

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования

«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский институт)
Кафедра «Технология автоматизированного машиностроения»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

В.И. Гузев

2017

Проектирование технологического процесса обработки детали «Колесо зубчатое»
для условий современного конкурентоспособного производства

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ– 15.03.05. 2017.451 ПЗ ВКР

Нормоконтролер

Т.В. Столярова

2017 г.

Руководитель, доцент, к.т.н.

В.Л. Кулыгин

2017 г.

Автор проекта

Студент группы П-451

А.С. Боков

2017 г.

АННОТАЦИЯ

Боков А.С. Проектирование и анализ технологического процесса обработки детали «Колесо зубчатое» в условиях конкурентоспособного производства: Выпускная квалификационная работа. – Челябинск: ЮУрГУ, 2017. 110 с., 58 илл., 20 табл., 2 прил., библиографическая литература – 14 наименований.

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 подобрали оборудование, режущий инструмент и технологическую оснастку.

Таким образом был спроектирован более современный и автоматизированный технологический процесс механической обработки. Разработана планировка участка механической обработки для спроектированного варианта технологического процесса. Рассмотрены мероприятия по созданию безопасных и безвредных условий труда, мероприятия по электробезопасности, а также мероприятия по пожарной безопасности.

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Боков А.С.</i>			Проектирование технологического процесса обработки детали «Колесо зубчатое» для условий современного конкурентоспособного производства			
<i>Пров.</i>		<i>Кулыгин В.Л</i>						
<i>Н.контр</i>		<i>Столярова Т.В.</i>						
<i>Утв.</i>		<i>Гузеев В.И.</i>						
						ЮУрГУ Кафедра ТАМ		

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ	6
1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия.....	6
1.2 Служебное назначение детали и технические требования, предъявляемые к детали.....	7
1.3 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для соответствующих отраслей машиностроения....	9
1.4 Формирование целей и задач проектирования	12
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	13
2.1 Анализ существующей на предприятии документации по конструкторско-технологической подготовке действующего производства	13
2.1.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса	13
2.1.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента.....	19
2.1.3 Размерно-точностный анализ действующего технологического процесса	26
2.1.4 Вывод по разделу	27
2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «Колесо зубчатое»	28
2.2.1. Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки	28
2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования	29
2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта.....	31
2.2.4 Размерно-точностный анализ проектного варианта технологического процесса.....	35
2.2.5 Расчет режимов резания и норм времени на все операции проектного варианта.....	35
2.2.6 Выводы по разделу	44
3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	45
3.1. Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки.....	45
3.3. Аналитический обзор и выбор стандартизованного режущего инструмента	48

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

3.4	Проектирование и расчет применяемого режущего инструмента.....	54
3.5	Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля	69
4	АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	73
4.1	Анализ возможности автоматизации технологического процесса.....	73
4.2	Группирование деталей, подлежащих изготовлению на ГПУ	73
4.3	Отработка конструкции детали на технологичность	75
4.4	Определение состава и числа оборудования станочного комплекса ГПС	77
4.5	Определение структуры и состава автоматизированной транспортно- складской системы ГПС	78
4.5.1	Определение характеристик стеллажа-накопителя.....	80
4.5.2	Расчет числа позиций загрузки и разгрузки.....	80
4.5.3	Расчет числа позиций контроля.....	81
4.5.4	Проектирование предварительной компоновки ГПС	82
4.5.5	Определение числа подвижных транспортных механизмов АТСС ...	88
4.6	Определение вспомогательных систем и участков, необходимых для функционирования ГПС	89
4.7	Выбор вспомогательного оборудования, необходимого для функционирования ГПС	91
4.8	Определение схем базирования заготовки	94
4.9	Анализ установочных размерных связей	96
5	ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ	99
6	БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ.....	101
6.1	Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда.....	101
6.2	Мероприятия по электробезопасности	103
6.3	Мероприятия по пожарной безопасности	104
7	ВЫВОДЫ ПО КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ	106
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	107

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 операции 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 износоустойчивость производить расчеты на точность.

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>	Лист
						5
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

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 следующие принципы:

- 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 $i = 337$. 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 °С до +50 °С.

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6



Рисунок 1 – Редуктор азимутальной антенны

1.2 Служебное назначение детали и технические требования, предъявляемые к детали

Зубчатое колесо 63 (рисунок 2) устанавливается на поводок 10 и имеет с ним внутреннее зацепление. Для фиксации шестерня садится на подшипники 134 и 132. Данный узел приводится в движение при помощи электродвигателя 143, который закреплен к корпусу редуктора 7 при помощи шпилек 113.

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.

