

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(наименование кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств

(направленность (профиль)/ специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технологический процесс изготовления шпинделя фрезерного станка

Студент(ка)	<u>А.С. Шарков</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>В.А. Гуляев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>Н.В. Зубкова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

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

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

(личная подпись)

« _____ » _____ 2019 г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

Технологический процесс изготовления шпинделя фрезерного станка. Бакалаврская работа. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2019.

Ключевые слова: исходные данные для проектирования, заготовка, способ изготовления, маршрут обработки, режимы обработки, план обработки, технологическое оснащение, приспособление, инструмент, безопасность и экологичность объекта, экономическая эффективность.

В бакалаврской работе разработана система автоматического управления процессом резания. Для реализации метода управления по апостериорной информации при учете закона управления по продольной координате необходимо использовать станок с ЧПУ и организовать систему управления так, чтобы измерять координату каждого обработанного сечения с определенным шагом, причем измерение желательно проводить по той же схеме, что и при обработке детали.

В бакалаврской работе представлено решение ряда вопросов по проектированию техпроцесса: в разделе «Введение» проведен анализ актуальности и сформулирована цель работы; в первом разделе исследованы исходные данные для проектирования технологического процесса изготовления детали; во втором разделе проведена разработка технологического процесса; в третьем разделе спроектированы специальные средства технического оснащения; в четвертом разделе исследованы мероприятия по безопасности и экологичности объекта; в пятом разделе получена величина экономической эффективности разработанной технологии; в итоге представлены основные полученные результаты и выводы.

Бакалаврская работа содержит пояснительную записку, которая состоит из 58 страниц и включает 13 таблиц, 11 рисунков, а также графическую часть работы, которая содержит 7 листов.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Анализ исходных данных.....	5
1.1 Классификация поверхностей.....	5
1.2 Анализ технологичности детали.....	7
2 Разработка технологической части работы.....	8
2.1 Определение исходных параметров.....	8
2.2. Проектирование комплексной детали.....	9
2.3 Определение методов обработки поверхностей.....	10
2.4 Разработка технологического маршрута.....	12
2.5 Разработка схем базирования.....	14
2.6 Определение припусков и проектирование заготовки.....	15
2.7 Выбор средств технологического оснащения.....	16
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	18
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	33
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	33
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	34
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	35
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	37
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта	40
4.6 Заключение по разделу.....	42
5 Экономическая эффективность работы.....	45
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	48
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	49
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	52
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	56

ВВЕДЕНИЕ

В современной науке по теории резания уже исследованы силовые и тепловые характеристики процесса резания для разных видов обработки, составлены математические модели образования характеристик поверхностного слоя детали. По большей части такие математические модели имеют вид эмпирических зависимостей, с присущими им существенными недостатками относительно точности представления, адекватности и не имеют универсального характера, что затрудняет их непосредственное применение на производстве. Кстати, именно такой подход и его изъяны вынудили разрабатывать многочисленные справочники, а для требований производства - нормативы режима резания для определенной гаммы материалов и условий практической реализации.

Достаточно большой отрезок времени такое положение вполне устраивало производителей. Почему именно? Во-первых, не было реальной возможности учитывать все достижения теории резания, даже достаточно давние, а во-вторых, не было насущной потребности это делать. Metalлообработка резанием осуществлялась на универсальных, специальных или специализированных станках, автоматах и автоматических линиях. Часто знание оптимального режима резания при обработке резанием того или другого материала составляло ноу-хау каждого производства. Такую ситуацию можно считать вполне гармоничной, отвечающей определенному этапу в развитии metalлообработки и экономики. Разработанные нормативы использовались на производстве в основном при нормировании работ, а в справочниках зачастую даже отсутствуют сведения о математических моделях составляющих силы резания, не говоря уже о температурах при резании.

1 Анализ исходных данных

Заданная деталь «Шпиндель» принадлежит фрезерному станку.

Фрезерный станок предназначен для обработки разнообразных деталей, ограниченных поверхностями вращения, для нарезания резьб и используются в основном в условиях единичного, мелкосерийного производства и на ремонтных работах.

Одним из основных узлов фрезерного станка является шпиндельная бабка. Установленный на станке электродвигатель вместе с совокупностью передач от электродвигателя к шпинделю станка называется приводом главного движения.

Материал детали – сталь 19ХГН по ГОСТ 4543-71.

Состав стали: Состав стали: С – 0,16-0,21%, Cr – 0,8-1,1%, Si – 0,17-0,37%, Mn – 0,7-1,1%, Ni – 0,8-1,1%. Твердость в состоянии поставки до 229НВ, 43,5 HRC.

Применяемый материал соответствует условиям работы шпинделя фрезерного станка. Твердость рабочих поверхностей фланца обеспечивает достаточно надежную его работу.

1.1 Классификация поверхностей

В качестве основных конструкторских баз (ОБ), т.е. поверхностями, определяющими положение шпинделя в станке, являются наружный диаметр 11, 17 и 12, места посадки подшипников и торцы блокирующие осевое перемещение 6 и 16.

Остальные поверхности являются свободными (С).

Принимаем точность посадочной поверхности под конические подшипники – 5 квалитета и шероховатость 0,32. Принимаем эту поверхность за базу для обработки других поверхностей. Точность поверхностей опорных подшипников – 6 квалитет, шероховатость 0,63. На точность соединения шпинделя с патроном влияет торцевое биение фланца 0,016 и шероховатость

1,25, радиальное биение поверхности 11 – 0,007 и шероховатость 0,63, поверхности под посадку зубчатых колес выполняем по 6 качеству с шероховатостью 0,63. Резьбовые поверхности выполняем по 6 степени точности и шероховатостью по резьбе 3,2.

Заносим эти данные в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Классификация поверхностей

В миллиметрах

Поверхность			Размеры			Форма и расположение			Шероховатость, мкм
№	вид	форма	величина	допуск	качество	вид погрешности	погрешность	качество	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	с	П	890	0,8	12				3,2
2	ВБ	Ц	95	0,022	6	←	0,016	5	0,63
5	ВБ	Ф	95		6 СТ.	←	0,05	8	3,2
6	с	Ц	95	0,35	12				12,5
7	с	П	30	0,21	12				12,5
11	ОБ	Ц	100	0,022	6	←	0,006	3	0,63
12	с	Ц	99	0,35	12				12,5
13	ВБ	П	65	0,3	12	←	0,03	7	2,5
17	ОБ	Ц	109,5	0,35	12				12,5
18	с	П	40	0,25	12				12,5
19	Вб	Ф	100		6 СТ	←	0,05	8	3,2
20	с	Ц	97	0,4	12				12,5
21	с	П	65	0,3	12				12,5
22	ВБ	Ц	110	0,022	6	←	0,012	4	0,63

В таблице 1.1 используются следующие обозначения для различных форм поверхностей: для цилиндрической наружной – Ц; для цилиндрической внутренней – ЦВ; для плоской – П; для фасонной – Ф.

1.2 Анализ технологичности детали

1.2.1 Технологичность детали

Деталь «Шпиндель» унифицирована с деталями группы технические требования к точности и шероховатости, посадочных мест, требования к пространственным отклонениям уступов. Унифицированы также разделительные канавки, фаски, радиусы, скосы.

Конфигурация детали позволяет одновременно обрабатывать несколько поверхностей. Все поверхности шпинделя можно обработать на токарных, сверлильных и шлифовальных операциях за два установка.

1.2.2 Технологичность конструкции

Точность и шероховатость поверхностей обусловлены требованиями к детали качественно выполнять свои функции. Наибольшая точность поверхности 32 – 5 квалитет и шероховатость 0,32, такие требования возможно обеспечить за счет достаточно большого числа проходов при обработке. Все поверхности имеют канавки под выход инструмента.

1.2.3 Технологичность базирования и закрепления

Деталь имеет достаточно большое число поверхностей, удобных для установки в приспособлении. Деталь, благодаря своей конфигурации, позволяет с одной установки обрабатывать обе посадочные шейки шпинделя.

Для достижения цели работы, сформулированной ранее, необходимо решить ряд задач: рассмотреть исходные данные на предмет формирования перспективного технологического процесса; выбрать способ получения заготовки и спроектировать саму заготовку; рассмотреть вопросы проектирования специального технического оснащения; провести мероприятия по охране труда; определить экономический эффект от внедрения результатов работы.

2 Разработка технологической части работы

2.1 Определение исходных параметров

Включим в группу кроме заданной детали «Шпиндель фрезерного станка» шпиндель поворотного стола и шпиндель фрезерного стола 1М63БФ101. При этом учтем, что трудоемкость изготовления этих деталей разная. Примем трудоемкость заданного шпинделя за 1. Трудоемкость для других колес оцениваем ориентировочно, исходя из объема и сложности детали.

Шпиндель поворотного стола – масса равна 38 кг, K_T равен 0,8.

