максимально допустимой деформации (условие 2 на рисунке 7), а после - при условии (6) бесприжогового шлифования (условие 3 на рисунке 7). Следует отметить, что значение H_k рассчитывается автоматически в зависимости от принятых исходных данных и закона бесприжогового шлифования на последних проходах. Значение допустимой скорости снятия припуска Q^* рассчитывается по формуле (6) для текущего значения фактической величины оставшегося припуска, которая определяется для каждого прохода

в зависимости от результатов моделирования предыдущих проходов группой блоков 1.

Прикладная программа, реализующая приведенный алгоритм, позволяет наблюдать результаты моделирования в графическом виде (рисунке 8). С помощью программы было проведено проектирование алгоритма управления поперечной подачей для операции плоского шлифования, которая характеризуется следующими исходными данными:

- максимальный припуск $H_{max}=0,3$ мм;
- максимально допустимая скорость снятия припуска в конце цикла $Q_{ок}=0,42$ мм³/мин;
- максимально допустимая упругая деформация ТОС $[\delta_y]=0,008$ мм;
- приведенная жесткость эквивалентной упругой системы $c=8500$ Н/мм.

Другие исходные параметры можно увидеть в соответствующих окнах на интерфейсе прикладной программы (рисунок 8). Принято, что абразивный круг работает в режиме затупления, то есть без размерного изнашивания, что, в основном, отвечает условиям реального процесса плоского шлифования.

Ломаная линия 1 (рисунок 8) определяет предельный алгоритм управления, соответствующий исходным данным процесса. Спроектированный в координатах поперечная подача – перемещение шлифовальной бабки алгоритм управления поперечной подачей изображен на главном интерфейсе в окне “Алгоритм управления”, и обозначенный линией 2. Линиями 3 показана модификация фактической скорости снятия припуска при таком управлении поперечной подачей в функции фактически срезанного припуска. Каждый проход отделен один от другого вертикальными линиями, которые разделяют перемещения шлифовальной бабки по подаче на проход (линии 4), а припуск - по фактической глубине резания (линии 5).

Представленные в окне “Алгоритм управления” графики позволяют выполнять увеличение любой части графиков в желаемом масштабе.

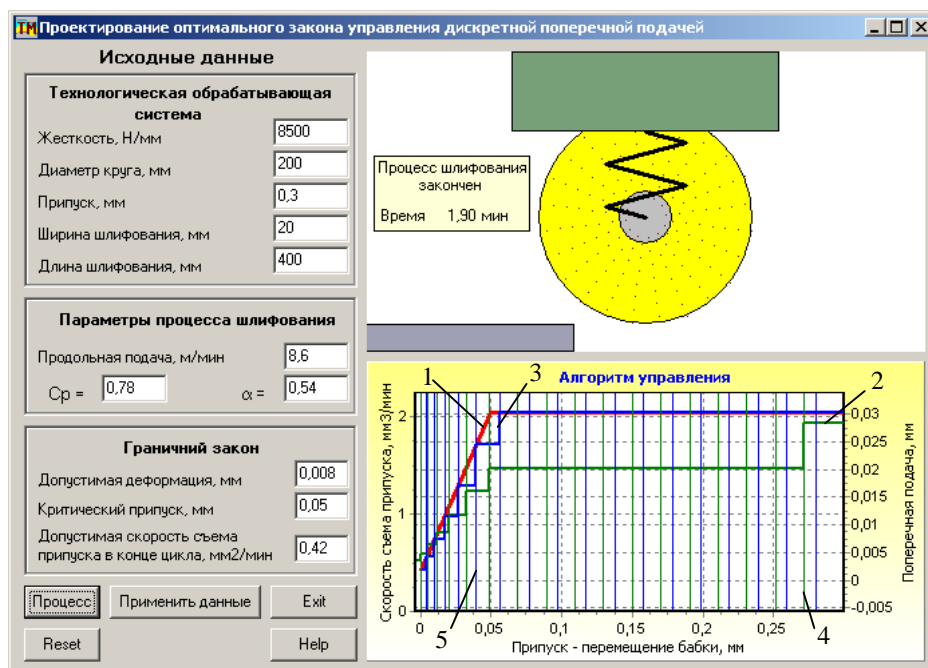


Рисунок 8 - Интерфейс программы проектирования алгоритма управления поперечной подачей

Такое свойство может использоваться для более детального изучения заключительной стадии шлифования (Рисунок 9, а). Обозначения на рисунке 9 те же, что и на рисунке 8. Из рисунков 8 и 9, а видно, что обработка выполняется за 18 проходов, заданная глубина резания изменяется от 0.032 мм на первом проходе до 0.003 мм на последнем, контрольное значение припуска по предельному алгоритму $H_{фк}=0.05\text{мм}$, предельные ограничения по фактической скорости съема припуска нигде не нарушаются.

