

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева**

**Институт «Энергетика и машиностроение»
Кафедра «Машиностроение»**

Ерболов Ерниар Талгатулы

**Исследование обработки зубчатых колес на основе компьютерного
моделирования**

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту**

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева

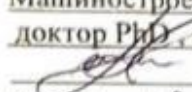
Институт «Энергетика и машиностроение»
Кафедра «Машиностроение»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

Машиностроение

доктор РнД, ассоц. проф.

1  Нугман Е.З.

«02» 06 2023г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к дипломному проекту

На тему: «Исследование обработки зубчатых колес на основе компьютерного
моделирования»

ОП 6В07105 – Индустриальная инженерия

Выполнил

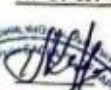


Ерболов Ернар Талгатулы

Рецензент

к. т. н. ассоц. профессор

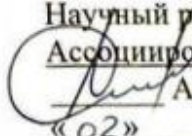


 Курмангалиева Л. А.

06 2023г.

Научный руководитель

Ассоциированный профессор

 Алимбетов А. Б.

«02» 06 2023г.

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева

Институт «Энергетика и машиностроение»
Кафедра «Машиностроение»

6B07105 – Индустриальная инженерия

УТВЕРЖДАЮ

/Заведующий кафедрой
Машиностроение

доктор PhD, ассоц.проф.

 Нугман Е.З.
«02» 06 2023г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Обучающемуся Ерболов Ернар Талгатулы

Тема: Исследование обработки зубчатых колес на основе компьютерного
моделирования

Утверждена приказом проректора по АВ № 408-п от 23. 11. 2022 г.

Срок сдачи законченной работы " 7 " июня 2023 г.

Исходные данные к дипломному проекту: перечень основных практических
материалов, собранных во время преддипломной практики

Краткое содержание дипломной работы:

- а) Введение
- б) Технологическая часть
- в) Конструкторская часть

Перечень графического материала: _____

представлено 20 слайдов презентации

Рекомендуемая основная литература: из 11 наименований

ГРАФИК
подготовки дипломной работы (проекта)

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Подбор источников исходных данных	20.02 – 13.03.23	Предварительный список литературы
Написание теоретической главы	14.03 – 31.03.23	Программа преддипломной практики
Написание проектной главы	03.04 – 28.04.23	Замечания руководителя
Оформление дипломной работы	02.05 – 15.05.23	Окончательный вариант работы

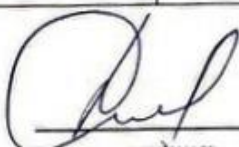
Подписи
консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу (проект) с указанием относящихся к ним разделов работы (проекта)

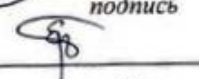
Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтролер	Абилкайыр Жасталап Наурызгали(доктор PhD)	02.06.2023	

Научный руководитель

Задание принял к исполнению обучающийся

Дата


подпись


подпись

«30» 11 2022г

Алимбетов А. Б.

Ф.И.О.

Ерболов Е. Т.

Ф.И.О.

АНДАТПА

Бұл жұмыста «тісті доңғалақты» жасаудың қазіргі технологиялық процесі талданады. Осы талдау негізінде жаңа жетілдірілген технологиялық процесс әзірленді. Ол үшін біз ағымдағы технологиялық процесті талдадық, жобалық технологиялық процесті механикалық өндеу ретін таңдадық және жабдықты, кескіш құралдарды және технологиялық жабдықты таңдадық. Қауіпсіз және зиянсыз еңбек жағдайларын жасау шаралары, электр қауіпсіздігі шаралары, сондай-ақ өрт қауіпсіздігі шаралары қарастырылды.

АННОТАЦИЯ

В данной работе проанализирован действующий технологический процесс изготовления «Колесо зубчатое». На основе данного анализа разработан новый улучшенный технологический процесс. Для этого проанализировали действующий технологический процесс, выбрали последовательность механической обработки проектного технологического процесса и выбрали оборудование, режущий инструмент и технологическую оснастку. Рассмотрены мероприятия по созданию безопасных и безвредных условий труда, мероприятия по электробезопасности, а также мероприятия по пожарной безопасности.

ANNOTATION

In this paper, the current technological process for the manufacture of "gear wheel" is analysed. Based on this analysis, a new improved technological process has been developed. To do this, I analysed the current technological process, chose the sequence of mechanical processing of the design technological process and selected equipment, cutting tools and technological equipment. Measures to create safe and harmless working conditions, electrical safety measures, as well as fire safety measures are considered.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Общая часть	8
1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия	8
1.2 Служебное назначение детали и технические требования, предъявляемые к детали	8
1.3 Формирование целей и задач проектирования	9
2 Технологическая часть	10
2.1 Анализ существующей на предприятии документации	10
2.1.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса	10
2.1.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента	11
2.1.3 Вывод по разделу	17
2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «Колесо зубчатое»	17
2.2.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки	17
2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования	18
2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта.	20
2.2.4 Размерно-точностный анализ проектного варианта технологического процесса	20
2.2.5 Расчет режимов резания и норм времени на все операции проектного варианта	21
3 Конструкторская часть	23
3.1 Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки	23
3.2 Обзор и логистика подбора станочных приспособлений	23
3.3 Аналитический обзор и выбор стандартизованного режущего инструмента	24
4 Автоматизация технологического процесса	26
4.1 Анализ возможности автоматизации технологического процесса	26
4.2 Группирование деталей, подлежащих изготовлению на ГПУ	26
6 Безопасность технологического цикла изделия	30
6.1 Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда	30
Заключение	
Список использованной литературы	

ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение, поставляющее новую технику всем отраслям народного хозяйства, определяет технический прогресс страны и оказывает решающее влияние на создание материальной базы нового общества.

Технология машиностроения - это наука об изготовлении машин требуемого качества в установленном производственной программой количестве и в заданные сроки при наименьших затратах живого и овеществленного труда, то есть при наименьшей себестоимости.

Технологическим процессом называют последовательное изменение формы, размеров, свойств материала или полуфабриката в целях получения детали или изделия в соответствии с заданными техническими требованиями.