Шпиндель фрезерного станка 1М63БФ101 – масса равна 72 кг, K_T равен 0,9

Средний коэффициент трудоемкости $K_{T_{\text{ср}}}$:

$$K_{T_{\text{ср}}} = \frac{\sum_1^n N_i \times p_i \times K_{T_i}}{n \sum_1^n N_i \times p_i} = \frac{\sum_1^n K_{T_i}}{n} \quad (2.1)$$

где N_i – объем выпуска шпинделей; n – число участвующих в групповом ТП шпинделей; p_i – число шпинделей i -го наименования; N – суммарный объем выпуска.

$$K_{T_{\text{ср}}} = \frac{1 \times 0,8 + 1 \times 0,9 + 1 \times 1}{3} = 0,9$$

Приведенный объем выпуска N_0 :

$$N_0 = N \times m_{\text{ср}}^{0,7} \times K_{T_{\text{ср}}} \quad (2.2)$$

где N – общий объем выпуска деталей; m_{cp} - средняя масса выпускаемых шпинделей m_{cp} равна 57,7 кг; N равно 450 деталей в год.

$$N_0=450 \times 57,7^{0,7} \times 0,9=6950 \text{ дет/год}$$

Согласно [9] это соответствует среднесерийному производству. Видим, что эти показатели изменились в сторону повышения производительности и снижения удельных затрат.

2.2. Проектирование комплексной детали

Для разработки группового техпроцесса возьмем три детали представителя:

«Шпиндель фрезерного станка» – объем выпуска 150 деталей в год, согласно заданию;

«Шпиндель поворотного-делительного стола» – 150 деталей в год;

«Шпиндель токарно-винторезного станка 1М63БФ101» – 150 деталей в год.

Так для детали «Шпиндель фрезерного станка» будем иметь:
поверхности 1 и 22 – шейки под подшипники;
поверхности 22 и 15 – посадочные поверхности под зубчатые колеса;
поверхности 5, 19, 9 – резьбовые поверхности под упорные гайки;
поверхности 13 и 14 – упорные торцы уступов под подшипники;
поверхности 9, 10, 11, 17, 14 – поверхности для присоединения приспособлений;

поверхности 1 и 12 – торцы вала;

поверхности 4, 17 – боковые поверхности шпоночных пазов;

поверхности 3, 6 – дно шпоночных пазов;

поверхности 17, 7, 8 – свободные поверхности;

поверхности 6, 20, 8, 12 – канавки под выход шлифовального круга;

поверхность 9 – внутреннее отверстие;

поверхность 10 – отверстия для крепления патрона.

2.3 Определение методов обработки поверхностей

Пользуясь методикой, определим методы обработки самой точной поверхности детали «шпиндель» – шейки под подшипник, поверхность 32.

Переход 1 – точение т, обдирочное шлифование ШО. Так как обдирочное шлифование ($k_y=1,3$), применяемое при удалении литейной корки перед обработкой лезвийным инструментом, дороже точения ($k_y=1,0$), принимаем на первом переходе обдирку точением Т.

Таким же образом определяем варианты методов обработки на остальных переходах:

Переход 2 – получистовое точение ТП, черновое шлифование Ш;

Переход 3 – чистовое точение ТЧ, получистовое шлифование ШП;

Переход 4 – тонкое точение ТТ, чистовое шлифование ШЧ.

Переход 5 – тонкое шлифование ШТ.

Будем иметь:

- 1) Т – ТП – ТЧ – ТТ – ШТ
- 2) Т – ТП – ТЧ – ШЧ – ШТ
- 3) Т – ТП – ШП – ШЧ – ШТ
- 4) Т – Ш – ШП – ШЧ – ШТ

Такие варианты мы бы имели при отсутствии термообработки. однако, в связи с тем, что чертежом предусмотрена закалка детали, и упрочняющая термообработка в виде ТВЧ, запишем вновь варианты термообработки. При этом точность детали снижается приблизительно на 1 качество. Из этого перечня вариантов исключим такие, которые содержат обработку шлифованием до закалки и обработку точением после закалки, поскольку этих переходов больше.

Следовательно, оптимальным сочетанием методов обработки поверхности 32 будет третий вариант:

T(12; 12,5), ТП(10; 3,2), ТО, Ш(10; 2,5), ШП(8; 1,25), ШЧ(6; 0,63), ШТ(5; 0,32).

Аналогичным образом определяем оптимальные методы обработки остальных поверхностей детали «шпиндель».

На основании вышеизложенного составим таблицу методов обработки поверхностей детали «шпиндель фрезерного станка»

Таблица 2.1 – Методы обработки поверхностей детали

№ поверхности	Квалитет	Ра,мкм	Методы обработки
1	12	3,2	ФЦ, ТО1, Т, ТП
2	6	0,63	Т, ТО1, Т, ТП, ТО2, Ш, ШП, ШЧ
5	6	3,2	Т, ТО1, Т, ТП, РН
6	12	12,5	Т, ТО1, Т
7	12	12,5	Т, ТО1, Т
11	6	0,63	Т, ТО1, Т, ТП, ТО2, Ш, ШП, ШЧ
12	12	12,5	Т, ТО1, Т
13	12	2,5	Т, ТО1, Т, ТП, ТО2, Ш
17	12	12,5	Т, ТО1, Т
18	12	12,5	Т, ТО1, Т
19	6	3,2	Т, ТО1, Т, ТП, РН
20	12	12,5	Т, ТО1, Т
21	12	12,5	Т, ТО1, Т
22	6	0,63	Т, ТО1, Т, ТП, ТО2, Ш, ШП, ШЧ

В таблице обозначено: Т – точение, С – сверлильная, Р – расточная, Ш – шлифовальная, РН – резьбонарезная, ТО – термообработка, Ф – фрезерная, ПР – притирочная.

Аналогичным образом определяем методы обработки поверхностей остальных деталей представителей.

2.4 Разработка технологического маршрута

Спроектированная нами комплексная деталь приведена на чертеже в графической части проекта. комплексная деталь представляет собой деталь типа «шпиндель». для детали шпиндель фрезерного станка разработан типовой технологический процесс [31], которые мы положим в основу разработки группового технологического маршрута.

Таблица 2.2 – Типовой маршрутный технологический процесс обработки шпинделя фрезерного станка

№ операции	Наименование операции	Содержание операции	Оборудование
1	2	3	4
000	Заготовительная	Отрезка проката	круглопильный полуавтомат 8R636
010	Фрезерно-центровальная	Фрезерование торцев 1, 4. Сверлить, зенкеровать центральные отверстия 24, 19. Нарезать резьбу в отверстиях.	Фрезерно-центровальный полуавтомат MP76M
020	Токарная	Установ А, Б. Подрезать торцы 2, 3. Точить цилиндрические поверхности 6, 7, 5.	Токарно-винторезный станок 16K20
030	Токарная с ЧПУ	Установ А, Б. Точить цилиндрические поверхности 6, 7, 5. Подрезать торцы 2,3. Точить канавки и фаски.	Токарновинторезный станок с ЧПУ 16K20Ф3
040	Горизонтально-расточная	Сверлить отверстие 13. подрезать торец 1. расточить отверстие 13. расточить канавку 14 в отверстии 13.	Горизонтально-расточной станок 2620RФ1
050	Долбежная	Долбить шпоночный паз 18, 17 в отверстиях 13.	Долбежный станок 7A420

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4
060	Сверлильная с ЧПУ	Стабилизирующий отпуск по типовому процессу.	Вертикально-сверлильный станок с ЧПУ 2P135Ф2
070	Сверлильная	Зенкерование центрального отверстия со стороны головной части.	Горизонтально-сверлильный станок ОС-900
080	Шпоночно-фрезерная	Фрезеровать шпоночный паз 15, 16.	Шпоночно-фрезерный станок 692М
090	Термическая	Цементировать. Закалка и низкий отпуск.	
100	Очистная	Очистить поверхность.	
110	Контрольная	Проверить твердость.	
120	Центрошлифовальная	установ а. шлифовать центровую фаску 19. установ б. шлифовать фаску поверхности 25.	Центрошлифовальный станок 3922Р
130	Круглошлифовальная	Установ А. Шлифовать поверхность 5. Установ Б. Шлифовать цилиндрические поверхности 6, 7 и торец 3.	Круглошлифовальный станок 3М151В
140	Внутришлифовальная	Шлифовать отверстие 13.	Внутришлифовальный станок 3А227А
150	Круглошлифовальная (тонкое)	Шлифовать поверхности 6, 7.	Круглошлифовальный станок МАЗН161
160	Моечная		
170	Контрольная		
180	Слесарная	Протереть шпиндель и покрыть антикоррозийным раствором.	

На первой операции создадим технологические базы в виде центровых отверстий для последующей обработки. Повышенная точность и высокий класс чистоты достигается дополнительными выхаживаниями при шлифовании.

Введена дополнительная операция термообработки – старение. В качестве финишной обработки применяем тонкое шлифование.