С помощью программно-математического обеспечения можно также провести исследование влияния разных параметров процесса шлифования и ТОС, которые являются управляемым объектом, а также условий обработки на расчет алгоритма управления поперечной подачей. Так, на рисунке 9, б представлены результаты проектирования закона управления, которые иллюстрируют влияние приведенной жесткости эквивалентной упругой системы. Результаты моделирования показывают, что увеличение приведенной жесткости ТОС в 1,5 раза (12750 Н/мм) приводит к существенной модификации алгоритма управления поперечной подачей.

Процесс шлифования выполняется уже за 11 проходов, поперечная подача на проход значительно увеличилась, а время обработки составляет 1,2 мин.

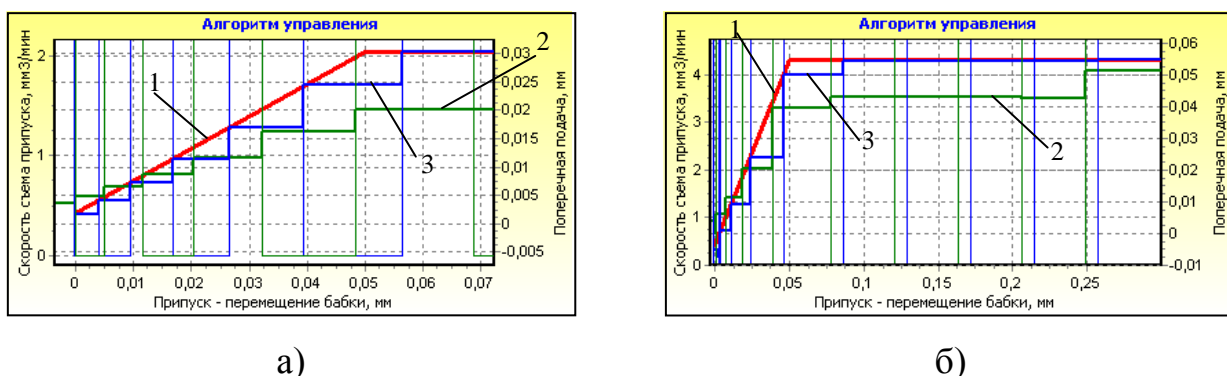


Рисунок 9 - Результаты проектирования алгоритма управления

Полученные результаты хорошо согласуются с выводами практических исследований процесса плоского шлифования. Для реализации спроектированного алгоритма на плоскошлифовальном станке, он должен быть оборудован однокоординатной системой ЧПУ с соответствующим приводом врезной подачи шлифовальной бабки.

3.2. Система автоматического проектирования оптимального управления при круглом врезном шлифовании

Анализ разработанной математической модели процесса круглого врезного шлифования и формулировка задачи оптимизации показывает, что такая задача может быть отнесена к классу задач вариационного исчисления. Действительно, из бесконечного множества управлений необходимо найти такую функцию управляющего воздействия (поперечной подачи), которая обеспечивает траекторию движения на фазовом пространстве скорость съема припуска – припуск, максимально приближенную к ограничениям. Отличительной особенностью задачи является то, что искомая функция располагается в другом фазовом пространстве: поперечная подача –

перемещение шлифовальной бабки.

Для решения представленной вариационной задачи можно воспользоваться дополнительными условиями, вытекающими из сущности процесса управления. Так, каждому управляющему воздействию в виде изменения поперечной подачи в функции перемещения шлифовальной бабки соответствует своя траектория зависимости фактической скорости съема припуска от величины припуска. Следовательно, процесс является однозначно управляемым. Кроме того, благодаря наличию математической модели процесса, появляется возможность наблюдать его реакцию на каждое управление, т.е. процесс является наблюдаемым. И, наконец, важнейшим условием является наличие границ области возможных значений расположения траекторий фактической скорости съема припуска, которые можно принять в качестве предела вариаций.

На основе анализа условий задачи был разработан численный метод ее решения с использованием принципа функционирования систем автоматического управления (САУ) с обратной связью. Метод состоит в организации алгоритма вычислений таким образом, чтобы он функционировал аналогично замкнутой САУ, которая в качестве ошибки использует разницу между границей области и траекторией фактической скорости съема припуска. Таким образом, используется известный принцип действия замкнутых САУ: автоматически сводить ошибку к нулю или сохранять в заранее заданных малых пределах. Поэтому такой подход позволит обеспечить автоматический поиск оптимального закона управления поперечной подачей в функции перемещения шлифовальной бабки.