Технологический процесс разделяют на технологические операции – это составная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте, она охватывает все действия рабочих и оборудования над объектом производства. Содержание операции может изменяться в широких пределах от работы на одном станке до работы, выполняемой на автоматических линиях.

Число операций технологического процесса меняется в широких пределах от одной операции обработки деталей на токарном автомате до сотни (обработка сложных корпусных деталей).

Разрабатывать технологический процесс – это значит установить порядок выполнения и содержания операции. Операция – это основная часть технологического процесса. По операциям определяют трудоемкость процесса, необходимые материалы, необходимое количество рабочих.

При конструировании и построении машин необходимо наряду с расчетами кинематическими, расчетами на прочность, жесткость и износостойчивость производить расчеты на точность.

1 Общая часть

1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия

Зубчатое колесо представляет собой наружную – коронную шестерню в планетарном механизме редуктора. Шестерня имеет внутренний зубчатый венец (корону) и соединена с валом, опирающимся на подшипники. Ее назначение – повысить передаточное отношение от двигателя до вала колонны привода с определенным передаточным числом.

Редуктор, представлен на рисунке 1, является суммирующим и выходным звеном комбинированной системы стабилизации скорости вращения азимутальной антенны. В основу проектирования редуктора положены такие принципы как: минимальное потребление мощности при высокой точности стабилизации, минимальный вес и габариты.

Редуктор имеет два приводных двигателя. Первый – неуправляемый асинхронный двигатель, который входит в грубый канал стабилизации скорости вращения азимутальной антенны и вращает вал колонны привода при номинальном режиме около 100 об/мин. Второй – управляемый двигатель постоянного тока. Этот двигатель входит в канал точной стабилизации скорости вращения азимутальной антенны и дает недостающую до 100 об/мин часть скорости.

Передаточное число от двигателя до вала колонны привода примерно равно 337. Оба приводных двигателя работают на нагрузку через систему зубчатых планетарных передач и механический дифференциал планетарного типа. Планетарный дифференциал предназначен для суммирования скоростей вращения неуправляемого и управляемого двигателей. Исходя из требований, предъявляемых к конструкции привода, выбрана планетарная схема редуктора, что позволило получить общий КПД колонны в целом не ниже 0,86. Смазка вращающихся элементов редуктора осуществляется разбрызгиванием. Входные и выходные валы редуктора уплотняются подвижными резиновыми сальниками, что обеспечивает работоспособность колонны привода в интервале температур от минус 50 до +50 °С.

1.2 Служебное назначение детали и технические требования, предъявляемые к детали

Зубчатое колесо 63 устанавливается на поводок и имеет с ним внутреннее зацепление. Для фиксации шестерня садится на подшипники. Данный узел приводится в движение при помощи электродвигателя, который закреплен к корпусу редуктора при помощи шпилек. Сателлиты входят одновременно в зацепление с коронной и солнечной шестернями и свободно вращаются на подшипниках на осях, закрепленных во фланце, называемом водилом. Водило планетарной передачи соединено с ведомым валом. Такая планетарная передача

может работать различными способами.

Сателлиты входят одновременно в зацепление с коронной и солнечной шестернями и свободно вращаются на подшипниках на осях, закрепленных во фланце, называемом водилом. Водило планетарной передачи соединено с ведомым валом. Такая планетарная передача может работать различными способами.

Все технические требования обоснованы и должны выполняться в процессе механической обработки. Рассмотрим технические требования, приведенные на заводском чертеже зубчатое колесо (приложение Б). К поверхностям детали, которые в процессе сборки и эксплуатации не должны отклоняться от базовой оси, предъявлены допуски торцевого биения. Это необходимо для того чтобы во время работы зубчатое колесо вращалось в одной плоскости. Поверхности, на которые устанавливаются детали, имеют шероховатость 1,6 и 3,2. Эти требования предъявлены, для того чтобы добиться необходимых условий для сборки узла. К отверстиям предъявлен позиционный зависимый допуск, необходимый для точного расположения крепежных элементов в узле и облегчения процесса сборки.

Все технические требования обоснованы, полностью соответствуют служебному назначению детали и должны выполняться в процессе механической обработки. Их невыполнение приводит к неточности установки детали в узле и неточности взаимного расположения деталей.

1.3 Формирование целей и задач проектирования

Цель: проектирование нового технологического процесса для детали «Колесо зубчатое» в условиях серийного производства. Для достижения заданной цели необходимо решить следующие задачи: проанализировать действующий технологический процесс, выбрать последовательность механической обработки проектного технологического процесса, подобрать оборудование, режущий инструмент и технологическую оснастку.

2 Технологическая часть

2.1 Анализ существующей на предприятии документации по конструкторско-технологической подготовке действующего производства

2.1.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса

На предприятие для изготовления детали «Колесо зубчатое» на заводе имеется маршрутная карта. Рассмотрим операции по переходам.

000 Заготовительная, в качестве исходной заготовки используется литье в песчано-глинистые формы, материал будущей детали Сталь 40Х ГОСТ 4543-71. Заготовка приходит по заказу на завод и проходит предварительный контроль БТК.

005 Токарная, на универсальном станке 1К62 с использованием 3-х кулачкового патрона заготовка точится по эскизу, представленному на рисунке 2.

010 Токарная, заготовка переворачивается, обтачивается наружная поверхность и растачивается внутренняя, тем самым создается комплект технологических баз для дальнейшей обработки детали.

015 Термическая, калий $HRC = 30...34$

020 Разметочная, разметить 4 отверстия $\varnothing 25$ с использованием разметочной плиты.

025 Сверлильная, сверлить 4 отверстия $\varnothing 10$, потом рассверлить до $\varnothing 15$; $\varnothing 20$; $\varnothing 23$; $\varnothing 25$ – последовательно. В качестве оборудования используется сверлильный станок 2А135.

030 Токарная, производится окончательная подрезка торца в размер $108-0,23$, снятие двух фасок $0,5 \times 45^\circ$ и растачивание отверстия $\varnothing 62$.