При обработке деталей типа «шпиндель» большое количество времени уходит на обработку резьбовых отверстий. Нарезание резьбы по типовому технологическому процессу осуществляется с помощью резцов оснащенных твердосплавными пластинками. Для сокращения времени обработки и получения более качественной резьбы, предлагаем выполнить её эльборовыми резцами. Скорость резания при таком варианте в два раза выше, чем при базовом технологическом процессе. На базе типового технологического процесса создадим групповой технологический процесс.

2.5 Разработка схем базирования

Таблица 2.3 – Технологические базы технологической обработки

№ операции	Наименование операции	Тип базы	Технологические базы	Реальные базы
1	2	3	4	5
010	Фрезерно-центровальная	Двойная направляющая Упорная Упорная	Ось детали Уступ 16 Осевое сечение	22, 12 16 22, 12
020-1	Токарная	Двойная направляющая Упорная Упорная	Ось детали Торец 12 Осевое сечение	12, 23 22 18
020-2	Токарная	Двойная направляющая Упорная Упорная	Ось детали Торец 1 Осевое сечение	22, 13 1 5
040	Горизонтально-расточная	Двойная направляющая Упорная Упорная	Ось детали Торец 19 Осевое сечение	22, 13 9 8
050	Долбежная	Двойная направляющая Упорная Упорная	Ось детали Торец 22 Осевое сечение	2, 22 12 2
060	Сверлильная с ЧПУ Сверлильная	Двойная направляющая Упорная Упорная	Ось детали Торец 1 Осевое сечение	2, 12 1 8
070		Двойная направляющая Упорная Упорная	Ось детали Торец 1 Осевое сечение	2, 12 1 2, 12
080	Шпоночно-фрезерная	Двойная направляющая Упорная Упорная	Ось детали Торец 22 Осевое сечение	2, 32 52 2

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5
120-1	Центрошлифовальная	Двойная направляющая Упорная Упорная	Ось детали Уступ 19 Осевое сечение	17, 14 19 2
120-2	Центрошлифовальная Круглошлифовальная	Двойная направляющая Упорная Упорная	Ось детали Уступ 16 Осевое сечение	17, 14 16 18
130-1	Круглошлифовальная	Двойная направляющая Упорная Упорная	Ось детали Торец 1 Осевое сечение	14, 12 1 12
140-1	Внутришлифовальная	Двойная направляющая Упорная Упорная	Ось детали Уступ 49 Осевое сечение	17, 14 19 8
140-2		Двойная направляющая Упорная Упорная	Ось детали Уступ 16 Осевое сечение	17, 14 16 2
150	Круглошлифовальная точное	Двойная направляющая Упорная Упорная	Ось детали Торец 22 Осевое сечение	2, 17 2 8

2.6 Определение припусков и проектирование заготовки

Припуски на поверхности сводим в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 – Припуски на обрабатываемые поверхности В миллиметрах

№ поверхности	Размер детали	Припуск 2z	Размер заготовки	Допуск	Расположение поля допуска
1	2	3	4	5	6
11	100	9	109	2,2	+1,4 -0,8
22	110	9	119	2,2	+1,4 -0,8
29	130	7	137	2,5	+1,6 -0,9
32	150	10	160	2,5	+1,6 -0,9
40	140	10	150	2,5	+1,6 -0,9
48	210	7	217	2,9	+1,9 -1,0
46-52	45,5	11	56,5	1,6	+1,0 -0,6
46-41	264	4	268	3,2	+2,0 -1,2
46-31	385	4	389	3,6	+2,4 -1,2
46-26	525	5	530	4,4	+3,0 -1,4
46-13	685	7	692	5,0	+3,4 -1,6
1-52	890	15	905	5,6	+3,8 -1,8

На основании сделанных выше расчетов строим заготовку.

2.7 Выбор средств технологического оснащения

Операция 070 сверлильная. Горизонтально-сверлильный одношпиндельный станок ОС-900 рязанского станкостроительного завода предназначен для сверления глубоких отверстий. Обработка отверстий диаметром до 75 мм производится методом сплошного сверления, а диаметром 75-135 мм – методом кольцевого сверления. Подача инструмента осуществляется перемещающейся по горизонтальной станине стемлевой бабкой.

Техническая характеристика:

Наибольший диаметр обрабатываемого отверстия при сверлении	75/135 мм;
Наибольшая глубина обработки	2 700 мм;
Пределы рабочих подач	10,4 – 455 мм/мин;
Габариты станка	8100×3100×1850 мм;
Мощность электродвигателя	71,7 кВт.

Операция 120 центрально-шлифовальная. Центральнo-шлифовальный станок 3922К предназначен для шлифования при единичном и серийном производстве.

Техническая характеристика:

Расстояние от оси детали до рабочей поверхности стола	150 мм;
Угол между осями изделия и шлифовального	26°34;
Частота вращения детали	60-300 об/мин;
Окружная скорость круга	35 м/с;
Наибольшие размеры шлифовального круга: наружный диаметр	750 мм;
высота	75 мм;
Мощность электродвигателя	22,8 кВт;
Габариты станка	2710×2220×1730 мм.

Операция 140 внутришлифовальная. Внутришлифовальный патронный станок 3А227А саратовского станкостроительного завода, отличающийся повышенной жесткостью, предназначен для обработки цилиндрических и конических отверстий концентрических деталей. Станок оснащен гидрозажимом заготовки. Компоновка станка горизонтальная. Стол станка перемещается по продольным направляющим станины от гидроцилиндра.

Техническая характеристика:

Размеры обрабатываемого отверстия	25-80 мм;
Наибольшая длина	100 мм;
Наибольший диаметр устанавливаемой детали	250 мм;
Продольный ход стола	450 мм;
Частота вращения детали	450-600 об/мин;
Мощность	10,3 кВт.

Операция 150 круглошлифовальная. Круглошлифовальный станок МАЗН161 повышенной точности применяют для наружного шлифования торцевых, цилиндрических и пологих конических поверхностей на деталях в условиях единичного и серийного производства с помощью гидравлики осуществляется возвратно-поступательное перемещение стола, быстрый подвод и отвод шлифовальной бабки; периодическая автоматическая подача круга, управляемая от кулачков реверса стола.

Техническая характеристика:

Наибольшие размеры устанавливаемой заготовки	400×1200 мм;
Наибольшие размеры шлифуемой поверхности	300×1200 мм;
Наибольшие размеры шлифовального круга	750×75 мм;
Окружная скорость круга	35 м/с;
Поперечная подача шлифовальной бабки врезания	0,1-2,0 мм/мин;
периодическая	0,5-2,0 мм;
Мощность электродвигателя	13 /19 кВт.

3 Проектирование специальных средств оснащения

Для технологической подготовки изготовления деталей используются САМ-системы. Сейчас невозможно представить проектирование управляющей программы для сложной 3-D поверхности без соответствующей САМ-системы. Наиболее совершенные САМ-системы содержат в своем составе САД-системы, где выполняется проектирование чертежа детали, твердотельное моделирование, проверка взаимного расположения поверхностей, подготовка исходных геометрических данных к передаче в САМ-систему, которая будет связывать конструктивные элементы с соответствующими операциями обработки, что позволит создавать управляющие программы в автоматическом режиме [10].

Таким образом, результатом функционирования САМ-системы является создание управляющих программ для разных видов обработки. Так, например, возможности модуля фрезерования предусматривают выполнение обработки с использованием от 2,5 до 5 осей на вертикально- и горизонтально-фрезерных, агрегатных и многопозиционных станках с ЧПУ универсальной компоновки.

Условно станки с ЧПУ можно разделить на универсальные и специальные, причем специальные станки предназначены для обработки сложных поверхностей деталей при использовании наиболее оптимальной схемы формообразования. Поскольку при проектировании файла формообразующих движений, всегда исходят из конкретной кинематической схемы формообразования станка, то в этом состоит существенная проблема, исключающая возможность использования известных, по сути универсальных, САМ-систем для автоматизации подготовки программ обработки весьма широкого класса деталей со сложными поверхностями, например, лопаток моноколес газотурбинных установок.

В таком случае необходимым условием автоматизации технологической подготовки производства является использование специальной САМ-системы,

рассчитанной на особенности кинематической схемы формообразования. При этом реализуется метод «прямого» числового программного управления (DNC), предусматривающий организацию системы. Причем, в соответствии с предлагаемой идеологией, такая система должна быть создана непосредственно на рабочем месте оператора или включена в локальную сеть.