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

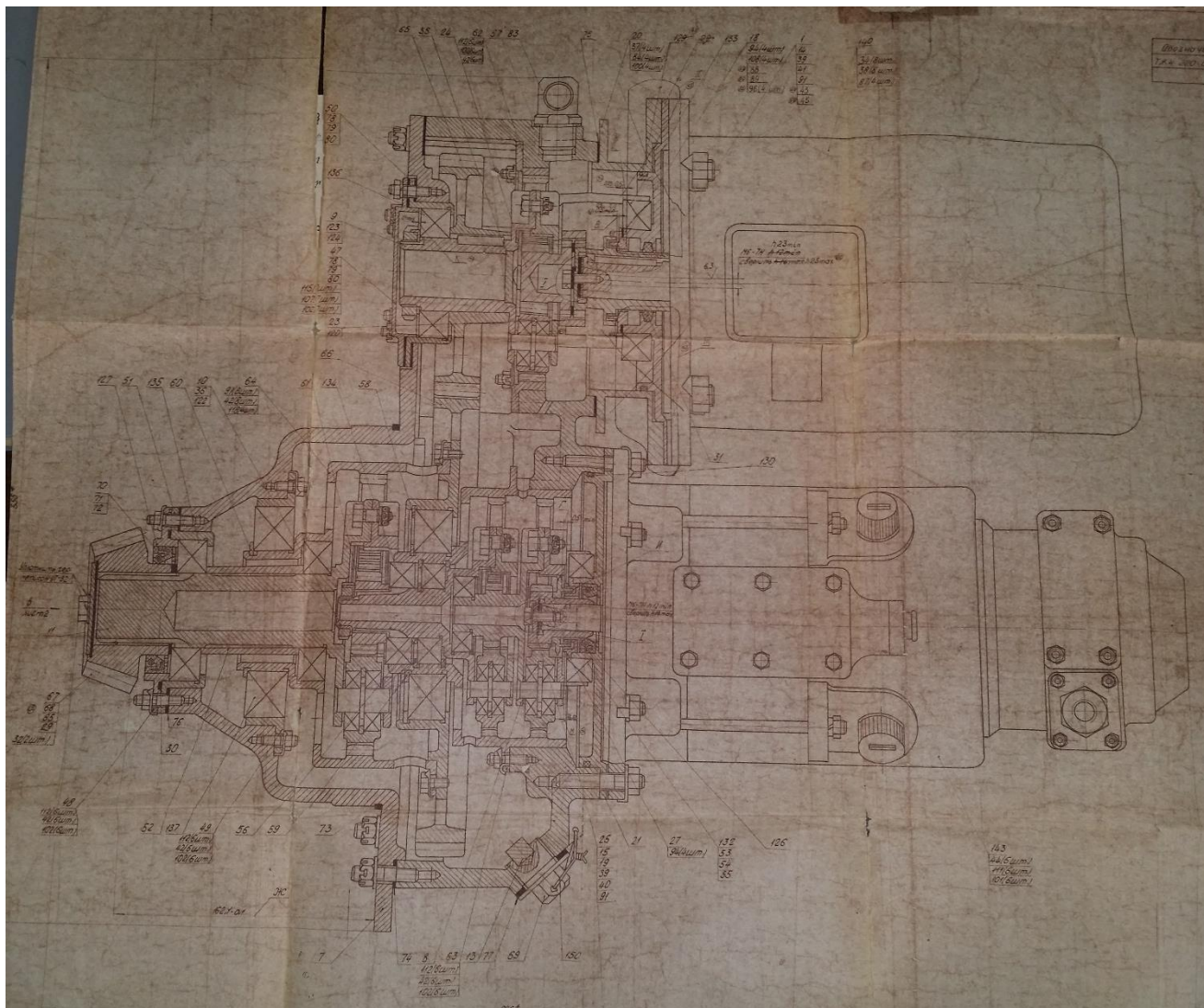


Рисунок 2 – Зубчатое колесо в сборе

Рабочий чертеж дает полное представление о конфигурации, размерах всех поверхностей, материале, технических требованиях и полностью соответствует стандартам ЕСКД на оформление чертежей. На чертеже представлены необходимые обозначения, технические требования, которые должны выполняться в процессе механической обработки. Допуски на взаимное расположение поверхностей относительно друг друга и на допуски на форму представлены в системе ЕСДП. Невыполнение этих требований приводит к неточности установки детали в узле и неточности взаимного расположения деталей.

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

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

допуски торцевого биения. Это необходимо для того чтобы во время работы зубчатое колесо вращалось в одной плоскости.

Поверхности, на которые устанавливаются детали, имеют шероховатость Ra 1,6 и Rz 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.

Для зубчатого колеса так же указаны необходимые данные для нарезания зубьев:

- модуль;
- число зубьев;
- коэффициент смещения;
- степень точности;
- длина общей нормали;
- делительный диаметр.

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 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для соответствующих отраслей машиностроения.

Рассматриваемая деталь относится к классу «тела вращения» с элементами зубчатого зацепления. В ее конструкции преобладающими являются внутренние поверхности вращения. Деталь входит в конструкцию редуктора азимутальной и изготавливается в условиях, характерных для среднесерийного производства. Заготовкой служит штамповка из стали марки 40Х. В процессе изготовления заготовка подвергается термической обработке.

При анализе существующего технологического процесса можно выявить следующее:

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

- В основном используется универсальное оборудование;
- В термообработку детали входит только ее закалка;
- Устаревшие средства контроля;
- Использование цельного инструмента или с напайными пластинами;

На настоящее время существуют более современные методы обработки и контроля зубчатых колес. Многолетний опыт серийного производства и эксплуатации зубчатых передач показал большое влияние технологических факторов на динамику, виброактивность, ресурс и надежность работы передач. Технология производства зубчатых передач повышенного ресурса эксплуатации должна обеспечивать:

- высокую точность изготовления базовых поверхностей и всех элементов зацепления;
- высокое качество химико-термического упрочнения рабочих поверхностей зубчатых колес;
- оптимальную модификацию рабочих поверхностей зубьев, обеспечивающую снижение динамических нагрузок и вибраций в зацеплении и исключаящую заедание зубьев в работе зубчатых пар;
- низкую шероховатость рабочих поверхностей зубьев;
- снижение затрат на изготовление зубчатых колес.

Сложность поставленных перед технологией производства зубчатых колес задач требует комплексного подхода к их решению, основой которого является разработка базовых технологических процессов механической и химико-термической обработки, оснащение производства высокоточным и производительным оборудованием, современными комплексами вычислительной техники и программными продуктами.

Разработка технологического процесса изготовления зубчатых колес начинается и ведется параллельно с разработкой конструкции зубчатой передачи, при этом определяется возможность их изготовления в условиях конкретного серийного производства. Технологический процесс (маршрут), устанавливающий последовательность выполнения операций обработки, строится в зависимости от

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		10

многих конструктивно-технологических особенностей зубчатого колеса, определяющей из которых является выбор вида химико-термического упрочнения его рабочих поверхностей.

Для зубчатых колес совершенно справедливо утверждение о том, что уровень их долговечности и надежности заложен в качестве поверхностного слоя зубьев. Оно должно быть высоким, чтобы в условиях действия больших контактных напряжений, сил трения и контактных температур противостоять повреждению рабочих поверхностей зубьев и их усталостному разрушению (поломке).

Качество поверхностного слоя зубьев оценивают комплексом характеристик: химическим и фазовым составом, макро-, микро-, субструктурой, распределением твердости, величиной, знаком и распределением остаточных напряжений и др. Совокупность этих характеристик определяет уровень несущей способности зубчатой передачи, сопротивление контактной усталости, знакопеременному изгибу, изнашиванию и заеданию. Каждый из указанных критериев работоспособности зависит от воздействия на поверхностный слой зубьев комплекса технологических и металлургических факторов.

В современном производстве зубчатых колес преимущественно применяется технологический процесс с цементацией рабочих поверхностей колес. В этом случае технологический процесс изготовления включает в себя следующие основные операции:

- получение заготовки;
- черновая обработка заготовки;
- нормализация (для снятия внутренних напряжений в заготовке и улучшения структуры материала);
- предварительная обработка поверхностей, обрабатываемых окончательно после химико-термического упрочнения;
- обработка базовых поверхностей под нарезание зубьев;
- нарезание зубьев;
- обработка торцовых и продольных кромок зубьев;

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		11

- цементация;
- обработка не цементируемых поверхностей, снятие напусков с поверхностей, не требующих химико - термического упрочнения;
- закалка и отпуск;
- восстановление баз под окончательную обработку;
- окончательная обработка посадочных поверхностей;
- отделка зубьев (зубошлифование, зубохонингование, зубопритирка);
- окончательный контроль.