035 Токарная, расточить выточку $\varnothing 151,5 \pm 0,26$ на глубину $8 \pm 0,1$, расточить $\varnothing 140 \pm 0,04$, выдерживая овальность не более $0,02$. Расточить две канавки, выдерживая размеры $15-0,43$, $39 \pm 0,1$, $15-0,43$, $63 \pm 0,2$. Снять фаску $6 \times 45^\circ$, 5 фасок $1 \times 45^\circ$. Проточить наружный диаметр до $\varnothing 160 \pm 0,014$, выдерживая размер $26-0,17$. Проточить $\varnothing 190-1,15$.

040 Токарная, расточить две канавки $\varnothing 66 \times 3$, выдерживая размеры $13,5 \pm 0,12$, $20 \pm 0,26$.

045 Токарная, изготовить разовую оправку $\varnothing 140$ и поджимку $\varnothing 62$, установить деталь на оправку и поджать поджимкой. Точить $\varnothing 160-1$, выдерживая размер $4-0,3$. Точить $\varnothing 85-0,87$, выдерживая размер $40 \pm 0,17$. Проточить $\varnothing 75 \pm 0,01$, выдерживая размер $73-0,2$. Проточить 2 канавки $S=3$ и $S=2$, выдерживая размер $27 \pm 0,17$. Снять фаски.

050 Разметочная, разметить отверстия $\varnothing 8$, $\varnothing 6,5$ и паз $S=3$.

055 Сверлильная, сверлить отверстие $\varnothing 8 \pm 0,36$ по разметке и чертежу.

065 Фрезерная, на станке 6Н81 фрезеровать паз $3 \pm 0,25$ по разметке и чертежу заподлицо с торцем, используя в качестве приспособления призму

070 Слесарная, снять заусенцы кругом, притупить острые кромки.
075 зубодолбежная, производится на зубодолбежном станке 5М14.
080 Слесарная, снять заусенцы на зубцах.
085 Контрольная.

2.1.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента

Для производства детали «Колесо зубчатое» по существующему технологическому процессу потребуется 4 станка.

Токарные операции выполняются на универсальном станке 1К62. Токарно-винторезный станок 1К62 может использоваться для обработки закаленных заготовок, так как шпиндель станка установлен на специальных подшипниках, обеспечивающих его жесткость. Токарная обработка разнообразных материалов может производиться с ударной нагрузкой без изменения точности обработки.

Высокая мощность главного привода станка, большая жесткость и прочность всех звеньев кинематических цепей главного движения и подачи, виброустойчивость, широкий диапазон скоростей и подач позволяют выполнять на токарно-винторезном станке 1К62 высокопроизводительное резание твердосплавным и минералокерамическим инструментом.



Рисунок 1 – Токарно-винторезный станок 1К62

Технические характеристики токарно-винторезного станка 1К62 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики 1К62

Наименование параметров	Ед. изм.	Величины
Класс точности		Н
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки над станиной	мм	400
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки над суппортом	мм	220
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки	мм	1000
Размер внутреннего конуса в шпинделе	М	Морзе 6 М80*
Конец шпинделя по ГОСТ 12593-72		6К, 6М*
Диаметр сквозного отверстия в шпинделе	Мм	55, 62*
Наибольшая масса устанавливаемой заготовки		
- закрепленного в патроне	кг	300

Для обработки отверстий используется сверлильный станок 2А135. Универсальные вертикально-сверлильные станки предназначены для формирования отверстий методом сверления, рассверливания, зенкования и подрезки краев заготовки специальными ножами. Так как станок имеет малые размеры стола, на нем выполняется обработка относительно небольших деталей и заготовок.

Этот класс оборудования отличается не только небольшими размерами, но и имеет ряд эксплуатационных особенностей. Вертикально расположенная шпиндельная головка позволяет выполнять обработку деталей, изготовленных из различных сортов стали, чугуна или цветных металлов. Возможна установка стандартных типов сверл, метчиков для нарезания резьбы и ножей. Последние предназначены для снятия боковой фаски на поверхности заготовки.

Для фрезерования паза $S = 3$ мм, используют фрезерный станок 6Н81. Станки модели 6Н81 предназначены для фрезерования плоскостей небольших деталей различной конфигурации из стали, чугуна и цветных металлов цилиндрическими, дисковыми, торцовыми, фасонными и другими фрезами. Широкая техническая характеристика станка позволяет использовать быстрорежущий инструмент.

В технологическом процессе применяют универсальные приспособления.

Таблица 2 - Технические характеристики станка 2A135

Наименование параметра	2A135
Основные параметры станка	
Наибольший диаметр сверления в стали 45, мм	35
Наименьшее и наибольшее расстояние от торца шпинделя до стола, мм	0...750
Наименьшее и наибольшее расстояние от торца шпинделя до плиты, мм	705...1130
Расстояние от оси вертикального шпинделя до направляющих стойки (вылет), мм	300
Рабочий стол	
Максимальная нагрузка на стол (по центру), кг	
Размеры рабочей поверхности стола, мм	450 * 500
Число Т-образных пазов	3
Наибольшее вертикальное перемещение стола (ось Z), мм	325
Шпиндель	
Наибольшее перемещение салазок шпинделя, мм	200
Наибольшее перемещение (ход) шпинделя, мм	225
Частота вращения шпинделя, об/мин	68...1100
Количество скоростей шпинделя	9
Наибольший допустимый крутящий момент, кг*м	400
Конус шпинделя	Морзе 4
Механика станка	
Число ступеней рабочих подач	11
Пределы вертикальных рабочих подач на один оборот шпинделя, мм	0,115...1,6
Наибольшее усилие подачи, кг	1600
Динамическое торможение шпинделя	Есть
Электрооборудование и привод станка	
Электродвигатель привода главного движения, кВт	4,5
Электронасос охлаждающей жидкости Тип	X14-22M
Габариты и масса станка	
Габариты станка (длина * ширина * высота), мм	1240*810*2500
Масса станка, кг	1300

Универсальное приспособление – цанговый патрон используют на токарной обработке, предназначен для закрепления обрабатываемой детали на станке, самоцентрирующийся спиральный патрон с ручным зажимом, с корпусом из высококачественного чугуна. Конструкция позволяет быстро заменить вышедшие из строя внутренние части, устанавливается на шпиндель при помощи сквозных винтов. Патрон имеет три сборных каленых кулачка, которые одновременно сходятся к центру или расходятся от него. Кулачки

обеспечивают точное центрирование заготовки (совпадение оси заготовки с осью вращения шпинделя). Патрон периодически разбирают для очистки и смазки. Максимальный диаметр кулачков под «зажим» 400 мм.