При создании соответствующего алгоритма обязательно необходимо учитывать то, что ошибка измеряется в функции фактического припуска, а используется для управления в функции перемещения шлифовальной бабки. Известно, что эти две переменные связаны между собой через математическую модель процесса шлифования.

Алгоритм, укрупненная блок-схема которого показана на рисунке 10,

организует итерационный процесс приближения первоначально заданного управления $V_3(H_3)$ к оптимальному.

На каждой итерации, в результате моделирования процесса шлифования с заданным управлением выполняется расчет фактической скорости съема припуска в функции фактического припуска $V_\phi(H_\phi)$. Кроме того, на каждом шаге моделирования определяется функция ошибки в зависимости от фактического припуска сравнением границ $D(H_\phi)$ области допустимых управлений с фактической траекторией и разность δH между фактическим припуском и заданным перемещением шлифовальной бабки. В результате рассчитывается массив функции ошибки уже в зависимости от заданного перемещения шлифовальной бабки $\delta V(H_3)$, что позволяет через коэффициент k_{oc} обратной связи корректировать первоначально заданное управление на следующей итерации и так далее.

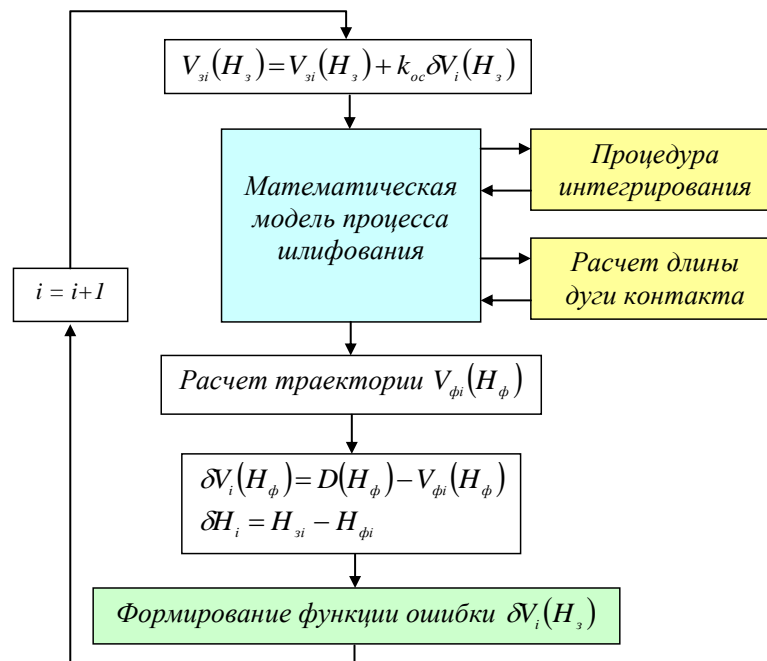


Рисунок 10 - Итерационный алгоритм решения вариационной задачи

Разработанный алгоритм положен в основу прикладной программы, главный интерфейс которой представлен на рисунке 11. Линией 1

обозначены границы области допустимых управлений в фазовой плоскости: скорость съема припуска – припуск. Выполнен первый цикл вычислений: линия 2 – первоначально принятый закон управления (постоянная поперечная подача), которой соответствует траектория 3 скорости съема припуска. Очевидно, что такое управление не только не является оптимальным, но и приводит к браку по прижогам.

Процесс автоматического приближения траектории управления к оптимальной с автоматическим формированием закона управления поперечной подачей проиллюстрирован на рисунке 11. После 5-ти итераций (рис.3.10, а) траектория управления (линия 1) автоматически изменилась, что привело к приближению траектории съема припуска (линия 2) к границам области допустимых управлений. Время цикла сократилось до 6 с, но такое управление все еще не является оптимальным, поскольку приведет к браку по прижогам. Необходимо продолжить итерации до состояния, показанного на рисунке 11, б, когда фактическая траектория съема припуска практически везде располагается по границе области допустимых управлений, что позволяет считать ее оптимальной.