Перспективным на заводах массового производства является применение для контроля цилиндрических зубчатых колёс автоматических линий. Все операции проводятся одним миникомпьютером, с помощью которого осуществляются измерение, сортировка и анализ полученной информации. Время контроля, включая время на установку и снятие зубчатого колеса, 30 с.

1.4 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:

1. Проанализировать действующий технологический процесс.
2. Выбрать последовательность механической обработки проектного технологического процесса.
3. Подобрать оборудование, режущий инструмент и технологическую оснастку.

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		12

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 литые в песчано-глинистые формы, материал будущей детали Сталь 40Х ГОСТ 4543-71. Заготовка приходит по заказу на завод и проходит предварительный контроль БТК.

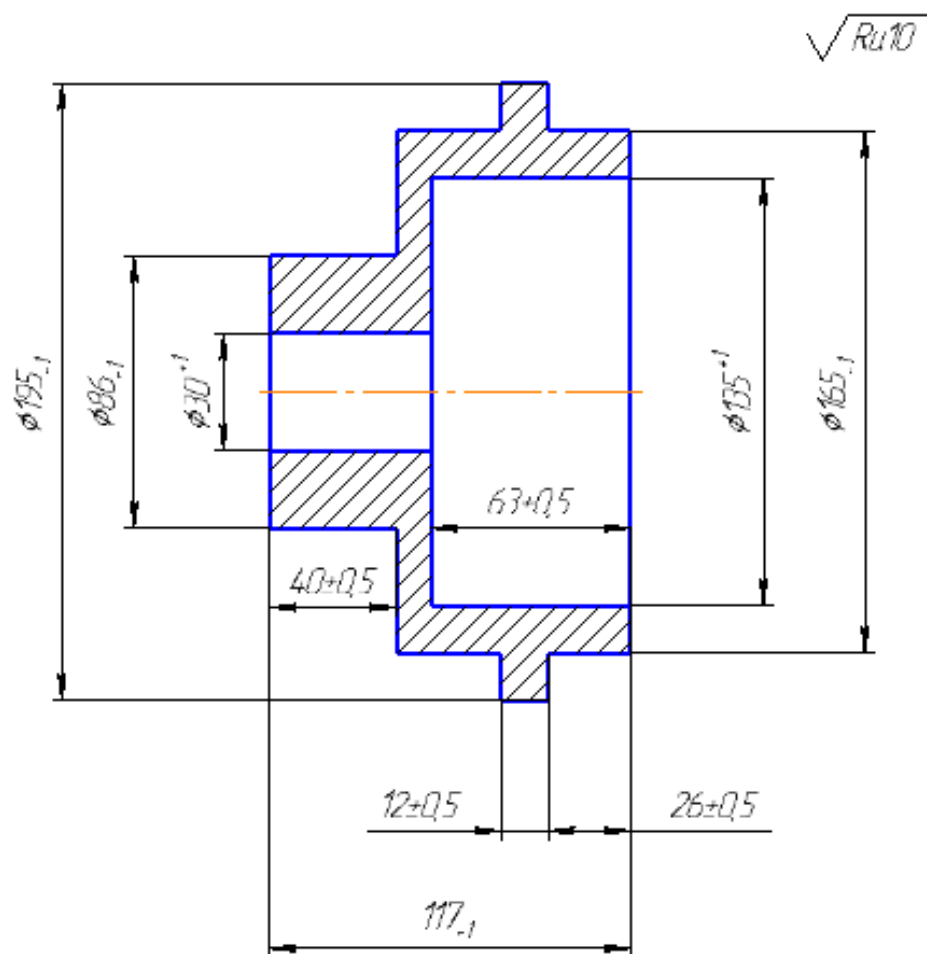


Рисунок 3 – Операционный эскиз 005 операции

005 Токарная, на универсальном станке ИК62 с использованием 3-х кулачкового патрона заготовка точится по эскизу, представленному на рисунке 4.