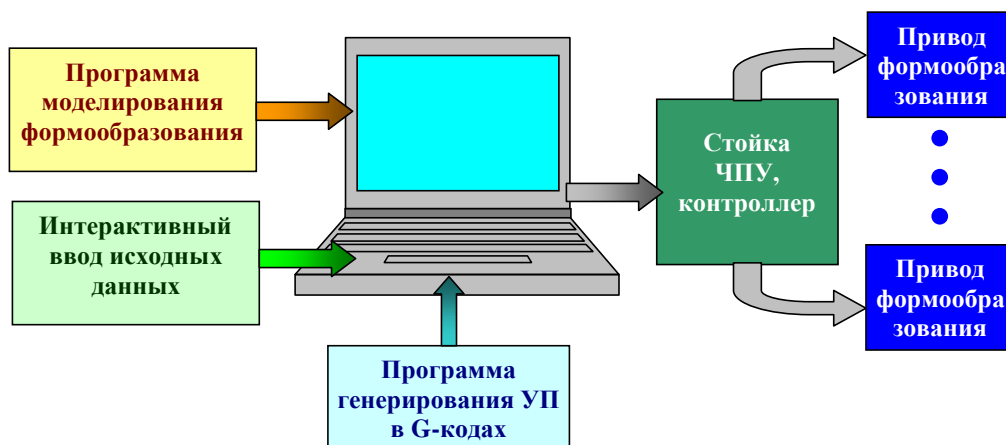


Рисунок 3.1 – Схема системы DNC

Моделирующая программа может быть создана в любой объектно-ориентированной программной среде и основана на использовании аналитических зависимостей, полученных путем анализа геометрических соотношений принятой схемы формообразования. Учитывая специфические особенности задания сложных 3-D поверхностей, в программе моделирования обязательно присутствие модулей, выполняющих операции численного дифференцирования таблично заданных функций.

Программное обеспечение должно включать модуль интерактивного ввода данных, который используется не только при первичном моделировании, но и в процессе функционирования станка для оперативного введения изменяющихся параметров технологической обрабатывающей системы. Совершенно необходимой компонентой такой системы является модуль генерирования управляющей программы в G-кодах, которая непосредственно воспринимается соответствующей стойкой ЧПУ станка.

В связи с отсутствием систем автоматизированной подготовки производства для изготовления 3-D поверхностей деталей на станках с ЧПУ специальной кинематики, методика должна базироваться на интеграции CAD/CAM систем и полностью решать проблему подготовки управляющих программ формообразующих движений для подобных станков.

В соответствии с общими принципами создания систем DNC в синтезируемой CAD/CAM системе должны выполняться не только традиционные операции проектирования и подготовки файла 3-D поверхности, моделирование процесса формообразования с целью создания файла CLDATA и управляющего файла в G-кодах, но и проверка взаимодействия детали и инструмента по данным автоматически сгенерированного файла (рисунок 3.2).

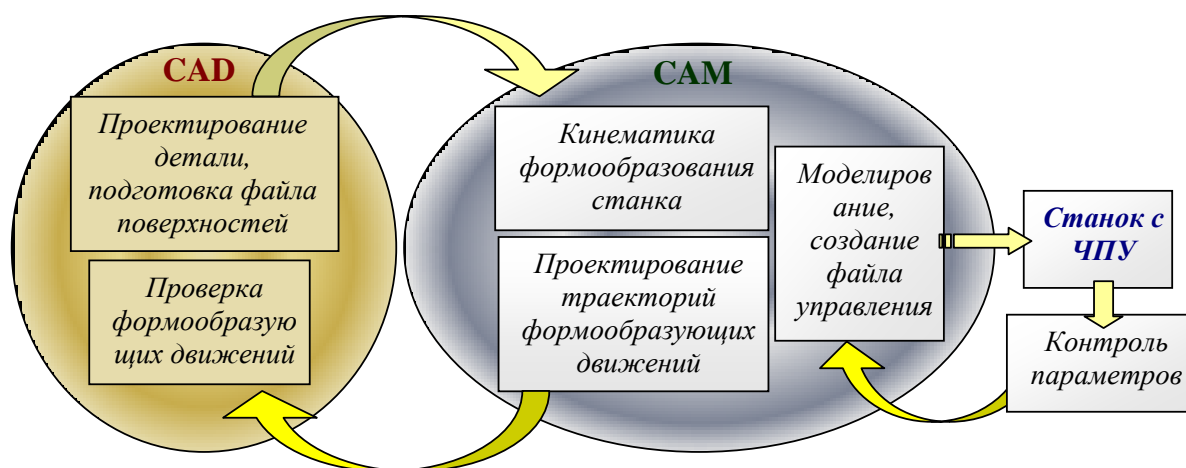


Рисунок 3.2 – Структура интегрированной CAD/CAM системы

Созданный файл данных, представленный в G-кодах, передается на станок с ЧПУ для выполнения технологической операции. Поскольку при моделировании схемы формообразования учитываются параметры ТОС, которые могут изменяться, например, диаметр шлифовального круга вследствие правок, то в системе необходимо наличие обратной связи, автоматически инициирующей проведение повторного моделирования и генерирование нового файла управляющей программы.

Примером решения такой общей проблемы создания технологии обработки сложных поверхностей на специальных станках с ЧПУ является обработка сложных поверхностей калибров для станов холодной прокатки (рисунок 3.3, а).

Обработка выполняется на специальном шлифовальном станке кругом, имеющем форму тора (рисунок 3.3, б). Обработка выполняется на станке ЛЗ-250 с ЧПУ WL4М с управлением формообразующими движениями, которые обеспечивают синхронное с вращением детали 1 движение бабки 2 детали по двум координатам, а также поворот шлифовальной бабки 3. Поворот шлифовальной бабки необходим для ориентирования шлифовального круга параллельно профилю при обработке. Такое движение является обязательным при формообразовании шлифовальным кругом с исходной инструментальной поверхностью в виде тора, потому что в противном случае будет происходить значительное искажение профиля калибра так называемое «подрезание» и нарушение требуемой точности формообразования.

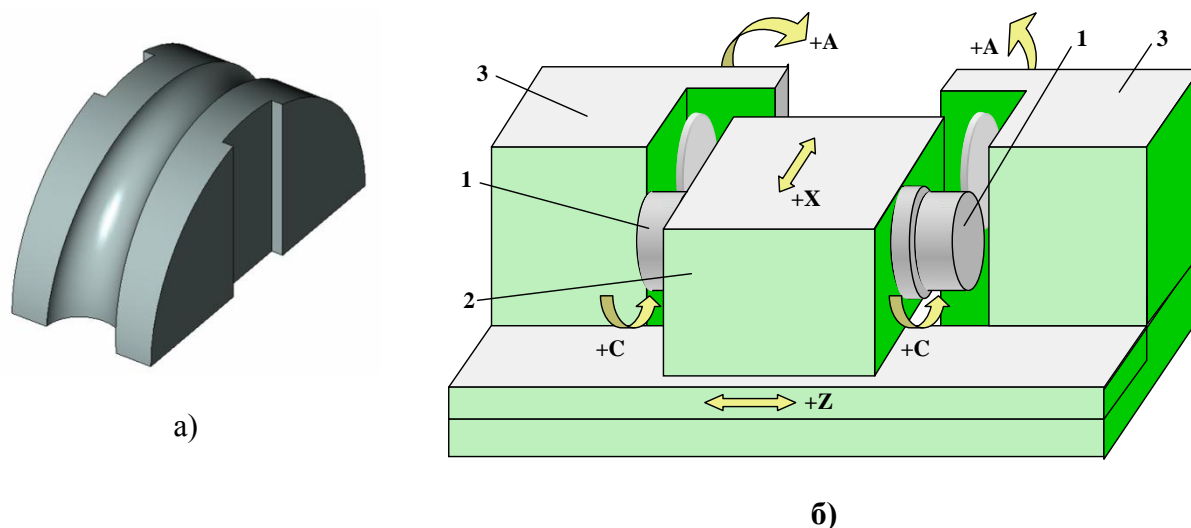


Рисунок 3.3 – Калибр холодной прокатки (а) и схема станка для его изготовления (б)

Приведем несколько наиболее важных задач, которые нуждаются в решении при работе в предложенной системе.

Технологическая задача. В соответствии со схемой шлифования профиля калибра обработка осуществляется при вращении детали вокруг своей оси и перемещении шлифовального круга от прохода к проходу. Для обеспечения равных расстояний между строками проходов по профилю удобно выбрать в качестве задающей координаты полярный угол, который определяет положение центра округления шлифовального круга относительно центра эллипса каждого сечения профиля (рисунок 3.4).

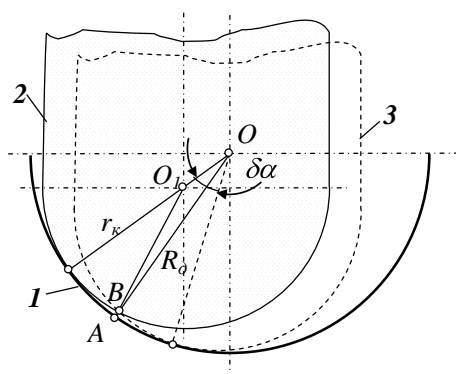


Рисунок 3.4 – К выбору шага изменения полярного угла профиля

Выбор шага $\delta\alpha$ изменения полярного угла зависит от желаемой высоты Rz гребешка микронеровностей обработанной поверхности. Для этой зависимости $Rz=f(\delta\alpha)$, ввиду того, что эллипсы мало отличаются между собой, можно считать эллипс окружностью 1 (рисунок 3.4) с R_0 .