Рисунок 2 – Трехкулачковый патрон

Для изготовления данной детали применяют различный режущий инструмент: сверла, резцы, фрезы и долбки. Преимущественно используют фирменный инструмент иностранного производства со сменными многогранными пластинами, так как он имеет высокую стойкость. Применяется инструмент таких фирм, как KOMET, VARGUS, ISCAR, PRAMET, FRAISA и MITSUBISHI. Данный инструмент очень надежный, так как стойкость по сравнению с напайными больше до 30% из-за отсутствия термических напряжений, характерных для пайки. Режущие кромки инструмента имеют высокую износостойкость, следовательно, могут работать на более высоких скоростях резания. Вследствие этого уменьшается время механической обработки заготовки, меньше времени на наладку инструмента и замена режущей кромки возможна прямо на станке, поэтому эти инструменты являются эффективными. На токарных операциях в качестве режущего инструмента используются резцы: проходной резец PRAMET PCLNR 4040 16 с СМП, расточной резец PRAMET A60V-PCLNR 16 с СМП, резец для точения канавок ISCAR с СМП, ISCAR GHIC 50-85 с СМП, резец для нарезки резьбы VARGUS AVR50-4 с СМП.



Рисунок 3 - Горизонтально-фрезерный станок 6H81

На фрезерных операциях в качестве режущего инструмента используются: сверло KOMET U10 23200, сверло KOMET U11 61402, сверло KOMET U10 22950, фреза MITSUBISHI MS4MCD1000E, долбяк хвостовой PROMKS M 2 Z 72.

Для получения зубьев используют зубодолбежный станок 5M14



Рисунок 4 – Зубодолбежный станок 5M14

Технические характеристики станка представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики зубодолбежного станка 5M14

Наименование параметра	5M14
Основные параметры станка	
Наибольший модуль нарезаемого колеса, мм	2...6
Наибольший диаметр нарезаемых цилиндрических прямозубых колес	20...500
Наибольшая ширина нарезаемого венца наружного зацепления (длина нарезки), мм	105
Наибольший диаметр нарезаемых цилиндрических прямозубых колес внутреннего зацепления, мм	550
Наибольшая ширина нарезаемого венца (длина нарезки) внутреннего зацепления, мм	75
Наибольший угол спирального зуба, град	23
Наибольшее расстояние от оси долбяка (шпинделя, штосселя) до оси стола (планшайбы), мм	0...350
Расстояние от зеркала стола (планшайбы) до торца шпинделя, мм	45...170
Суппорт. Штоссель (Шпиндель)	
Наибольшее продольное перемещение суппорта, мм	500
Наибольший ход штосселя долбяка, мм	125
Цена деления шкалы установки глубины долбления зуба, мм	0,02
Пределы чисел двойных ходов долбяка в минуту	400, 265, 179, 124
Привод и электрооборудование станка	3
Количество электродвигателей на станке	2,8
Электродвигатель главного привода, кВт	0,6
Электродвигатель привода быстрого вращения стола, кВт	
Габаритные размеры и масса станка	

2.1.3 Вывод по разделу

Проведя всесторонний анализ технологического процесса, оборудования и используемой оснастки, можно выявить следующие недостатки:

- производится термическая закалка всей поверхности заготовки, после чего следует механическая обработка, что отрицательно влияет на стойкость инструмента и его износ. А значит и качество обрабатываемых поверхностей;
- Паз $S = 3$ мм обрабатывается на отдельном фрезерном станке, для этого приходится содержать дополнительную единицу оборудования, в перспективе этого можно избежать;
- использование режущего инструмента разных фирм, что увеличивает номенклатуру на заказ инструмента; применение, на данный момент, устаревшего оборудования, что снижает производительность и требует высокой квалификации рабочих для получения требуемых параметров деталей;
- Получение исходной заготовки методом литья в песчано-глинистые формы требует содержание на заводе дополнительного отдела БТК и такого оборудования как ультразвуковой дефектоскоп.

Все эти недостатки учтены в новом проектном варианте технологического процесса.

2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «Колесо зубчатое»

2.2.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки

В существующем технологическом процессе в качестве заготовки было использовано литье в песчаные формы. Данный метод имеет следующие недостатки:

- песчано-глинистые формы одноразовые;
- качество металла отливок низкое, что связано с возможностью попадания в металл неметаллических включений, газовой пористостью. Возникновение раковин и трещин, что в дальнейшем может отразиться в ходе эксплуатации детали;
- требуются дополнительный контроль; низкая чистота поверхности и точность размеров. Поэтому сопрягаемые поверхности деталей всегда обрабатываются резанием.

Разумной заменой литью в песчаные формы будет горячая штамповка в закрытых штампах. Штамповка в закрытых штампах обеспечивает высокие механические свойства поковок. Это объясняется тем, что металл деформируется по схеме всестороннего неравномерного обжатия и после

пластической деформации волокна, ориентированные в направлении контура поковки, не перерезаются при обрезке заусенцев. Размеры заготовки будут также приближены к размеру детали и иметь меньший припуск, как и в случае литья. Но уже будут обеспечены высокие механические свойства металла. Плюс производительность закрытых штампов намного выше получения одноразовых форм.

2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования

В современном машиностроении широко применяются простые многозадачные станки с числовым программным управлением (ЧПУ). Операции сверления, фрезерование паза и точение могут быть выполнены на одном станке GENOS L200-M. Тем самым мы обеспечим минимальное количество установов, время обработки и требуемое количество станков.