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

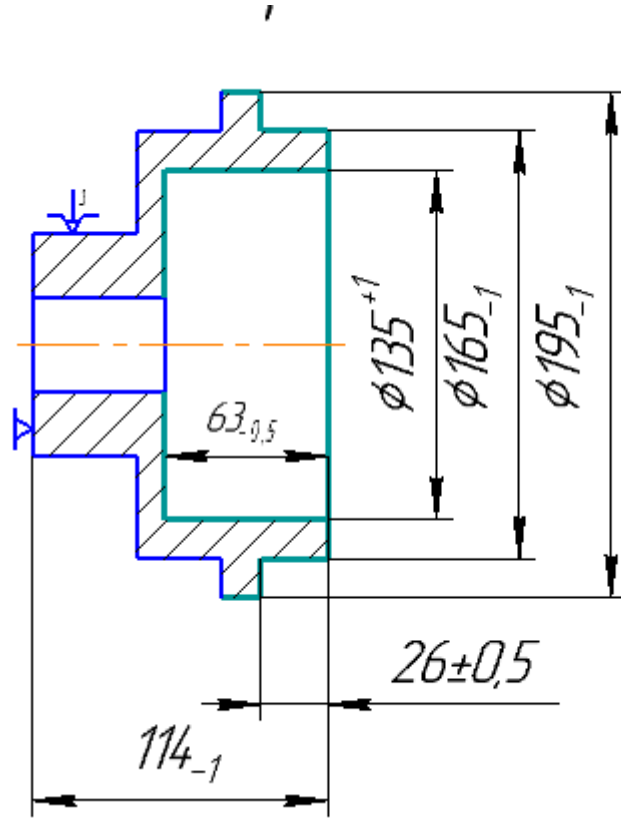


Рисунок 4 – Операционный эскиз 005 операции

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

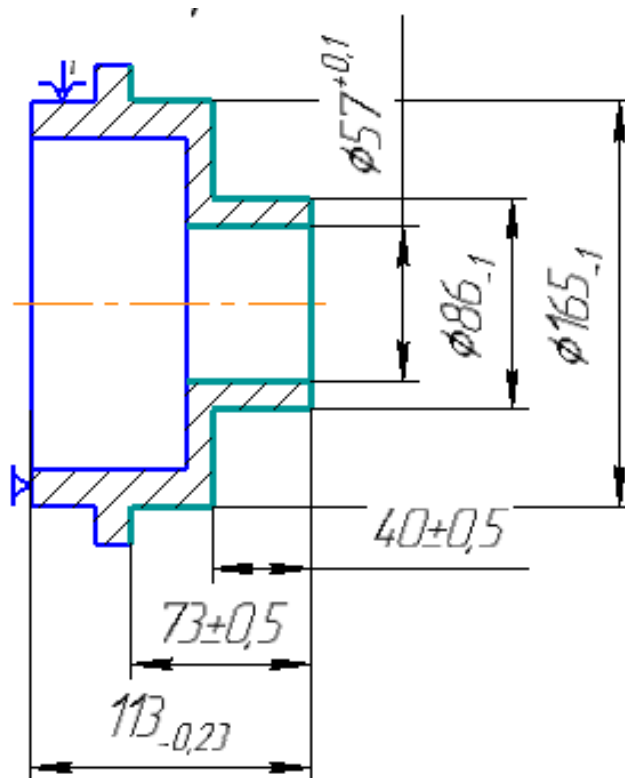


Рисунок 5 – Операционный эскиз 010 операции

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

015 Термическая, калить $HRc = 30...34$

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 2A135.

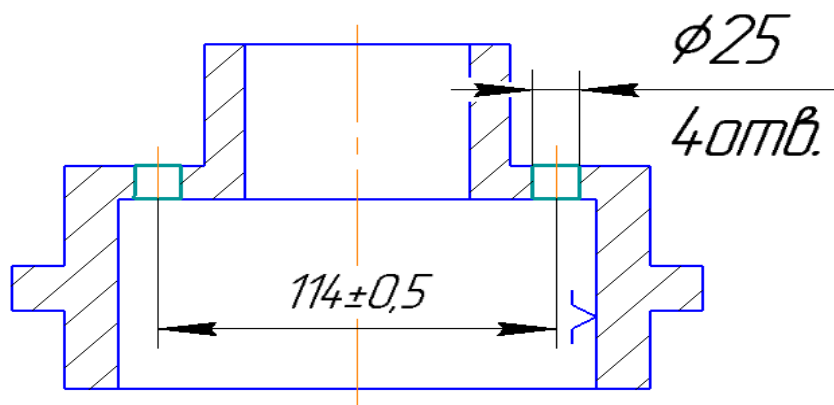


Рисунок 6 – Операционный эскиз 025 операции

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

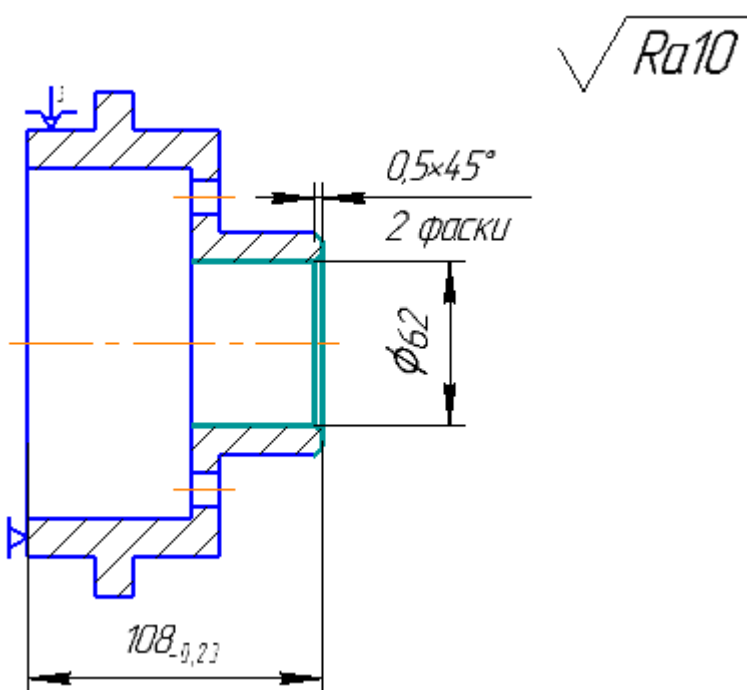


Рисунок 7 – Операционный эскиз 030 операции

035 Токарная, расточить выточку $\varnothing 151,5^{+0,26}$ на глубину $8^{+0,1}$, расточить $\varnothing 140^{+0,04}$, выдерживая овальность не более $0,02$. Расточить две канавки, выдерживая

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

размеры $15_{-0,43}$, $39^{+0,1}$, $15_{-0,43}$, $63^{+0,2}$. 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 $\varnothing 190_{-1,15}$.