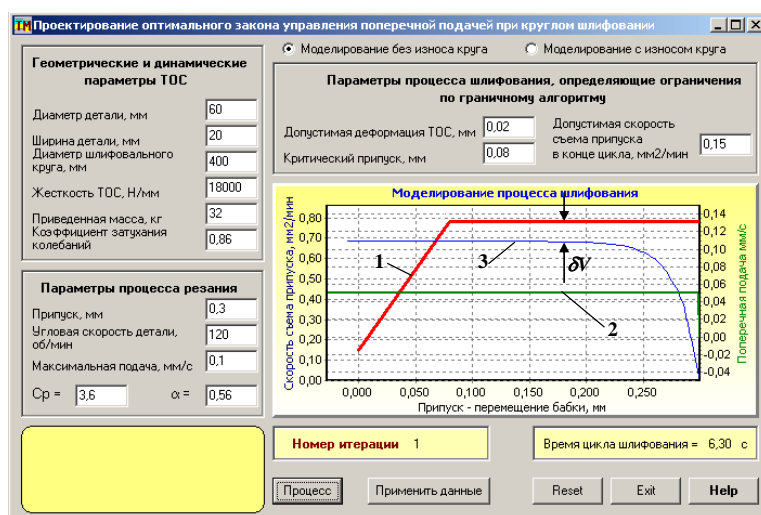
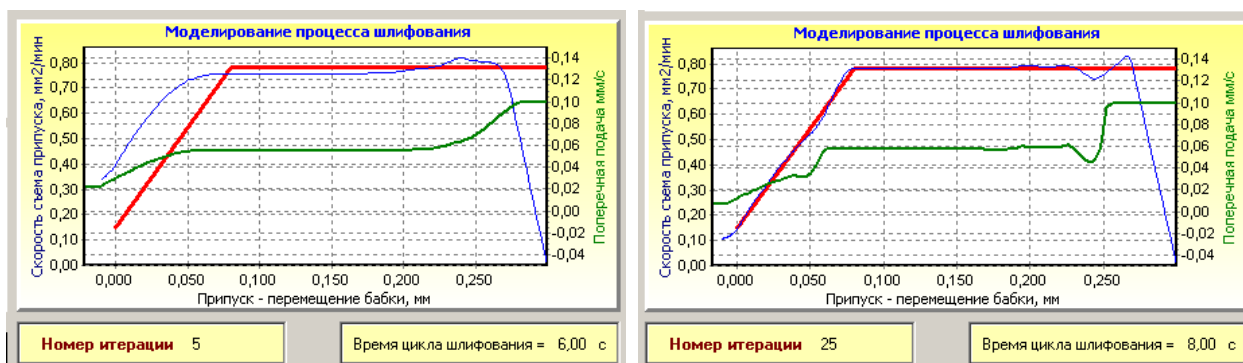


Рисунок 11 - Главный интерфейс прикладной программы

Незначительные колебания на этапе резания вызваны динамическими

явлениями, происходящими в упругой ТОС и не будут существенно влиять на процесс шлифования в целом. Таким образом, в прикладной программе автоматически сформирована оптимальная траектория управления, которая может служить основой для создания программы управления поперечной подачей на круглошлифовальном станке с ЧПУ в G-кодах.



а) б)
Рисунок 12 - Этапы итерационного процесса

Как показали исследования функционирования программы, скорость сходимости и ее устойчивость зависят от коэффициента обратной связи, который обязательно должен удовлетворять условию $k_{oc} < 1$. В программе для выбранных исходных данных было принято $k_{oc} = 0,02$. Увеличение коэффициента приводит к увеличению скорости сходимости, однако после некоторой величины, зависящей от конкретных условий задачи, программа теряет устойчивость.

3.3 Проектирование специального шлифовального круга

На шлифовальных операциях применяются шлифовальные круги ПП 600x40x305 24A25CM18K3 35 м/с. Недостатком такого круга является низкая производительность шлифования вследствие не оптимально подобранной марки круга и прижоги на обрабатываемых поверхностях, что является главной причиной брака.

Поэтому, основная задача проектирования- усовершенствование конструкции шлифовального круга с целью устранения указанных выше недостатков.

Для усовершенствования конструкции шлифовального круга были проведены патентные исследования, в результате которых предложено применение спиральных пазов на периферии круга, причем пазы имеют форму спирали для обеспечения постоянной площади контакта изделия и круга, что уменьшает вибрации.

Подробное описание конструкции шлифовального круга приведено ниже.

1. Марка абразивных зерен- 91А- сложнолегированный электрокорунд;
2. Зернистость – шлифзерно 25 по ГОСТ 1347-80;
3. Индекс зернистости- Н (для диапазона 25-16 с 45% основной фракции);
4. Твердость –С1 – средняя;
5. Структура – 7 – средняя;
6. Связка- керамическая;
7. Принимаем тип круга – ПП (плоский прямой);
8. Принимаем класс круга- А;
9. Допустимая окружная скорость – 35 м/с (обычное шлифование).

Маркировка полной характеристики круга: ПП 600х45х305 91А25НС17К11 35 м/с

На круге выполняем 68 спиральных пазов шириной 8 мм, выполненные образующим колесом $\varnothing 100/\varnothing 116$. Ось образующего колеса для обеспечения постоянной площади контакта изделия и круга смещаем на расстояние 11,5 мм от торца круга

Шаг пазов равен:

$$P = \pi \cdot D_k / n \quad (7)$$

где D_k - диаметр круга

n - число пазов. Тогда,

$$P = 3,14 \cdot 600 / 68 = 27,72 \text{ мм}$$

Технические требования на шлифовальный круг принимаем по ГОСТ 1347-80.