Рисунок 5 – Токарный станок ЧПУ GENOS L200-M

Технические характеристики представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики GENOS L200-M

Технические характеристики	L200-M
Максимальная длина обработки, мм	225
Максимальный диаметр обработки, мм	200
Перемещения по осям	X:165 мм, Z:245 мм, C:360 градусов
Скорость шпинделя, об / мин	75 - 3000
Габариты станка: Высота, мм	1624
Занимаемая площадь, мм	1752*1592
Вес (с ЧПУ), кг	2800

Для формирования зубчатого венца в качестве оборудования принимаем зубодолбежный станок LFS 300. Выбрали этот станок по следующим причинам:

- большие возможности для автоматизации в целях повышения производительности;
- простая переналадка при изменении типа изделия; система управления Siemens на базе ПК и цифровые приводы Siemens;
- короткое время обработки и быстрая смена заготовок благодаря интегрированному устройству загрузки-выгрузки;
- оптимизированная по массе скоростная долбежная головка для большого числа ходов.



Рисунок 6 – Зубодолбежный станок LFS 300

2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта.

Таблица 3 – Маршрутный технологический процесс

Название и номер операции	Оборудование
000 Заготовительная (штамповка)	Штамповка в закрытых штампах
005 Токарная операция с ЧПУ	Genos L200-M
010 Токарная операция с ЧПУ	Genos L200-M
015 Закалка местная поверхностная	ВЧИ - 2
020 Комплексная операция с ЧПУ	Genos L200-M
025 Комплексная операция с ЧПУ	Genos L200-M
030 зубодолбежная операция с ЧПУ	LFS 300
035 Контрольная	Стол контролера БТК

000 Заготовительная операция представлена на рисунке 11.

005 Токарная операция с ЧПУ

Заготовка устанавливается в 3-ех кулачковый патрон, идет подрезка торца в размер 114-0,35, растачивается внутреннее отверстия Ø135+0,4 и Ø62+0,03 и точится наружная поверхность Ø195+0,46, тем самым мы обеспечиваем соосное расположение осей как наружного, так и внутреннего диаметра.

010 Токарная операция с ЧПУ

Заготовка также закрепляется в 3-ех кулачковом патроне, но уже по внутренней обработанной поверхности. Подрезается торец в окончательный размер 108-0,23. Делается обработка наружной поверхности.

020 Комплексная операция с ЧПУ На данной операции выполняется максимально возможное количество переходов. Идет чистовая обработка внутренней поверхности под дальнейшее нарезание зубьев. Фрезерование паза $S = 3$.

025 Комплексная операция с ЧПУ На данной операции фрезеруются канавки, сверлятся 4 отверстия Ø25 6 отверстий Ø6,5 и отверстий Ø8.

030 зубодолбежная операция с ЧПУ

Идет нарезание зубьев заданного делительного диаметра/

2.2.4 Размерно-точностный анализ проектного варианта технологического процесса

Размерная схема представлена в приложении Б. Все чертёжные размеры выполняются, замыкающих звеньев нет. Минимальный необходимый припуск для точения (и для любой другой операции при выбранном способе получения заготовки) рассчитывается по формуле:

$$\Delta_{\min} = D_f + R_z,$$

где D_f – величина дефектного слоя, мм;
 R_z – шероховатость с предшествующей операции, мм.
 $D_f = 0,08$ мм;
 $R_z = 4 \cdot R_a = 4 \cdot 0,08 = 0,32$ мм. Тогда:
 $\Delta_{\min} = 0,08 + 0,32 = 0,4$ мм

2.2.5 Расчет режимов резания и норм времени на все операции проектного варианта

Расчет режимов резания для операции обработки отверстия.

Исходные данные:

- наименование – колесо зубчатое;
- материал – Сталь 40Х, 217 НВ;
- точность обработки – $\varnothing 25 \pm 0,5$ мм (IT16);
- параметр шероховатости – $R_a = 20$ мкм;
- заготовка – штамповка;
- масса – 2,6 кг;
- отверстие в сплошном металле;
- базовые поверхности обработаны окончательно.

Применяется токарный станок GENOS L200-M.

Паспортные данные станка.

- мощность электродвигателя
- $N_d = 5,5$ кВт;
- частота вращения шпинделя – до 3000 об/мин
- наибольшая сила подачи – $P_{ст} = 15000$ Н

Обработать отверстие $\varnothing 25 \pm 0,5$ мм длиной 6 мм с СОЖ.

Маршрут обработки выбирается по карте (сверление, 1 индекс «а»).

Выбор глубины резания.

Глубина резания для перехода «сверление» принимается равной половине диаметра отверстия сверла ($\varnothing 25/2 = 12,5$ мм), т.е. за один проход 6 мм ($t = 6$ мм).

Расчет диаметров обрабатываемого отверстия по переходам маршрута и выбор инструмента.

Сверло ISCAR DIN R-1,5D ($\varphi = 140^\circ$), рабочая длина $L = 10$ мм, диаметр сверла $D_i = 25$ мм.

Выбор подачи, скорости, мощности и осевой силы резания осуществляется по картам [46...51].

Сверление при диаметре $D = 25$ мм, отношение длины рабочей части сверла к диаметру $L/D = 10/25 = 2,5$ (ближайшее $L/D = 3$). Получаем:

- $S_{от} = 0,42$ мм/об;
- $V_T = 17,6$ м/мин;
- $P_T = 10665$ Н;
- $N_T = 2,5$ кВт

Значение частоты вращения шпинделя nT для табличных значений скорости резания VT определяется по формуле: $nT = 1000 \cdot VT / (\pi \cdot DT)$;

Подставляя, получается: $nT = 1000 \cdot 17,6 / (3,14 \cdot 25) = 224$ об/мин

Как видно по расчётам режимов времени на каждую операцию, что большую часть занимает зубодолбежная операция. Для повешения производительности возможно использование нескольких аналогичных зубодолбежных станок.

По проектному маршрутному-технологическому процессу видно, что сократилось количество операций, следовательно, и время на установку и закрепление установки.

Основное оборудование было подобрано так, что увеличилась не только производительность за счет объединения операций, но и увеличилась точность размер, тем самым мы понизили возможность появления брака

3 Конструкторская часть

3.1 Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки

Механизация и автоматизация приспособлений проводится для повышения производительности при работе на станке и облегчения труда рабочего, как при установке и закреплении объекта механической обработки, так и при повороте и индексации приспособлений в процессе обработки, снятии обработанных деталей со станка, удалении стружки, дальнейшей транспортировке деталей и др.