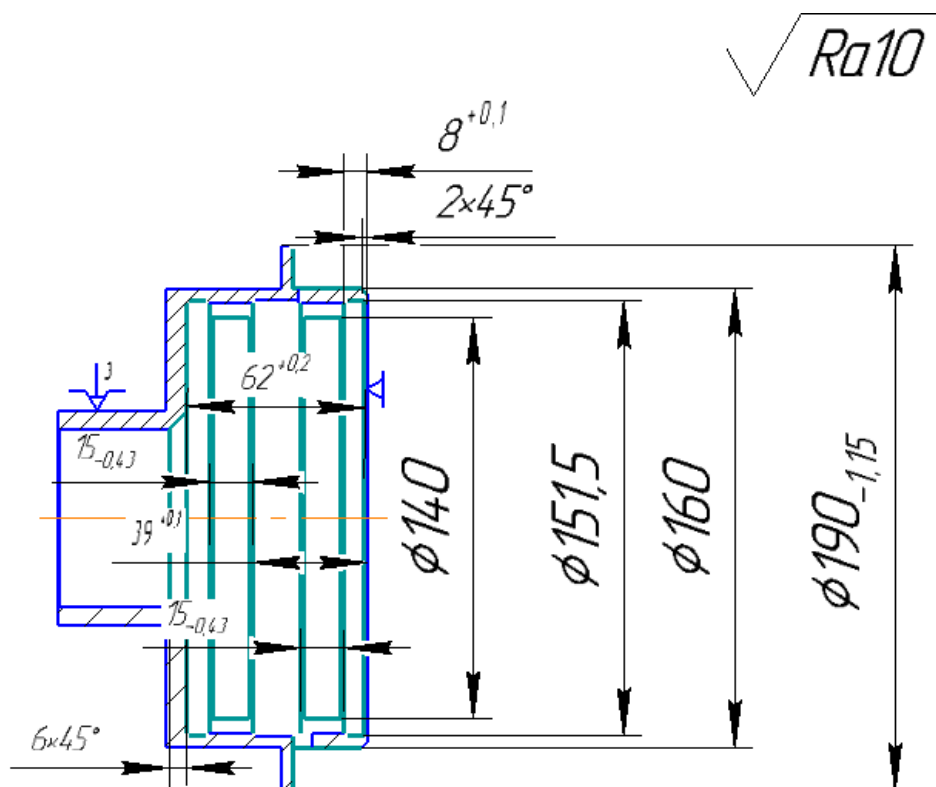


Рисунок 8 – Операционный эскиз 035 операции

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

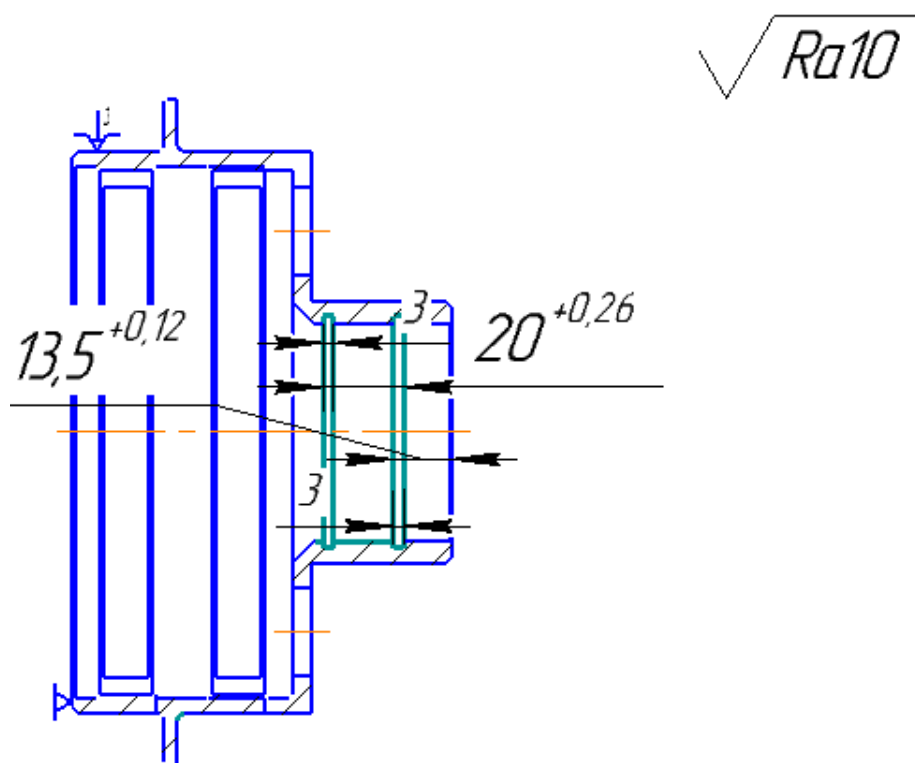


Рисунок 9 – Операционный эскиз 040 операции

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

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 $40^{+0,17}$. Проточить $\varnothing 75 \pm 0,01$, выдерживая размер $73_{-0,2}$. Проточить 2 канавки $S=3$ и $S=2$, выдерживая размер $27^{+0,17}$. Снять фаски.

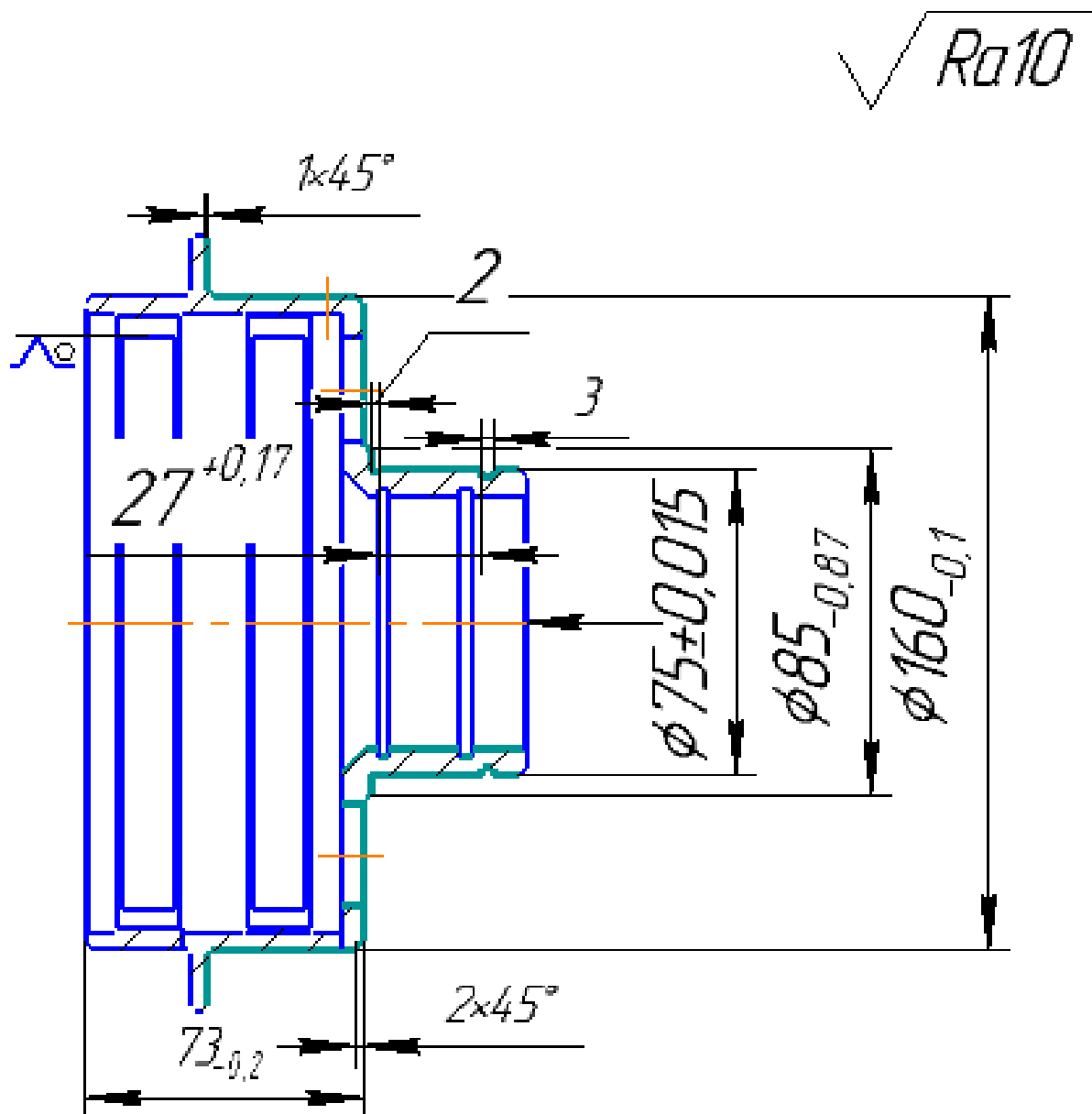


Рисунок 10 – Операционный эскиз 045 операции

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

055 Сверлильная, сверлить отверстие $\varnothing 8^{+0,36}$ по разметке и чертежу.