Выполняем чертеж шлифовального круга в сборе с крышками, указанием всех предельных отклонений и технических требований в графической части бакалаврской работы.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Задача раздела – проектирование технологии изготовления рулевой рейки автомобиля «Гранта» с учетом требований стандартов по безопасности.

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

В таблице 11 приведены данные по выбранной операции [7].

Таблица 11 - Паспорт объекта

| Объект | Технологическая операция | Наименование должности работника | Оборудование, техническое устройство, приспособление | Материалы и вещества |
|------------------------|--------------------------|----------------------------------|--|------------------------------------|
| Заготовительная | Штамповка | Штамповщик | Пресс | Стали 50 селект, смазки графитовые |
| Механическая обработка | Токарная операция | Оператор станков с ЧПУ | Токарный полуавтомат JCT-26S CNC, патрон самоцентрирующийся, люнет | Стали 50 селект, СОЖ, ветошь |
| Механическая обработка | Шлифовальная операция | Шлифовщик | Полуавтомат круглошлифовальный центровой ВСА-1U52NC патрон самоцентрирующийся, люнет | Стали 50 селект, СОЖ, ветошь |

4.2 Идентификация профессиональных рисков

В таблице 12 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 рулевой рейки.

Таблица 12 - Определение рисков

| Технологическая операция | Опасный и вредный производственный фактор (ОВПФ) | Источник ОВПФ |
|--|---|---|
| Штамповка | 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 | Пресс |
| 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 JCT-26S CNC, Станок ВСА-1U52NC 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 рулевой рейки. Снижение рисков достигается мерами (таблица 13).

Таблица 13 – 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 противозумных 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 14 – 17 рассматриваются источники пожарной опасности, а также средства, которые необходимо применить, и меры организационного характера, которые необходимо использовать, для обеспечения пожарной безопасности.

Таблица 14 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

| Участок | Оборудование | Номер пожара | Опасные факторы при пожаре | Сопутствующие факторы при пожаре |
|---------------------------------|---------------------------------------|--------------|--|---|
| Штамповочный | Пресс | Класс D | Пламя и искры; тепловой поток | Части оборудования, изделий и иного имущества |
| Участок обработки рулевой рейки | Станок JCT-26S CNC, Станок ВСА-1U52NC | 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 15 – 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 16 – Средства защиты и пожаротушения

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

Таблица 17 – Средства обеспечения пожарной безопасности

| Процесс, оборудование | Организационно-технические меры | Нормативные требования |
|--|--|---|
| Технология изготовления рулевой рейки, Станок JCT-26S CNC, Станок ВСА-1U52NC | 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 18 и 19. Мероприятия направлены на защиту гидросферы, атмосферы и литосферы.

Таблица 18 – 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 рулевой рейки | Станок JCT-26S CNC, Станок ВСА-1U52NC | Стружка Токсические испарения Масляный туман | Взвешенные вещества и нефтепродукты отработанные жидкие среды | Отходы стружки Промасленная ветошь Растворы жидкостей |

Таблица 19 – Разработанные мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

| Объект воздействия | Технология изготовления рулевой рейки |
|--------------------|---|
| 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 JCT-26S CNC операция, которая включает переходы точения. Задействован оператор станков с ЧПУ. Приспособление – патрон, люнет. Инструмент контурный, канавочный резцы. Применяются материалы: Стали 50 селект, СОЖ - эмульсия, ветошь (таблица 11).

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 12).

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 13).

Выполнена определение класса, опасных факторов пожара для участка изготовления рулевой рейки (таблица 14). Проводится выбор средств пожаротушения (таблица 15, 16), мер по обеспечению пожарной безопасности процесса изготовления рулевой рейки (таблица 17).

Определены негативные факторы воздействия процесса изготовления рулевой рейки на окружающую среду (таблица 18). 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 19).

Выявив и проанализировав технологию изготовления рулевой рейки, 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 рулевой рейки автомобиля «Гранта», который кратко можно представить следующим образом:

- 000 операция – заготовительная;
- 010-040 операции – токарные;
- 050 операция – фрезерная;
- 060 операция – сверлильная;
- 080-110 операции – шлифовальные;
- 070, 120, 130 и 140 операции, соответственно, термическая, моечная и две последние, это контрольные.

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 20.

Таблица 20 – 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 20, методики и программное обеспечение Microsoft Excel представим и опишем полученные значения по эффективности разработанного технологического процесса.