Для выбранного токарного станка GENOS L200-M применяем патрон для концевых фрез ISKAR DIN69871 – EM 16X 45C, для фрезы ISCAR ETS DO-03-W16-LN08. Хвостовик инструмента зажимается закручиванием винта, надежно фиксируя инструмент.

Достоинства: большая, по сравнению с цанговым патроном, жесткость, простота.

3.2 Обзор и логистика подбора станочных приспособлений

На данный момент многошпиндельные головки получили широкое использование на токарных станках с ЧПУ из-за их преимуществ:

- Высокая точность благодаря стабильности повторяемости $\pm 0,0008$ мм на 100 мм радиуса;
- Кратчайшие траектории, поскольку вращение происходит в обоих направлениях (максимальный угол поворота 180 градусов), повышенная эксплуатационная надежность, так как инструментальный диск при разблокировке не смещается;
- Невосприимчивость к столкновениям благодаря малой кинетической энергии привода и крепежному кольцевому пазу инструментального диска;
- Минимальное время смены позиции;
- Высокая скорость поворота;
- Минимальное время фиксации и разблокировки;
- Возможность установки приводного инструмента и различная компоновка инструментов (рисунок 17);

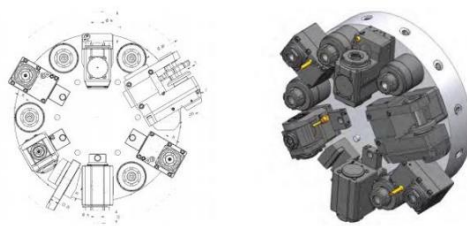


Рисунок 7 - Револьверная головка V 12M

По проектному варианту технологического процесса на 025 Комплексной операции с ЧПУ требуется просверлить отверстие Ø8 под углом 90° относительно оси шпинделя, что невозможно было на универсальном токарном станке. Данная операция легко выполняется за один установ благодаря инструментальному блоку ВМТ-Р с приводом (рисунок 18).

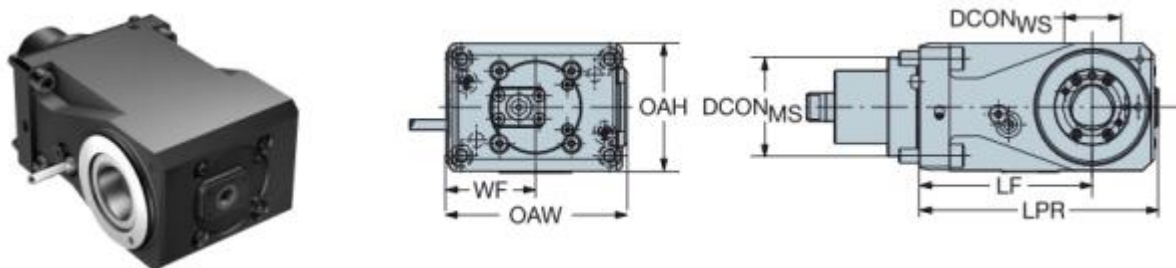


Рисунок 8 - Инструментальные блоки ВМТ-Р для приводного инструмента

3.3 Аналитический обзор и выбор стандартизованного режущего инструмента

При разработке технологического процесса механической обработки заготовки выбор режущего инструмента, его вида, конструкции и размеров в значительной мере предопределяется методами обработки, свойствами обрабатываемого материала, требуемой точностью обработки и качества обрабатываемой поверхности заготовки.

При выборе режущего инструмента необходимо стремиться принимать стандартный инструмент, но, когда целесообразно, следует применять специальный, комбинированный, фасонный инструмент, позволяющий совмещать обработку нескольких поверхностей.

Если технологические особенности детали не ограничивают применения высоких скоростей резания, то следует применять высокопроизводительные конструкции режущего инструмента, оснащенного твердым сплавом, так как практика показала, что это экономически выгодней, чем применение быстрорежущих инструментов. Особенно, это распространяется на резцы (кроме фасонных, малой ширины, автоматных), фрезы, зенкеры, конструкции которых оснащены твердым сплавом.

Для металлорежущей обработки я выбрал токарный инструмент, фрезы и необходимую оснастку фирмы ISCAR. Так как металлорежущий и вспомогательный инструмент, инструментальная и технологическая оснастка компании IMC Group отвечают требованиям современного высокоуровневого производства по показателям качества, производительности, стойкости, надежности, экономической целесообразности и эффективности использования. При выборе инструмента для резки следует предпочитать стандартные варианты, однако, когда это целесообразно, рекомендуется использовать специализированные, комбинированные или фасонные инструменты, которые обеспечивают возможность обработки нескольких поверхностей одновременно.