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

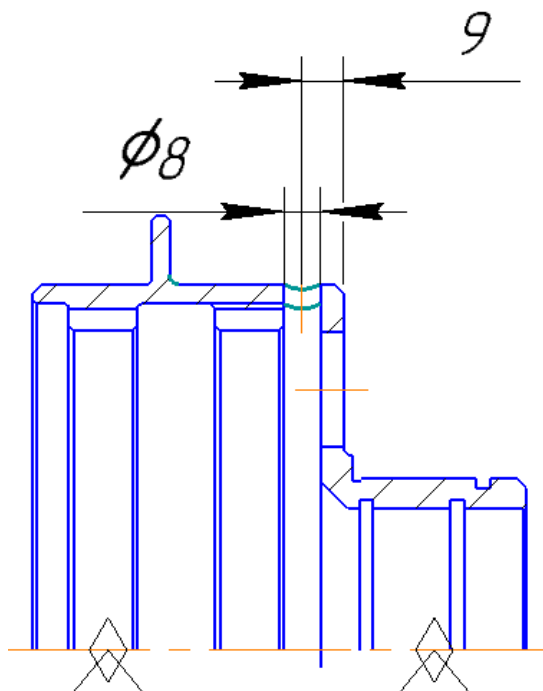


Рисунок 11 – Операционный эскиз 055 операции
060 Сверлильная, сверлить 6 отверстий $\phi 6,5$ через кондуктор.

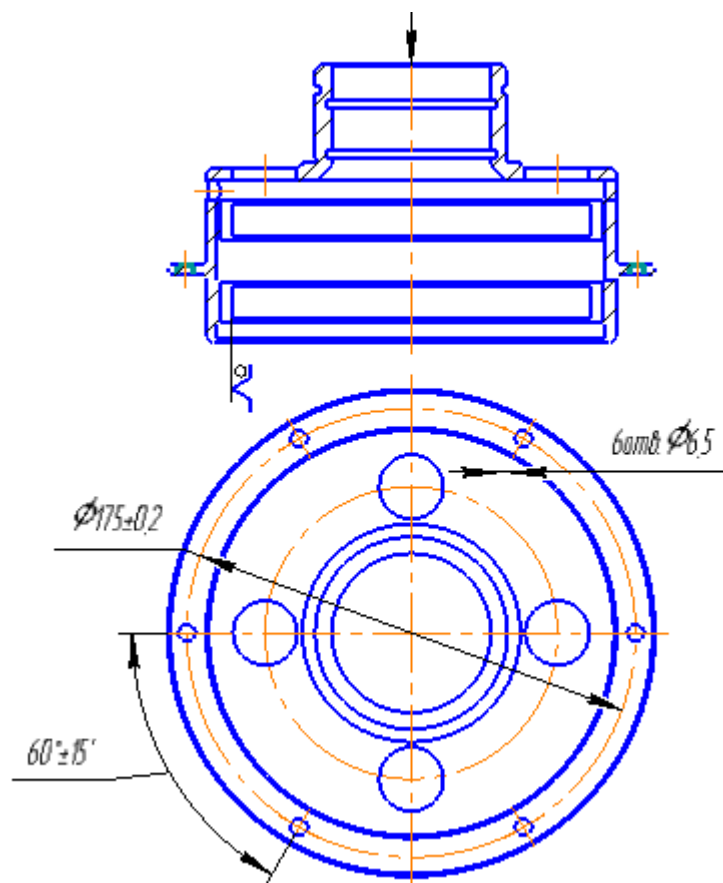


Рисунок 12 – Операционный эскиз 060 операции
065 Фрезерная, на станке 6Н81 фрезеровать паз $3^{+0,25}$ по разметке и чертежу заподлицо с торцем, используя в качестве приспособления призму.

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

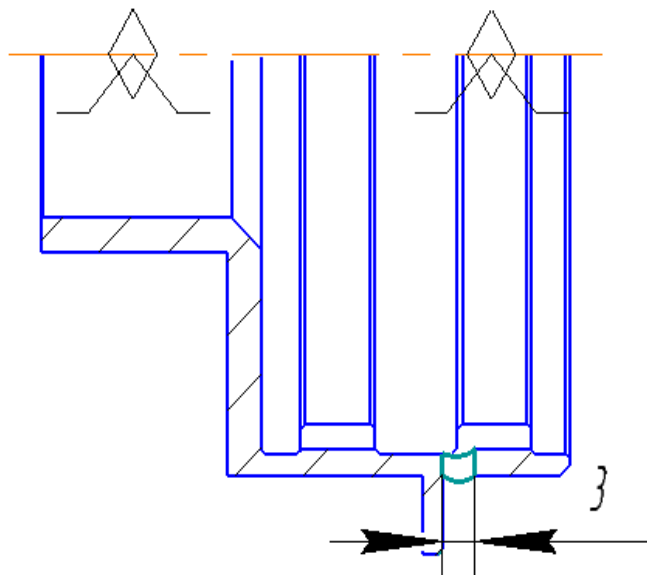


Рисунок 13 – Операционный эскиз 065 операции

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 (рисунок 14) 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 подач, виброустойчивость, широкий диапазон скоростей и подач позволяют выполнять на токарно-винторезном станке 1К62 высокопроизводительное резание твердосплавным и минералокерамическим инструментом.

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19



Рисунок 14 – 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

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР

Лист

20

Окончание таблицы 1.

Пределы рабочих подач		
- продольных	мм/об	0,07 — 4,16
- поперечных	мм/об	0,035 — 2,08
Наибольший крутящий момент	кНм	2
Наибольшее сечение резца	мм	25
Габаритные размеры станка	ДхШхВ	2812x1166x 1324
Масса станка	кг	2140
Мощность электродвигателя привода главного движения	кВт	10
Мощность электродвигателя привода быстрых перемещений суппорта	кВт	0,75 или 1,1
Мощность насоса охлаждения	кВт	0,12

Для обработки отверстий используется сверлильный станок 2A135. 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.

Технические характеристики представлены в таблице 2.

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		21

Таблица 2 – Технические характеристики станка 2А135.