На рисунке 12 представлено долевое соотношение параметров, входящих в технологическую себестоимость изготовления детали.

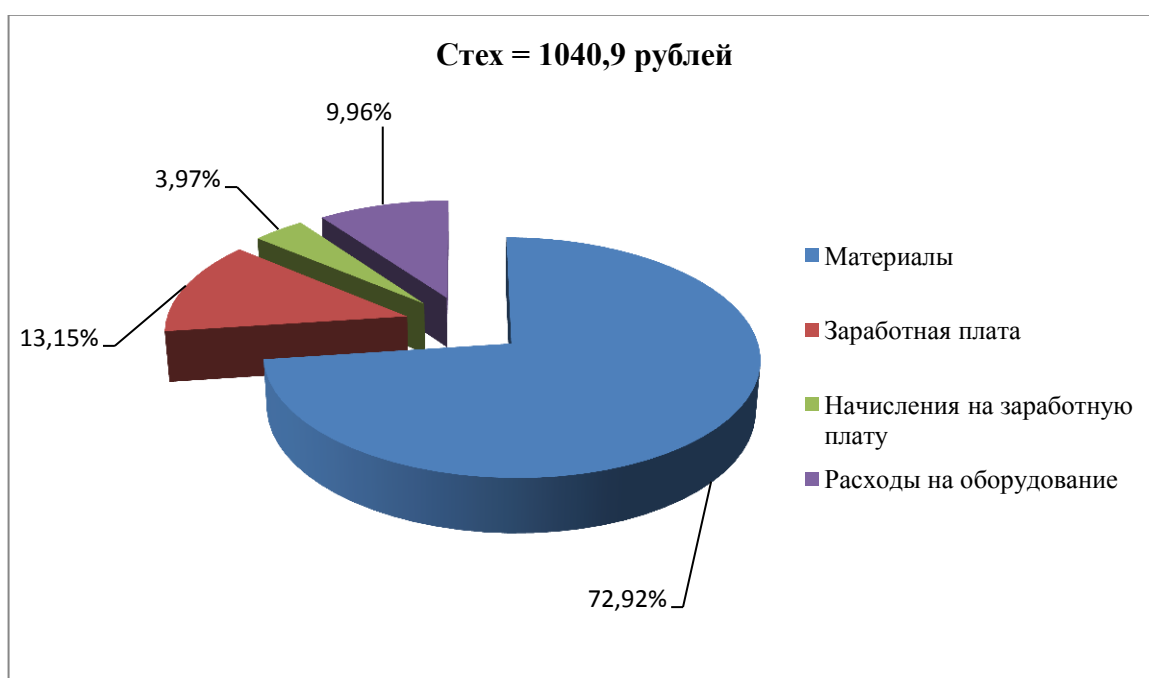


Рисунок 12 – Доли параметров, входящих в технологическую себестоимость

Анализируя представленные на рисунке 12 данные, можно сделать вывод о том, что самой затратной статьёй являются расходы на материал, так как они составляют около 73 % от всей величины технологической себестоимости. Данное объясняется: способом получения заготовки, ее массой и используемым материалом. Далее в порядке убывания следуют: заработная плата, расходы на оборудование и начисления на заработную плату.

На рисунке 13 показана калькуляция себестоимости изготовления.