На рисунке 3.4 показанные два положения шлифовального круга (2 и 3), радиусом r_k округления, которые отличаются на величину шага $\delta\alpha$ изменения полярного угла α . Высота образующегося гребешка определяется следующим образом. Из геометрических соотношений $\triangle BO_1O$ по теореме синусов имеем:

$$\angle O_1BO = \frac{R_0 - r_k}{r_k} \sin \frac{\delta\alpha}{2}. \quad (3.1)$$

Следовательно,

$$\angle BO_1O = \pi - \delta\alpha / 2 - \angle O_1BO. \quad (3.2)$$

Из геометрических соотношений $\triangle BO_1O$ по теореме косинусов:

$$OB = \sqrt{r_k^2 + (R_\partial - r_k)^2 - 2r_k(R_\partial - r_k)\cos\angle BO_1O}. \quad (3.3)$$

Окончательно получаем:

$$R_z = R_\partial - OB. \quad (3.4)$$

Таким образом, на высоту гребешков микронеровностей обработанного профиля влияют как радиус r_k округления периферии шлифовального круга, так и шаг $\delta\alpha$ изменения полярного угла профиля (при заданном радиусе детали). Для оценки такого влияния разработана прикладная программа, математическим ядром которой являются приведенные выше зависимости (3.1-3.4). Интерфейс программы представлен на рисунке 3.5.

В соответствующие поля интерфейса следует вводить радиус профиля калибра, равный максимальному радиусу на всей его длине. Радиус округления шлифовального круга выбирается так, чтобы он не превышал минимальный радиус профиля калибра на всей его длине.



Рисунок 3.5 – Интерфейс прикладной программы

Анализ полученных результатов показывает, что максимальная высота гребешков существенно зависит от шага изменения полярного угла α . При выборе шага изменения полярного угла следует помнить, что уменьшение шага вызывает увеличение времени обработки и объема данных программы станка с ЧПУ.

Моделирование. В соответствии с предложенным алгоритмом управления геометрическим формообразованием всего профиля калибра на первом этапе достаточно рассчитать координаты центра округления шлифовального круга при обработке одного произвольного сечения профиля. На рисунке 3.6 представлено сечение канавки калибра при полярном угле поворота детали $\varphi = \varphi_i$, которое, в соответствии с техническим заданием, представляет собой эллипс с осями:

$$DE = B \text{ и } OC = H_p, \quad (3.5)$$

где B – ширина профиля, H_p – глубина профиля.

Уравнение эллипса в декартовой системе координат XOY имеет вид:

$$\frac{x^2}{B^2} + \frac{y^2}{H_p^2} = 1. \quad (3.6)$$

Для описания профиля удобно выбрать начало координат в точке O и представить профиль в полярной системе координат $R=f(\alpha)$, где R – полярный радиус, α – полярный угол ($-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$). Координаты произвольной точки A эллипса в декартовой системе координат XOY определяются простыми соотношениями:

$$x = R \sin \alpha, \quad y = R \cos \alpha. \quad (3.7)$$

Подставив (1.7) в (1.6), после простых алгебраических преобразований, получим функцию профиля в полярной системе координат:

$$R = \sqrt{\frac{B^2 H_p^2}{H_p^2 \sin^2 \alpha + B^2 \cos^2 \alpha}}. \quad (1.8)$$

Шлифовальный круг 2 при обработке профиля калибра должен всегда располагаться по касательной к профилю в точке контакта. Для произвольной точки A на рисунке 3.6 показано положение нормали NN , на которой должен располагаться центр O_I круга радиусом r_k . Следовательно, для каждой точки профиля необходимо найти соответствующие координаты центра шлифовального круга. Уравнение касательной к эллипсу в точке A имеет вид:

$$\frac{x_A x}{B^2} + \frac{y_A y}{H_p^2} = 1. \quad (3.9)$$

$$\begin{cases} x_k = x_A - r_k \sin \alpha_1 \\ y_k = y_A - r_k \cos \alpha_1 \end{cases} \quad (3.13)$$

При выборе радиуса округления шлифовального круга, среди других ограничений необходимо выполнить условие кривизны профиля калибра. Для проверки такого условия, в первую очередь, необходимо рассчитать массив радиусов кривизны профиля. Здесь целесообразно использовать численный метод, по следующей процедуре:

$$\begin{aligned} \delta_i &= \sqrt{(x_i - x_{i+1})^2 + (y_i - y_{i+1})^2}; \\ \beta_i &= \arcsin \frac{y_i - y_{i+1}}{\delta_i}; \quad r_i = \frac{\delta_i}{\beta_{i+1} - \beta_i}. \end{aligned} \quad (3.14)$$

Теперь необходимо рассмотреть сечение плоскостью, которая обозначена как PP на рисунке 3.6. На рисунке 3.7 представлено такое сечение, где шлифовальный круг 1, двигаясь по эквидистанте 3, взаимодействует с деталью 2 в той же точке A , что и на рисунке 3.6. Скорость V точки A , являющейся концом вектора R_m материального профиля сечения, является векторной суммой двух скоростей:

$$\vec{V} = \vec{V}_1 + \vec{V}_2, \quad (3.15)$$

где V_1 – скорость изменения радиуса-вектора R_m , V_2 – линейная скорость вращения детали в точке A .

Модули этих составляющих скоростей определяются по известным зависимостям:

$$V_1 = \frac{dR_m}{d\varphi} \omega; \quad V_2 = R_m \omega, \quad (3.16)$$

где ω – угловая скорость вращения детали, φ – угол поворота детали.

Таким образом, при обработке в точке A профиля, центр шлифовального круга должен находиться на эквидистанте к соответствующему сечению профиля в точке O_k . Следовательно, при повороте детали на угол φ , координаты центра круга в полярной системе координат с полюсом в точке O_d соответственно: угол и радиус $R_s = O_d O_k$.

Легко видеть, что

$$\angle O_k A O_d = 180^\circ - \gamma. \quad (3.17)$$

Угол может быть определен из геометрических соотношений с учетом зависимостей (3.15) и (3.16):

$$\gamma = \arctan \frac{dR_m / d\varphi}{R_m}. \quad (3.18)$$

Радиус-вектор R_s определяется из $\triangle O_k A O_d$:

$$R_s = \sqrt{R_m^2 + R_k^2 + 2R_m R_k \cos \gamma}, \quad (3.19)$$

а угол $\delta\varphi = \varphi - \varphi_j$:

$$\delta\varphi = \arcsin\left(\frac{R_k}{R_s} \sin \gamma\right). \quad (3.20)$$

Теперь рассмотрим положение шлифовального круга и детали на виде *A* по рисунку 3.6. Схема взаимодействия при повороте шлифовального круга 2 по нормали *NN* к контуру профиля показана на рисунке 3.8.

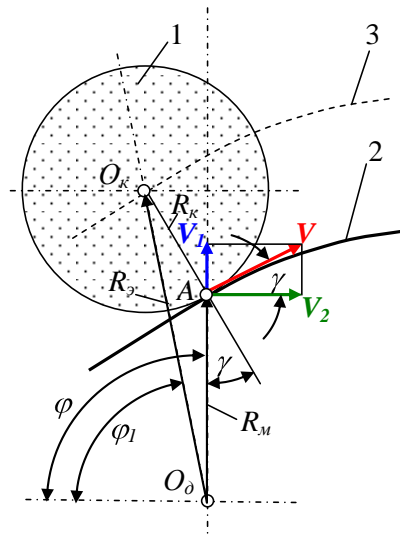


Рисунок 3.7 – Сечение плоскостью *PP* на рисунке 3.6

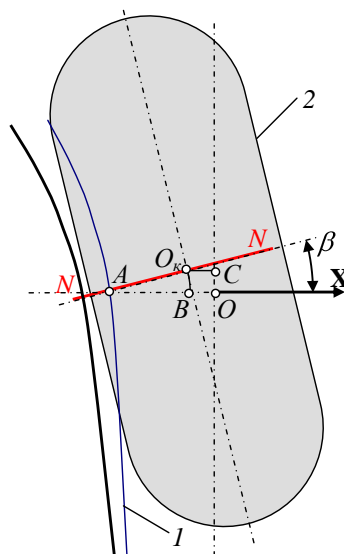


Рисунок 3.8 – Вид А по рисунку 3.6

Шлифовальный круг 2 обрабатывает траекторию 1 на профиле калибра. Угол β наклона нормали к оси X в любой точке обрабатываемой траектории можно рассчитать по зависимости:

$$\beta = \arcsin\left(\frac{dx/d\varphi}{\delta D}\right), \quad (3.21)$$

где δD – увеличение дуги траектории за шаг изменения полярного угла φ .