Наименование параметра	2А135
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 x 500
Число Т-образных пазов Размеры 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 ос охлаждающей жидкости Тип	X14-22М
Габариты и масса станка	
Габариты станка (длина x ширина x высота), мм	1240 x 810 x 2500
Масса станка, кг	1300

Для фрезерования паза $S = 3$ мм, используют фрезерный станок 6Н81. Станки модели 6Н81 (рисунок 15) предназначены для фрезерования плоскостей небольших деталей различной конфигурации из стали, чугуна и цветных металлов цилиндрическими, дисковыми, торцовыми, фасонными и другими фрезами.

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

Широкая техническая характеристика станка позволяет использовать быстрорежущий инструмент.



Рисунок 15 – Горизонтально-фрезерный станок 6Н81

Для получения зубьев используют зубодолбежный станок 5М14.



Рисунок 16 – Зубодолбежный станок 5М14

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

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	
Количество электродвигателей на станке	3
Электродвигатель главного привода, кВт	2,8
Электродвигатель привода быстрого вращения стола, кВт	0,6
Габаритные размеры и масса станка	
Габаритные размеры станка (длина x ширина x высота), мм	1800 x 1350 x 2200
Масса станка с электрооборудованием и охлаждением, кг	3450

В технологическом процессе применяют универсальные приспособления.

Универсальное приспособление – цанговый патрон DIN 6350 3205-4 (рисунок 17),

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		24

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 17 – Трехкулачковый патрон

Для изготовления данной детали применяют различный режущий инструмент: сверла, резцы, фрезы и долбяки. 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

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

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.

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.

2.1.3 Размерно-точный анализ действующего технологического процесса

Размерная схема представлена в приложении А. В ходе размерного анализа действующего технологического процесса выявлено, что замыкающих звеньев нет. рассчитаем размеры заготовки, межоперационные размеры и припуски.

Минимальный необходимый припуск для точения (и для любой другой операции при выбранном способе получения заготовки) рассчитывается по формуле:

$$Z_{min} = Ra + Df,$$

где Df – величина дефектного слоя, мм;

Ra – шероховатость с предшествующей операции, мм.

$Df = 0,1$ мм;

$Ra = 0,01$ мм.

Тогда:

$$Z_{min} = 0,1 + 0,01 = 0,11 \text{ мм.}$$

Рассчитаем межоперационные размеры:

$$Z_{расч} = Z_{min} + \frac{W}{2} - [\Delta_0],$$

где W – величина поля рассеивания, $[\Delta_0]$ – величина середины поля допуска.

$$1) [198 \dots 197] = A_{\pm 0,4} - 114_{-0,35};$$

$$W_{ai} = 0,8 + 0,35 = 1,15 \text{ мм}$$

$$\Delta_0 = \left(\frac{0,4 - 0,4}{2} \right) - \left(\frac{0 - 0,35}{2} \right) = 0,175 \text{ мм}$$

$$Z = 0,11 + 1,15/2 - 0,175 = 0,51 \text{ мм}$$

$$0,51 = A_{\pm 0,4} - 114_{-0,35};$$

$$A = 114,51 \pm 0,4$$

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

$$[198 \dots 197] = 0,51 \text{ мм}$$

$$2) [158 \dots 157] = B_{\pm 0,2} - 26_{-0,21};$$

$$W_{ai} = 0,4 + 0,21 = 0,61 \text{ мм}$$

$$\Delta_0 = \left(\frac{0,2 - 0,2}{2} \right) - \left(\frac{0 - 0,21}{2} \right) = 0,31 \text{ мм}$$

$$Z = 0,11 + 0,61/2 - 0,105 = 0,31 \text{ мм}$$

$$0,31 = A_{\pm 0,2} - 26_{-0,21};$$

$$B = 26,31 \pm 0,2$$

$$[158 \dots 157] = 0,31 \text{ мм}$$

$$3) [198 \dots 197] = B_{\pm 0,3} - 73_{-0,2};$$

$$W_{ai} = 0,6 + 0,2 = 0,8 \text{ мм}$$

$$\Delta_0 = \left(\frac{0,3 - 0,3}{2} \right) - \left(\frac{0 - 0,2}{2} \right) = 0,1 \text{ мм}$$

$$Z = 0,11 + 0,8/2 - 0,1 = 0,41 \text{ мм}$$

$$0,41 = B_{\pm 0,3} - 73_{-0,2};$$

$$B = 73,41 \pm 0,3$$

$$[198 \dots 197] = 0,51 \text{ мм}$$

2.1.4 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;

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

- 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;
- Требуется 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.

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		28

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 (рисунок 18). Тем самым мы обеспечим минимальное количество установов, время обработки и требуемое количество станков.



Рисунок 18 – Токарный станок ЧПУ GENOS L200-M

Технические характеристики представлены в таблице 4.

Таблица 4 – 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

Станок оснащен револьверной головкой V12 М (рисунок 19), которая позволяет использовать 12 инструментов, в том числе имеется приводной двигатель для операций фрезерования и сверления.