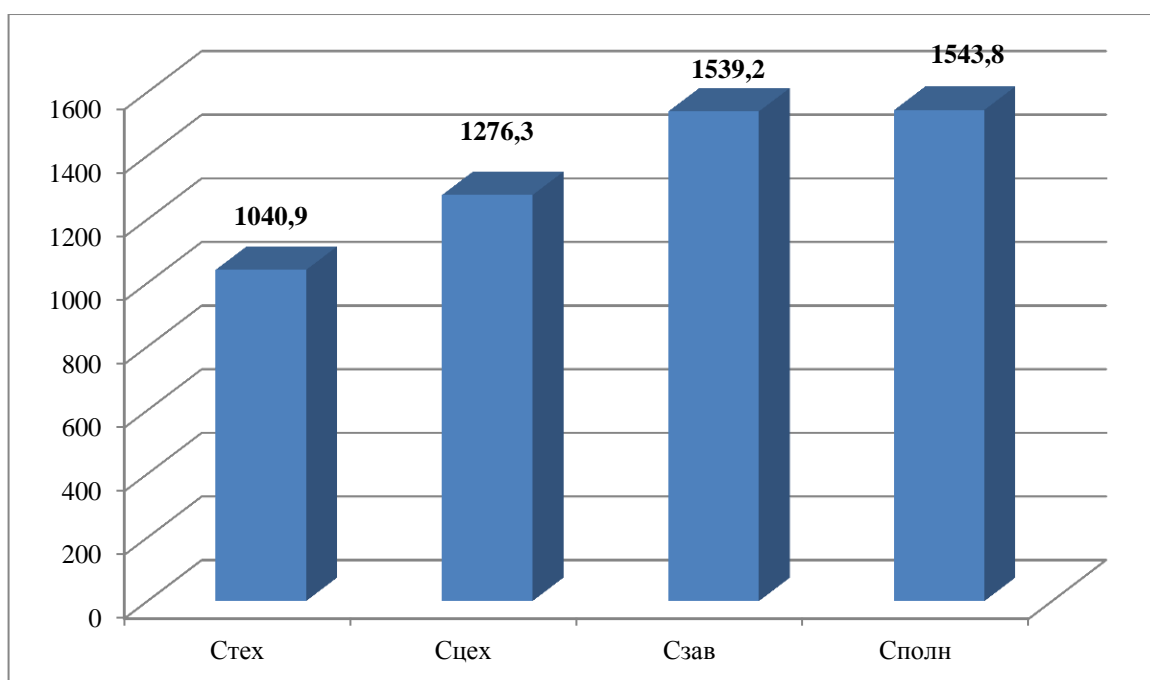


Рисунок 13 – Калькуляция себестоимости обработки детали, руб.

На рисунке 13 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 1543,8 руб. за единицы, производимой по данному технологическому процессу, изделия.

На рисунке 14 представлены значения и их долевое соотношение, повлиявшие на величину капитальных вложений (инвестиций), необходимых для внедрения описанного технологического процесса.

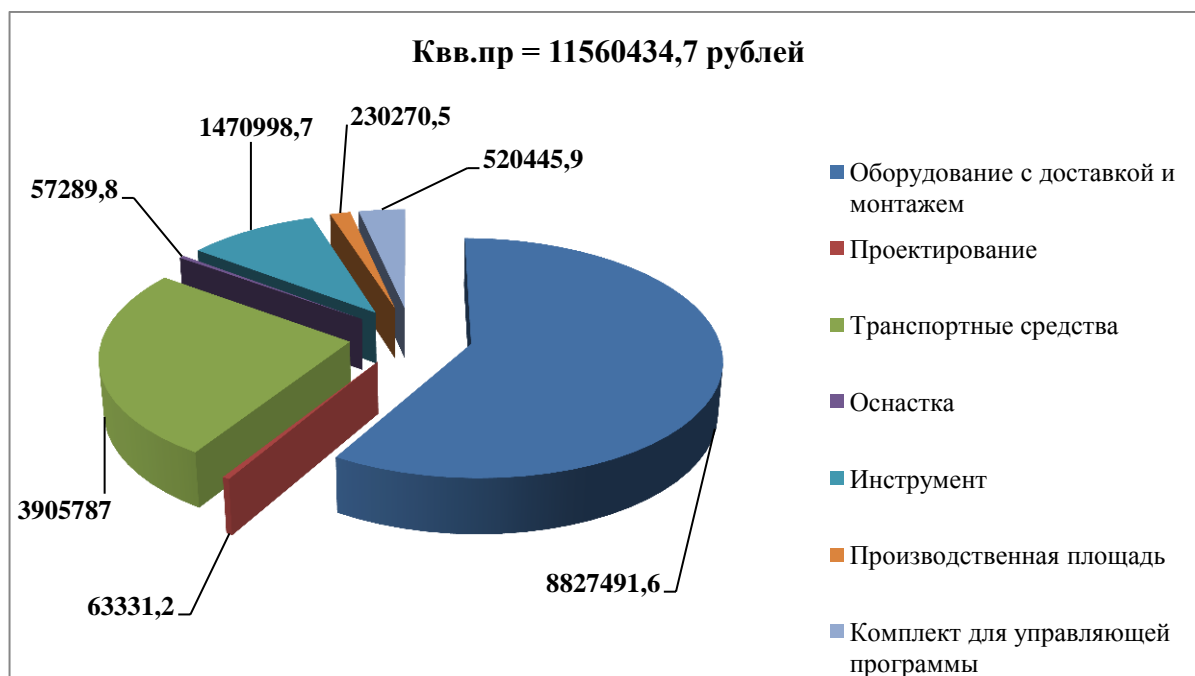


Рисунок 14 – Величина инвестиций и параметры, оказывающие на них влияние, руб.