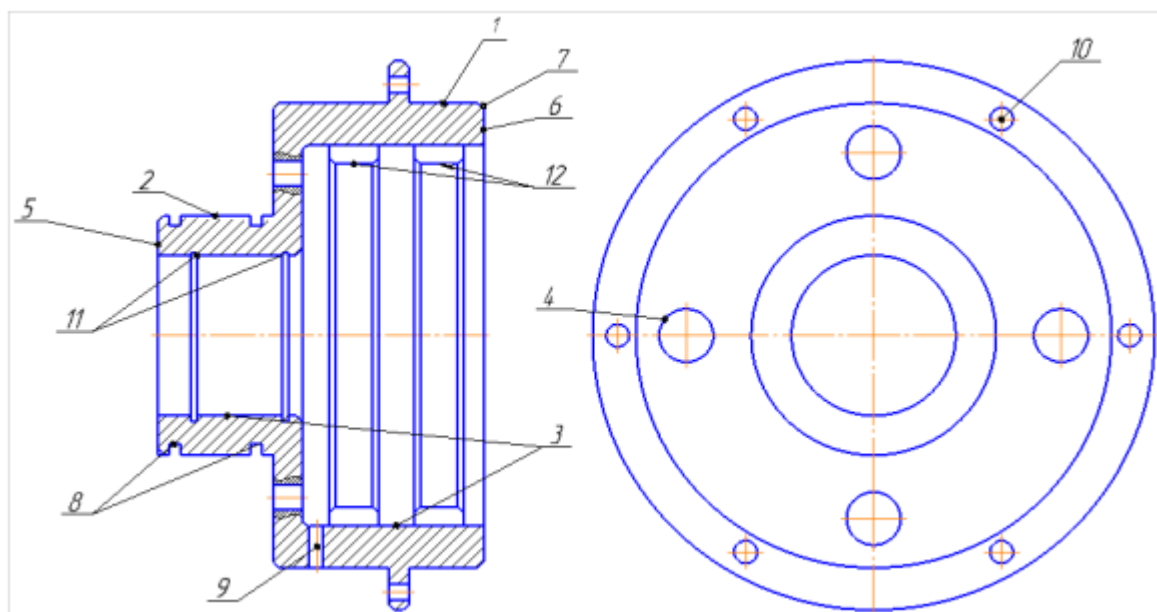


Рисунок 9 - Эскиз детали «Зубчатое колесо»

При изготовлении детали «Колесо зубчатое» для обработки поверхности 12 разработаем инструмент типа «Долбяк». Для остальных же операций применим современный стандартизованный режущий инструмент.

Для точения поверхностей 1, 2 выбираем державку с винтовым креплением для быстрого снятия металла при продольном точении ISCAR SLLNR 2525M-16HF (S-стальной хвостовик; L-форма пластины, прямоугольная; L-угол в плане 95°; N-задний угол пластины, 0°; R-направление резания, правое; 25- диаметр прутка; M-система крепления, верхний клиновый зажим; 16-размер пластины), в сочетании с токарной пластиной LNMX 1608R-HF с тангенсальным креплением для черновой обработки на больших подачах (до 2,4 мм/об). Материал пластинки – IC3028 по стандартам ISO, соответствует аналогу материала карбидно-титановый группы T6K15.

4 Автоматизация технологического процесса

4.1 Анализ возможности автоматизации технологического процесса

Целью автоматизации технологического процесса является повышение производительности, качества и надежности изготавливаемых изделий.

Средством автоматизации основных операций является станок с ЧПУ, который по управляющей программе производит обработку детали без непосредственного участия человека.

С целью получения наибольшей информации о возможности полной или частичной автоматизации необходимо произвести анализ проектного варианта технологического процесса.

Анализ проектного варианта технологического процесса:

- в проектном технологическом процессе отсутствуют операции, выполняемые на универсальном оборудовании;
- в проектном технологическом процессе отсутствуют специальные методы обработки, процесс прерывистый;
- основное оборудование возможно встроить в ГПС;
- возможна концентрация переходов на операциях, выполняемых на станке с ЧПУ;
- габаритные размеры и вес детали: $\varnothing 190$, $L=108$; 2,6 кг;
- в технологическом процессе изготовления детали типа «колесо зубчатое» возможно использование автоматизированных средств загрузки выгрузки заготовки в основное оборудование, так же возможно использование промежуточного накопителя.

4.2 Группирование деталей, подлежащих изготовлению на ГПУ

Исходной информацией для выбора оборудования и промышленных роботов (ПР) являются сведения об изготавливаемых деталях и организационно технологических условиях их изготовления.

Первичная классификация:

- габаритные размеры: 290 мм * 108 мм;
- масса: 2,6 кг;
- материал: Сталь 40Х ГОСТ 4543-71;
- вид заготовки: штамповка;
- вид обработки: токарная, фрезерование, сверление, зубодолбление;
- самый точный класс обработки 7;
- наименьшая шероховатость Ra 1,6.

Подбор и группирование деталей для изготовления на автоматизированном участке выполняют с учетом следующих характеристик:

- конструктивно-технологическое подобие деталей, т.е. сходство по габаритным размерам, массе, конфигурации, характера конструктивных

элементов, требованиям к точности обработки и качеству обрабатываемых поверхностей, числу обрабатываемых поверхностей («зубчатое колесо» деталь – класс 72, тела вращения с элементами зубчатого зацепления по технологическому классификатору деталей машиностроения и приборостроения ОК 021-95);

- максимальная степень завершенности маршрута обработки деталей на автоматизированном участке без прерывания маршрута обработки для выполнения каких-либо специфических операций (возможно полностью изготовление детали на одном участке);

- подобие используемой оснастки и инструментов (возможно изготовление детали одним и тем же режущим инструментом);

- наличие у деталей четко выраженных признаков ориентации, однородных по форме и расположению поверхностей базирования в приспособлениях спутниках или захвата захватными устройствами промышленных роботов (у деталей типа «зубчатое колесо» есть поверхности для базирования в приспособлении).

На основе подобранной группы деталей с учетом видов обработки и трудоемкости проводится выбор типажа требуемого оборудования, приспособлений, характера и маршрута транспортирования деталей. На этом этапе определяется компоновка автоматизированного производственного участка, рассчитываются вместимость автоматизированного склада, выполняется оптимизация пространственного расположения оборудования.

Технологичность конструкции изделия определяют при помощи качественной оценки. Качественная оценка технологичности детали производится по отдельным конструктивным и технологическим признакам и основана на инженерно-визуальных методах оценки. Инженерно-визуальный метод оценки осуществляется при помощи визуальной оценки конструктивных и технологических признаков изделия. Качественная оценка технологичности изделия дается при помощи таких характеристик как «хорошо – плохо», «технологично – нетехнологично» и т.д.

Автоматизированная транспортно-складская система (АТСС), используемая в ГПС, – система взаимосвязанных автоматизированных транспортных и складских устройств для укладки, хранения, временного накопления, разгрузки и доставки предметов труда и технологической оснастки. Характер производственных процессов в ГПС – неравномерный в связи с тем, что при выпуске многономенклатурной продукции мелко- или среднесерийными партиями невозможно обеспечить одинаковое или кратное время обработки деталей на разных станках; неодинаково и время простоев станков, необходимое для их переналадки. Поэтому АТСС наравне с основными задачами, указанными ранее, используют также для сглаживания прерывистости и временной неравномерности процессов механической обработки в гибких производственных системах.