Поворот шлифовального круга по нормали к траектории обработки в точке A вызовет изменение координаты x и полярного угла координаты R_3 . Из геометрических соотношений (рисунок 3.8) с учетом (3.13) получаем:

$$x_k = x_A - r_k \cos\alpha_1 \cdot \cos\beta, \quad (3.22)$$

а изменение $\delta\varphi_1$ полярного угла координаты R_3 , в добавление к зависимости (3.20) для $\delta\varphi$, определяется из зависимости:

$$\delta\varphi_1 = \frac{r_k \cos\alpha_1 \cdot \sin\beta}{R_0}, \quad (3.23)$$

где R_0 – радиус детали в точке обработки.

Таким образом, при расчетах по приведенным выше зависимостям для каждого сечения профиля калибра, при условии задания функции $R_m(\varphi)$ в виде таблицы с равномерным шагом изменения полярного угла, образуются таблицы функции (φ_1) и $x_{k(\varphi_1)}$ с неравномерным шагом изменения полярной координаты φ_1 . Поэтому, перед формированием файла управления станком с ЧПУ,

выполняется процедура интерполяции, которая обеспечивает исходную таблицу с равномерным шагом изменения аргумента.

В соответствии с изложенной выше методикой необходимо обеспечить непрерывное моделирование процесса формообразования с генерацией управляющего файла. Поэтому представленные выше зависимости (3.5-3.23), составляющие математическую модель геометрического взаимодействия шлифовального круга и профиля калибра при формообразовании, положены в основу прикладной программы (рисунок 3.9).

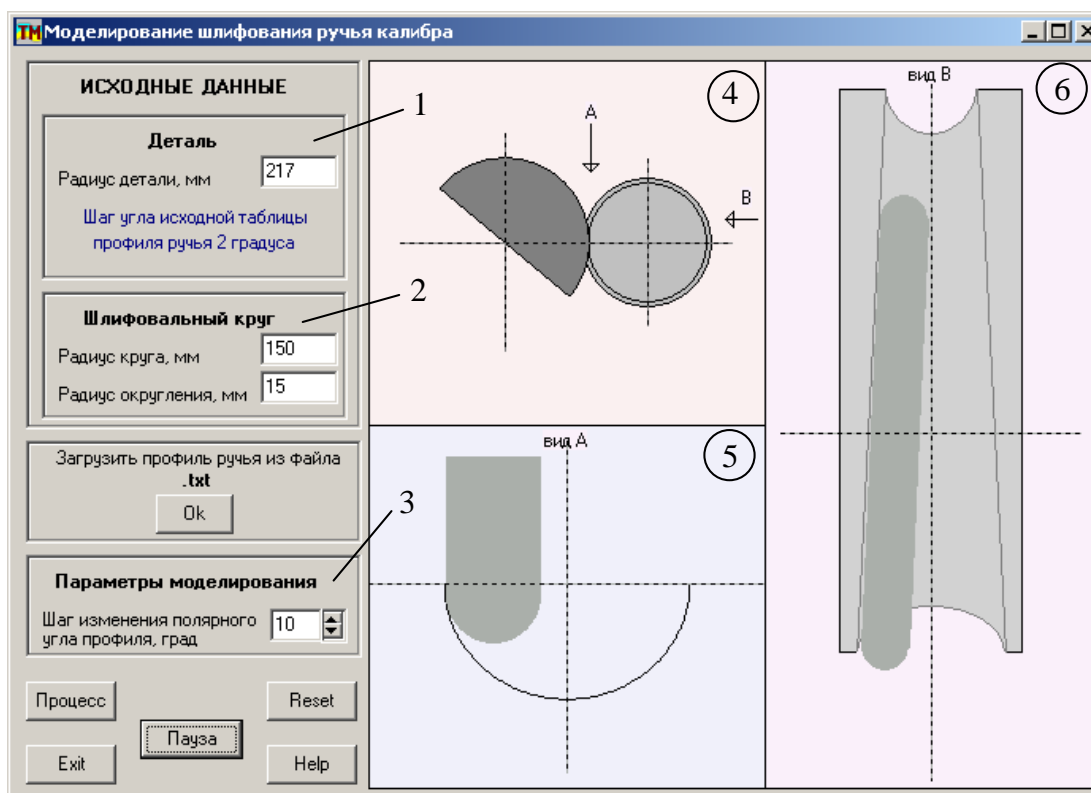


Рисунок 3.9 – Интерфейс прикладной программы

Программа проводит диагностику возможности формообразования при заданных в окнах 1, 2 и 3 исходных параметрах и автоматически выполняет моделирование одного цикла обработки профиля калибра. В процессе моделирования в графических окнах 4, 5 и 6 интерфейса происходит синхронная анимация движений взаимодействия шлифовального круга и детали в соответствии с кинематической схемой формообразования станка. В

результате создается файл управления, который является исходным для программы системы ЧПУ в G-кодах; обеспечивается расчет нового файла при изменении диаметра шлифовального круга вследствие правки.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Разработка мероприятий по обеспечению безопасности и экологичности проводится с использованием методики и данных учебно-методического пособия [25].

4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта

Характеристики рассматриваемого технического объекта приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Технологический паспорт технического объекта

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	2	3	4	5
Техпроцесс изготовления шпинделя фрезерного станка	Фрезерно-центровальная операция	Фрезеровщик	Фрезерно-центровальный полуавтомат МР76М, тиски призматические	19ХГН по ГОСТ 4543-71, смазочно-охлаждающая жидкость, ветошь

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
			самоцентрирующими губками ГОСТ 130041-89, патрон для центровочного сверла ГОСТ 2876-80	
Техпроцесс изготовления шпинделя фрезерного станка	Токарная операция	Оператор станков с программным управлением	Токарно-винторезный станок с ЧПУ 16К20Ф3, патрон 3-х кулачковый с плавающими кулачками ГОСТ 2675-80, центр вращающийся ГОСТ 8742-62	19ХГН по ГОСТ 4543-71, смазочно-охлаждающая жидкость, ветошь

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 4.2 содержит результаты проведения идентификации профессиональных рисков.

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
1	2	3
Фрезерно-центровальная операция, Токарная операция	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; опасные и вредные производственные факторы, вызванные высокой температурой, которая может вызвать ожоги тканей организма человека; опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации; опасные и вредные производственные факторы, характеризуемые повышенным уровнем шума; опасные и вредные производственные факторы, электрического тока; динамические нагрузки, вызванные монотонностью	Обрабатываемая заготовка, металлорежущий станок, смазочно-охлаждающая жидкость, станочное приспособление, режущий инструмент

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Результаты данного раздела приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Организационно-технические методы и технические средства (технические устройства) устранения (снижения) негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работающего
2	3	4
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Инструктажи по охране труда, удаление острых кромок и заусенцев на слесарных переходах	Перчатки с покрытием из полимера
Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки	Инструктажи по охране труда, применение защитных кожухов, экранов, ограждений	Спецодежда, защитные очки
Опасные и вредные производственные факторы, вызванные высокой температурой, которая может вызвать ожоги тканей организма человека	Инструктажи по охране труда, применение защитных кожухов, экранов, ограждений	Спецодежда, перчатки с покрытием из полимера
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации	Инструктажи по охране труда, установка оборудования на виброгасящие опоры,	Резиновые виброгасящие коврики

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3
	сокращение времени контакта с поверхностями подверженными вибрации	
Опасные и вредные производственные факторы, характеризующиеся повышенным уровнем шума	Инструктажи по охране труда, изоляция звукопоглощающими материалами наиболее акустически активных	Применение наушников или вкладышей
Опасные и вредные производственные факторы, электрического тока	Инструктажи по охране труда, заземление оборудования, изоляция токоведущих частей, применение предохранителей	Спецодежда
Динамические нагрузки, вызванные монотонностью	Соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов	

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В таблицах 4.4 – 4.6 представлен комплекс мер по обеспечению пожарной безопасности технического объекта.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	2	3	4	5
Механическая обработка шпинделя фрезерного станка	Фрезерно-центровальный полуавтомат МР179Ф4, токарно-винторезный станок с ЧПУ 16К40П	Пожары класса В	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму	Осколки, части разрушившихся оборудования, изделий и иного имущества; вынос высокого напряжения на токопроводящие части оборудования, изделий и иного имущества; воздействие огнетушащих веществ

Таблица 4.5 – Выбор средства пожаротушения

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки систем пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
1	2	3	4	5	6	7	8
Пенные огнетушители, ящики с песком, пожарные бочки, ломы	Автомобильные, пожарные, мотопомпы	Система пожаротушения аэрозолью	Извещатели пожарные; приборы приемно-контрольные пожарные; приборы управления пожарные; технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные	Пожарные рукава, арматура, гидранты	Респираторы, противогазы	Комплект универсального пожарного инструмента	Извещатели речевые и световые автоматические

Таблица 4.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
1	2	3
Технологический процесс изготовления шпинделя фрезерного станка	Применение смазочно-охлаждающих жидкостей на базе негорючих составов, хранение ветоши в негорячем ящике, соблюдение правил электробезопасности	Наличие пожарной сигнализации, автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения, проведение пожарных инструктажей

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Результаты данного анализа представлены в таблицах 4.7, 4.8.