Анализируя данные, представленные на рисунке 14, можно сделать вывод о том, что больше всего средств необходимо будет вложить в основное технологическое оборудование с доставкой и монтажом, величина которых составляет 8827491,6 руб. или 76,4 % от общих капитальных вложений в предложенный проект. Второе место, в рейтинге весомости, занимают затраты на инструмент, их величина составляет 1470998,7 руб. или 12,7 %. Остальные параметры, не смотря на то, что тоже оказывают влияние на конечную величину, являются незначительными, так как их величина в долевом соотношении составляет от 0,5 % до 4,5 % от общего значения.

Применяемая методика определения срока окупаемости [10, с. 20-22], позволила определить, что за счет заложенной рентабельности производства в 18 %, позволяющей получить 6175200 руб. чистой прибыли, вложенные

инвестиции окупятся в течение 3 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 1447509,7 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 рулевой рейки автомобиля «Гранта».

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 рассмотрены и решены следующие задачи:

- 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 технологического процесса, в пояснительной записке бакалаврской работы;
- проведена разработка чертежа плана обработки в графической части бакалаврской работы;
- проведено проектирование приспособления и специального инструмента, в пояснительной записке бакалаврской работы;
- проведена разработка чертежа приспособления в графической части бакалаврской работы;
- проведена разработка чертежа инструмента в графической части бакалаврской работы;
- проведен расчет экономического эффекта, который получается за счет введения прогрессивной технологии и оснастки, составляет 1447509,7 руб.

Таким образом, цель бакалаврской работы, ранее сформулированная в разделе «Введение» - разработка технологического процесса изготовления рулевой рейки автомобиля «Гранта» 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. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. Пособие для вузов. / А.Ф.Горбацевич, 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

| Дубл. | | Взам. | | Подп. | | Листов3 | | Лист1 | |
|-------------------|--|--|--|----------------------|--|----------------------------|--|-----------------------|--|
| Разраб. Задворнов | | Воронков | | Воронков | | Воронков | | Воронков | |
| Провер. Воронков | | Воронков | | Воронков | | Воронков | | Воронков | |
| Н.Контр Воронков | | Воронков | | Воронков | | Воронков | | Воронков | |
| Утв. Логинов | | Логинов | | Логинов | | Логинов | | Логинов | |
| М01 | | Сталь 50 селек | | ТТУ | | Рейка | | Рейка | |
| Код | | ЕВ | | МД | | ЕН | | Н. расх. | |
| - | | 166 | | 3,7 | | - | | 0,86 | |
| М02 | | Код | | ЕН | | МД | | Код загот. | |
| - | | - | | - | | - | | 415x40 | |
| КД | | МЗ | | КД | | МЗ | | КД | |
| 1 | | 4,3 | | 1 | | 4,3 | | 1 | |
| А | | Цех. Уч. РМ | | Опер. | | Код, наименование операции | | Обозначение документа | |
| Б | | Код, наименование оборудования | | СМ | | Проф. | | Р. УТ КР КОИД ЕН ОП | |
| А03 | | - | | - | | - | | - | |
| Б04 | | 000 | | XXXX | | Заготовительная | | - | |
| 05Т | | - | | - | | - | | - | |
| 06 | | - | | - | | - | | - | |
| 07 | | - | | - | | - | | - | |
| 08О | | 010 | | 4269 | | Токарная | | - | |
| 09Т | | 381825 XXXX | | Токарный полуавтомат | | JCT-26S CNC | | - | |
| 10 | | Самодцентрирующий патрон, самодцентрирующий люнет, Резец со вставной пластиной SANDVIC; Штангенциркуль | | - | | - | | - | |
| 11 | | - | | - | | - | | - | |
| 12О | | 020 | | 4269 | | Токарная | | - | |
| 13Т | | 381825 XXXX | | Токарный полуавтомат | | JCT-26S CNC | | - | |
| 14 | | Самодцентрирующий патрон, самодцентрирующий люнет, Резец со вставной пластиной SANDVIC; Штангенциркуль | | - | | - | | - | |
| 15 | | - | | - | | - | | - | |
| 16О | | 030 | | 4269 | | Токарная | | - | |
| 17Т | | 381825 XXXX | | Токарный полуавтомат | | JCT-26S CNC | | - | |
| 18 | | Самодцентрирующий патрон, самодцентрирующий люнет, Резец со вставной пластиной SANDVIC; Штангенциркуль | | - | | - | | - | |
| 19 | | - | | - | | - | | - | |
| 20О | | 040 | | 4269 | | Токарная | | - | |
| 21Т | | 381825 XXXX | | Токарный полуавтомат | | JCT-26S CNC | | - | |
| 22 | | Самодцентрирующий патрон, самодцентрирующий люнет, Резец со вставной пластиной SANDVIC; Штангенциркуль | | - | | - | | - | |
| 23 | | - | | - | | - | | - | |
| МК | | - | | - | | - | | - | |