К основным функциям АТСС в общем случае можно отнести:

- прием и выдачу со склада или других накопителей АТСС материалов,

заготовок, полуфабрикатов, готовых деталей, технологической оснастки (приспособлений, режущего и вспомогательного инструмента и т. п.) от внешних по отношению к ГПС поставщиков, с позиции (или на позицию) обработки, контроля или установки (снятия) заготовок (деталей) на приспособления-спутники; размещение принятых материалов, заготовок, полуфабрикатов, готовых деталей, технологической оснастки в ячейках склада или других накопителях АТСС и их временное хранение; учет поступления, выдачи и наличия на складе (или других накопителях) АТСС материалов, заготовок, полуфабрикатов, готовых деталей и технологической оснастки;

- транспортирование заготовок, полуфабрикатов, приспособлений спутников, тар, кассет со склада на участок установки заготовок, полуфабрикатов на приспособления-спутники или в кассеты и обратно на склад готовой продукции.

6 Безопасность технологического цикла изделия

6.1 Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда

На всех предприятиях, в учреждениях, организациях создаются безопасные и безвредные условия труда. Обеспечение безопасных и безвредных условий труда возлагается на собственника или уполномоченный им орган. Условия труда на рабочем месте, безопасность технологических процессов, машин, механизмов, оборудования и других средств производства, состояние средств коллективной и индивидуальной защиты, используемых работником, а также санитарно-бытовые условия должны отвечать требованиям нормативных актов об охране труда

Обработка детали «Колесо зубчатое» относится к категории Па, т.к. масса детали менее 1 кг. К категории Па относятся работы с интенсивностью энергозатрат 175-232 Вт, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения (ряд профессий в механосборочных цехах машиностроительных предприятий, в прядильно-ткацком производстве и т. п.). Нормируемые параметры микроклимата не должны выходить за пределы нормативных величин.

Выполнение этих норм осуществляется путем проведения следующих мероприятий:

- в теплое время за счет вентиляции;
- в холодное время за счет вентиляции, отопления.

Мероприятия, проводимые при использовании СОТС (смазочноохлаждающего технологического средства):

- на состав применяемой СОТС необходимо разрешение санитарного надзора;
- состав СОТС на водном растворе, их антимикробная защита и пастеризация должны удовлетворять требованиям
- приготовление и подача СОТС к станкам должна быть централизованной;
- периодичность и промывка систем для подачи СОТС должна быть не реже 1 раза в 6 месяцев;
- станки должны быть оборудованы специальными сборниками и экранами защиты оператора;
- помещение оборудуется общеобменной вентиляцией с подачей приточного воздуха в рабочую зону со скоростью не более 0,5 м/с. Общая производительность вентиляции должна составлять 850-900 м³ /час на один станок;
- рабочие должны использовать дерматологические кремы и пасты

Для спроектированного техпроцесса предусматриваются следующие виды защиты:

- ограничивающие, закрывающие доступ к опасным частям оборудования.

Для этого используются кожухи, щиты. Ограждения должны быть достаточно прочными, надежно крепиться к фундаменту или частям машины;

- предохранительные, автоматически отключающие оборудование при выходе какого-либо параметра за пределы допустимого;
- сигнализирующие, окраска опасных частей оборудования в красный цвет;
- у станков предусмотрены дверцы для защиты от разлетающейся стружки.

Мероприятия по безопасной эксплуатации лезвийного инструмента:

Для безопасной эксплуатации режущего инструмента необходимо постоянно следить за его состоянием, проверять крепление инструмента в оправках и твердосплавных пластин в сборных инструментах.

Проводятся также следующие организационные мероприятия:

- Инструктаж техники безопасности производится, как правило, во время приобретения профессионально и/или специального образования. Так же правила техники безопасности публикуются в соответствующих той или иной специальности учебных пособиях.
- запрещение операторам ремонтировать электрооборудование;
- привлечение к ремонту оборудования лиц электротехнического персонала, своевременно прошедших инструктаж.

Заключение

Разработка технологических процессов для изготовления деталей должна соответствовать требованиям ЕСТПП. Эта система подразумевает, что должны использоваться современные типовые технологические процессы, стандартная технологическая оснастка, технические средства, а также устройства и механизмы для автоматического и полуавтоматического выполнения промышленных операций. Она также учитывает научные, технические, управленческие аспекты производства.

Данная выпускная работа представляет собой комплексное исследование, включающее анализ и визуализацию технологических знаний и навыков, полученных во время учебы. Она направлена на изучение существующего технологического процесса, выявление его недостатков и разработку проектного варианта технологического процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Расчет долбяков. Гаврилов Ю.В. - М.: Машиностроение, 2006, с.57.
2. Методические указания к выполнению контрольных работ по курсу "Проектирование и производство металлорежущих инструментов" Сост.: И.А. Малышко, С.Л. Толстов, - Донецк: ДПИ, 1991. - 39 с.
3. Справочник технолога машиностроителя Т.2/ Под ред.А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985, 496 с.
4. Справочник инструментальщика/ И.А. Ординарцев, Г.В. Филиппов, А.Н. Шевченко и др.; Под общ. ред. И.А. Ординарцева. - Л.: Машиностроение, Ленингр.отд-ние, 1987, - 846 с.
5. Проектирование металлорежущих инструментов. Иноземцев Г.Г. М.:Машиностроение, 1984 - 272 с.
6. Кулыгин, В. Л., И. А. Кулыгина . Основы технологии машиностроения: учебное пособие для вузов по направлению "Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств", специальности "Технология машиностроения" направления "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств" - М. : БАСТЕТ, 2011 . – 168 с.
7. Романова С.Ю. Общемашиностроительные нормативы времени ирежимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть 1.- Москва,1990.206 с.
8. Гузеев В.И., Батуев В.А., Сурков И.В. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением. М.:Машиностроение,2007.368 с.
9. Батуев, В.В. Автоматизация производственных процессов в машиностроении учебное пособие по выполнению курсового проекта / В.В. Батуев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – 39 с.
10. Батуев, В.В. Оформление технологической документации: учебное пособие / В.В. Батуев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – 50 с.