Таблица 4.7 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, производственно-технологического техпроцесса	Структурные составляющие объекта производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т.п.	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образование сточных вод, забор воды из источников водоснабжения)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра), образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
1	2	3	4	5
Технологический процесс изготовления шпинделя фрезерного станка	Станок токарно-винторезный 16К20Ф3, станок круглошлифовальный 3М151	Масляный туман, пыль	Нефтепродукты, смазочно-охлаждающая жидкость, растворы технических жидкостей	Стружка, ветошь, металлолом, нефтепродукты, смазочно-охлаждающая жидкость, растворы технических жидкостей

Таблица 4.8 – Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Технологический процесс изготовления вала конического
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Оснащение системы производственной вентиляции фильтрующими элементами.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Применение многоступенчатой системы очистки сточных вод
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Разделение жидких и твердых отходов. Утилизация отходов на специальных полигонах

4.6 Заключение по разделу

В разделе приведена характеристика рассматриваемого технического объекта: технологического процесса изготовления шпинделя фрезерного станка. Рассматриваются фрезерно-центровальная и токарная операции. На данной операции используются фрезеровщик и оператор станков с программным управлением. Работают на фрезерно-центровальном полуавтомате МР76М и токарно-винторезном станке с ЧПУ 16К20Ф3. В

качестве приспособления используются тиски призматические с самоцентрирующими губками ГОСТ 130041-89, патрон 3-х кулачковый с плавающими кулачками ГОСТ 2675-80, центр вращающийся ГОСТ 8742-62 и соответствующий инструмент фреза торцовая со вставными ножами T15K10 ГОСТ 9413-80, метчик ОСТ 2450-73; при этом применяются технологические и расходные вещества и материалы 19ХГН по ГОСТ 4543-71, смазочно-охлаждающая жидкость, ветошь (таблица 4.1).

Проведена идентификация профессиональных рисков, где на рассматриваемой технологической операции выявлены опасные и вредные факторы. Это острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; опасные и вредные производственные факторы, вызванные высокой температурой, которая может вызвать ожоги тканей организма человека; опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации; опасные и вредные производственные факторы, характеризуемые повышенным уровнем шума; опасные и вредные производственные факторы, электрического тока; динамические нагрузки, вызванные монотонностью. В качестве источников выявлены обрабатываемая заготовка, металлорежущий станок, смазочно-охлаждающая жидкость, станочное приспособление, режущий инструмент (таблица 4.2).

Для устранения или снижения негативного воздействия опасных и вредных факторов предлагаются соответствующие методы и средства. Такие, как инструктажи по охране труда, применение защитных кожухов, экранов, ограждений, установка оборудования на виброгасящие опоры, сокращение времени контакта с поверхностями подверженными вибрации, изоляция звукопоглощающими материалами, заземление оборудования, изоляция токоведущих частей, применение предохранителей, а также соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов (таблица 4.3).

Проведена идентификация классов и опасных факторов пожара для участка, где проводится механическая обработка шпинделя фрезерного станка (таблица 4.4). Произведен выбор средств пожаротушения (таблица 4.5) и предложены организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта технологического процесса изготовления шпинделя фрезерного станка (таблица 4.6).

В разделе идентифицированы негативные экологические факторы технического объекта технологического процесса изготовления шпинделя фрезерного станка (таблица 4.7). Предложены организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду: атмосферу – оснащение системы производственной вентиляции фильтрующими элементами, гидросферу – применение многоступенчатой системы очистки сточных вод и литосферу – разделение жидких и твердых отходов, а также утилизация отходов на специальных полигонах (таблица 4.8).

Выполнение раздела позволило выявить наиболее значимые опасные и вредные факторы, возникающие в процессе изготовления шпинделя фрезерного станка, разработать мероприятия по их устранению и снижению их влияния на работника. Рассмотрев опасные вредные производственные факторы производственного объекта, воздействие этого объекта на окружающую среду, возможные чрезвычайные и аварийные ситуации на его территории и предложив меры по их устранению можно сделать вывод о том, что проектируемый технологический процесс удовлетворяет необходимым нормам и не наносит сильного вреда человеку и окружающей среде – технологический процесс изготовления шпинделя фрезерного станка.

5 Экономическая эффективность работы

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

На круглошлифовальной операции 150 применяется:

- круглошлифовальный станок, модель МАЗН161;
- универсально-сборочное приспособление, центра ГОСТ 18259;
- шлифовальный круг ГОСТ 2424-70.

Совершенствование данной операции позволило сократить основное и штучное время ее выполнения. При данных условиях основное время операции составляет 2,9 мин., а штучное – 3,5 мин.

Используя методику определения капитальных вложений [26] была определена сумма инвестиций, которая составила 5510,89 руб.

Используя методику расчета технологической себестоимости [26], была определена величина данного показателя по сравниваемым вариантам. Итоговое значение было получено путем суммирования таких значений, как:

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

Значения описанных параметров по сравниваемым вариантам выполнения операции 150 представлены на рисунке 5.1.

Анализируя представленные значения, можно сделать вывод о том, что они все имеют тенденцию к уменьшению, что положительно сказывается на итоговой величине технологической себестоимости, которая снижается на 21,1% и в проектируемом варианте технологического процесса изготовления шпинделя фрезерного станка составит 20,1 руб.

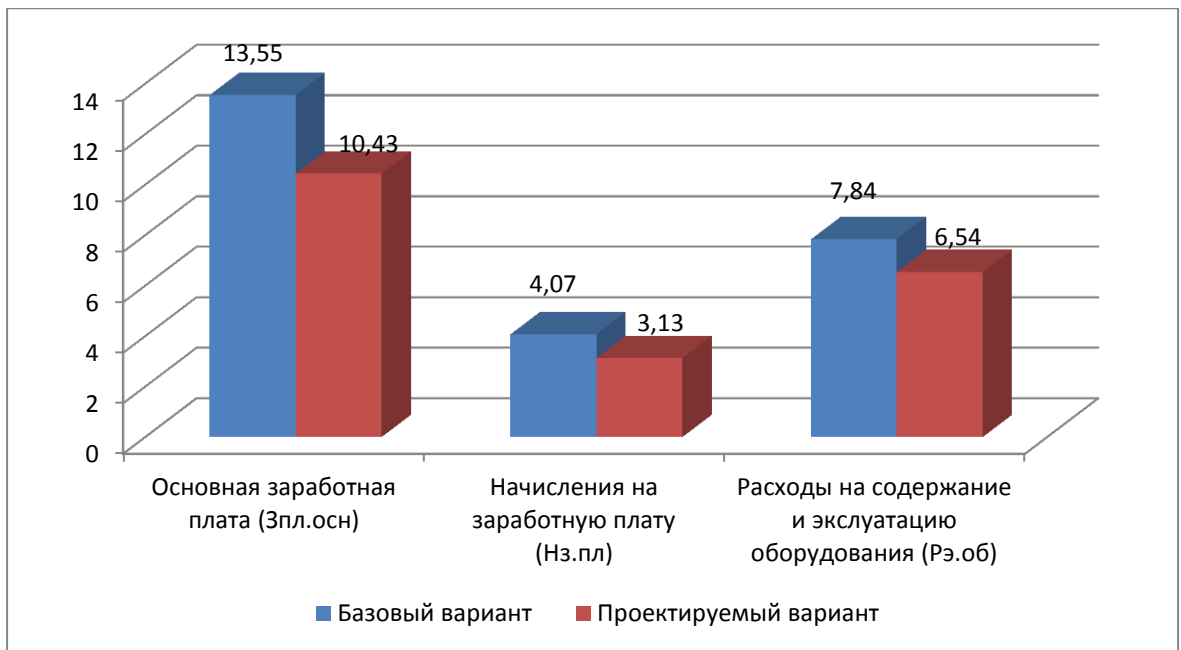


Рисунок 5.1 – Параметры, входящие в технологическую себестоимость детали «Шпиндель фрезерного станка», по сравниваемым операциям, руб.

Учитывая полученные значения технологической себестоимости, по методике калькулирования себестоимости [26] была определена полная себестоимость выполнения операции 150 (рисунок 5.2).

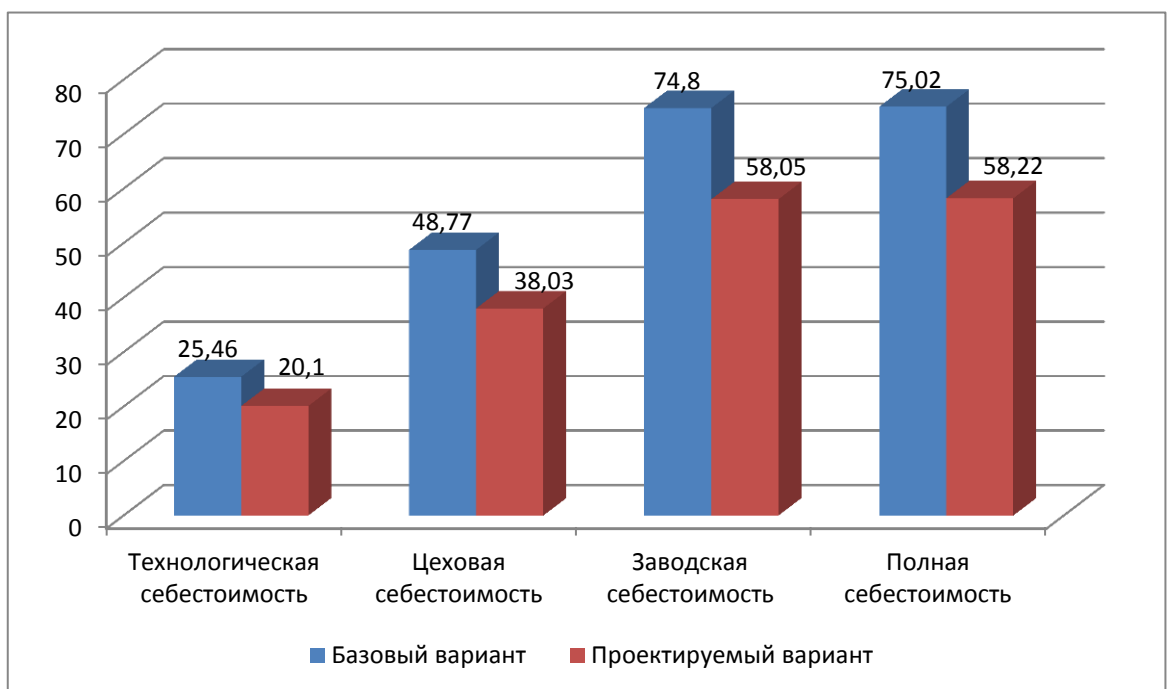


Рисунок 5.2 – Калькуляция себестоимости по вариантам технологического процесса выполнения операции 150, руб.

Как видно из рисунка, полная себестоимость составила в базовом варианте – 75,02 руб., а в проектном – 58,22 руб. Изменения по данному параметру составит 22,4%.

Благодаря такой разнице, предприятие может получить чистую прибыль в размере 2016 руб., что окупит предполагаемые инвестиции (5510,89 руб.) в течение 4-х лет. Данное значение срока окупаемости является основанием для того, чтобы предлагаемые совершенствования считать эффективными. Но для полноты формулируемых выводов, были проведены расчеты по определению величины чистого дисконтируемого дохода (интегрального экономического эффекта), который составляет 877,81 рублей. «Так как значение ЧДД (Эинт) > 0, то проект считается эффективным и поэтому определяется индекс доходности» [26]. Его величина составила 1,16 рублей на каждый вложенный рубль.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения бакалаврской работы представлено решение ряда вопросов по проектированию технологического процесса: выполнены все необходимые исследования, результаты которых были получены в соответствующих разделах работы:

- в разделе «Введение» проведен анализ актуальности и сформулирована цель работы;

- в первом разделе исследованы исходные данные для проектирования технологического процесса изготовления детали;

- во втором разделе проведена разработка технологического процесса;

- в третьем разделе спроектированы специальные средства технического оснащения;

- в четвертом разделе исследованы мероприятия по безопасности и экологичности объекта;

- в пятом разделе получена величина экономической эффективности разработанной технологии в размере 2016 руб.

Таким образом можно утверждать, что поставленная цель выполненной бакалаврской работы достигнута – это разработка технологического процесса изготовления шпинделя фрезерного станка с минимальной себестоимостью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Данилевский, В.В. Лабораторные работы и практические занятия по технологии машиностроения / В.В. Данилевский, Ю.И. Гельфгат. – М. : Высшая школа, 1988. – 222 с.
2. Приходько, И.Л. Проектирование заготовок: учебное пособие / И.Л. Приходько, В.Н. Байкалова. – М. : Издательство РГАУ–МСХА, 2016. – 171 с.
3. Скворцов, В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебное пособие / В.Ф. Скворцов – М. : ИНФРА-М, 2016. – 330 с.
4. Кондаков, А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / А.И. Кондаков – М. : КНОРУС, 2012. – 400 с.
5. Безъязычный, В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебник / В.Ф. Безъязычный – М. : Инновационное машиностроение, 2016. – 568 с.
6. Grote, K.-H., Antonsson E.K. Springer Handbook of Mechanical Engineering / K.-H Grote, E.K. Antonsson. – New York : Springer Science+Business Media, 2008. – 1589 p.
7. Байкалова, В.Н. Основы технического нормирования труда в машиностроении: учебное пособие / В.Н. Байкалова, И.Л. Приходько, А.М. Колокатов. – М. : ФГОУ ВПО МГАУ, 2005. – 105 с.
8. Базров, Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / Б.М. Базров – М. : Машиностроение, 2005. – 736 с.
9. Иванов, И.С. Расчёт и проектирование технологической оснастки в машиностроении: учебное пособие / И.С. Иванов – М. : ИНФРА–М, 2015. – 198 с.
10. Иванов, И.С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: учебное пособие / И.С. Иванов – М. : ИНФРА-М, 2014. – 223 с.
11. Филонов, И.П. Инновации в технологии машиностроения: учебное пособие / И.П. Филонов, И.Л. Баршай. – Минск : Вышэйшая школа, 2009. – 110 с.

12. Silberschmidt, V. Mechanics of Advanced Materials: Analysis of Properties and Performance / V. Silberschmidt, V. Matveenko. Switzerland : Springer International Publishing, 2015. – 205 p.
13. Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. – М. : Альянс, 2015. - 256 с.
14. Суслов, А.Г. Технология машиностроения: учебник / А.Г. Суслов – М. : КНОРУС, 2013. – 336 с.
15. Rösler, J. Mechanical Behaviour of Engineering Materials: Metals, Ceramics, Polymers, and Composites / J. Rösler, H. Harders, M. Bäker. – Berlin Heidelberg New York : Springer, 2007 – 540 p.
16. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб. : Издательство «Лань», 2016. – 352 с.
17. Bertsche, B. Reliability in Automotive and Mechanical Engineering: Determination of Component and System Reliability / B. Bertsche, A. Schanz, K. Pickard. – Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2015 – 502 p.
18. Маталин, А.А. Технология машиностроения: учебник / А.А. Маталин – СПб. : Издательство «Лань», 2016. – 512 с.
19. Некрасов, С.С. Технология машиностроения / С.С. Некрасов, И.Л. Приходько, Л.Г. Баграмов. – М. : Колос, 2005. – 360 с.
20. Гельфгат, Ю.И. Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения: учебное пособие для машиностроительных техникумов / Ю.И. Гельфгат – М. : Высшая школа, 1986. – 271 с.
21. Клепиков, В.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / В.В. Клепиков, В.Ф. Солдатов. – М. : ИНФРА-М, 2017. – 229 с.
22. Клепиков, В.В. Технология машиностроения: учебник / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. – М. : ФОРУМ, ИНФРА-М, 2004. – 860 с.

23. Nee, A. Y. C. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / A. Y. C. Nee. – London : Springer Reference, 2015. – 3491 p.
24. Косов, Н.П. Технологическая оснастка: вопросы и ответы: учебное пособие / Н.П. Косов, А.Н. Исаев, А.Г. Схиртладзе. – М. : Машиностроение, 2005. – 304 с.
25. Горина, Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: учебно- методическое пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти : изд-во ТГУ, 2018. – 41 с.
26. Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ / Н.В. Зубкова. – Тольятти : ТГУ, 2015. – 46 с.
27. Курчаткин, В.В. Надежность и ремонт машин: учебник для студентов вузов / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов и др. – М. : Колос, 2000. – 776 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Маршрутная карта

Дубл.		Взам.		Глобл.		Шпindelь		2											
Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	СМ	Проф.	Р	У	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшп.	Плз	КИ	Н. расх.			
К/М				Наименование детали, сб. единицы или материала				Обозначение код				Обозначение документа							
A01				070 4213	Горизонтально-сверлильная														
B02				Горизонтально-сверлильный ОС -900													1	1	1
A03				080 4271	Шпоночно-фрезерная														
B04				Вертикально-фрезерный станок 692М													1	1	1
A05				090 5000	Термическая обработка														
B06				100 0130 Очистка													1	1	1
A07				100 0130 Очистка													1	1	1
B08				110 0200 Контроль													1	1	1
A09				110 0200 Контроль													1	1	1
B10				120 4143 Центрошлифовальная													1	1	1
A11				120 4143 Центрошлифовальная													1	1	1
B12				Центрошлифовальный станок 3922К													1	1	1
A13				130 4131 Круглошлифовальная													1	1	1
B14				Круглошлифовальный станок 3М151Ф2													1	1	1
A15				140 4132 Внутришлифовальная													1	1	1
B16				Внутришлифовальный станок 3А227А													1	1	1
A17				150 4131 Круглошлифовальная													1	1	1
МК	Маршрутная карта																2		

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Операционная карта и карта эскизов