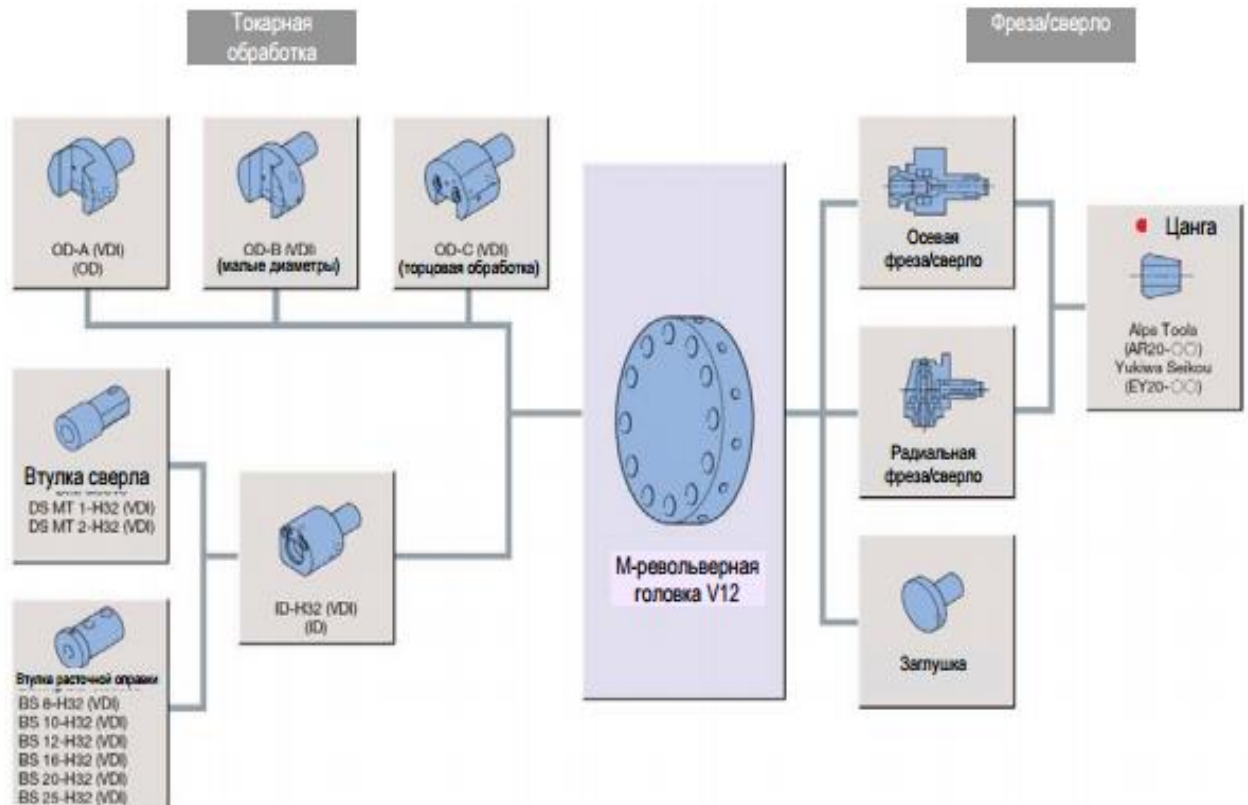


Рисунок 19 – Револьверная головка V12 М

Для формирования зубчатого венца в качестве оборудования принимаем зубодолбежный станок LFS 300 (рисунок 20). 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 20 – Зубодолбежный станок LFS 300

Технические характеристики представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики станка LFS 300

Номинальный модуль нарезаемого зубчатого колеса, мм	5 / 6 / 12
Наибольший диаметр нарезаемого зубчатого колеса, мм	300
Длина хода, мм	70 / 100 / 180 / 215
Расстояние между осями долбежного шпинделя и заготовки, мм	-50 ... +450
Перемещение салазок долбежной головки, мм	250 / 400 / 600
Число двойных ходов стандартно (регулирование бесступенчатое), дв.ход / мин.	1500 / 1200 / 800
Подача в радиальном направлении салазок стойки, мм/мин.	3750
Масса станка, кг	около 18000

2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта.

Таблица 6 – 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 21.

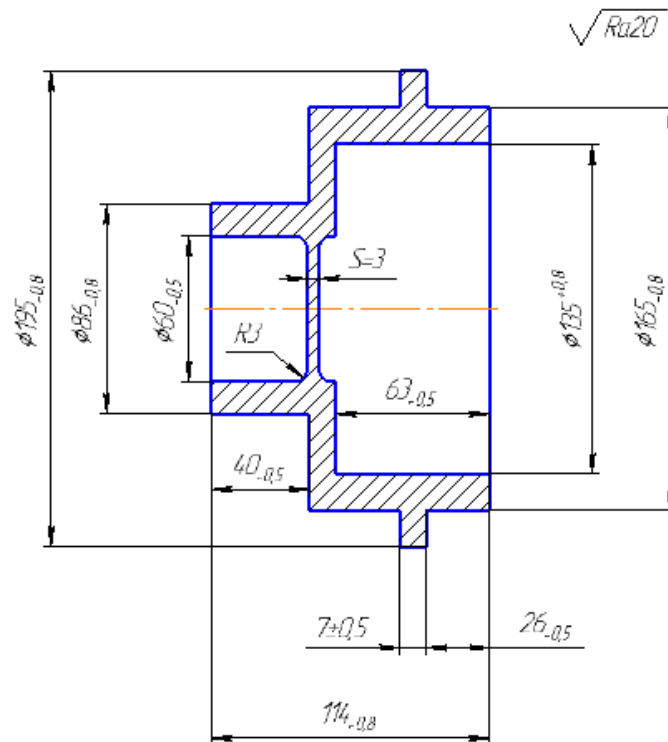


Рисунок 21 – Операционный эскиз 005 операции

005 Токарная операция с ЧПУ

Заготовка устанавливается в 3-ех кулачковый патрон, идет подрезка торца в размер $114_{-0,35}$, растачивается внутреннее отверстия $\phi 135^{+0,4}$ и $\phi 62^{+0,03}$ и точится наружная поверхность $\phi 195^{+0,46}$, тем самым мы обеспечиваем соосное расположение осей как наружного, так и внутреннего диаметра (рисунок 22).

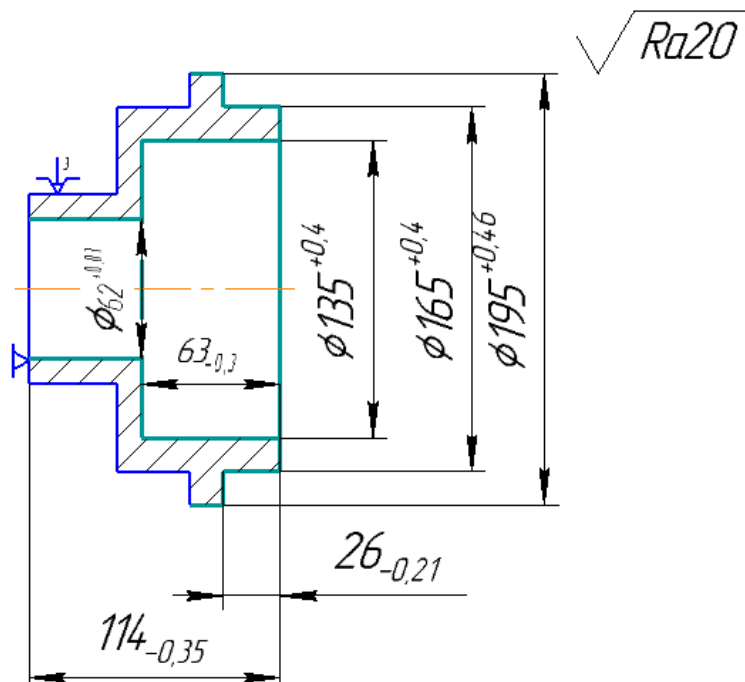


Рисунок 22 – Операционный эскиз 005 операции

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

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, выдерживая размеры, заданные на рисунке 23.

$\sqrt{Ra20}$

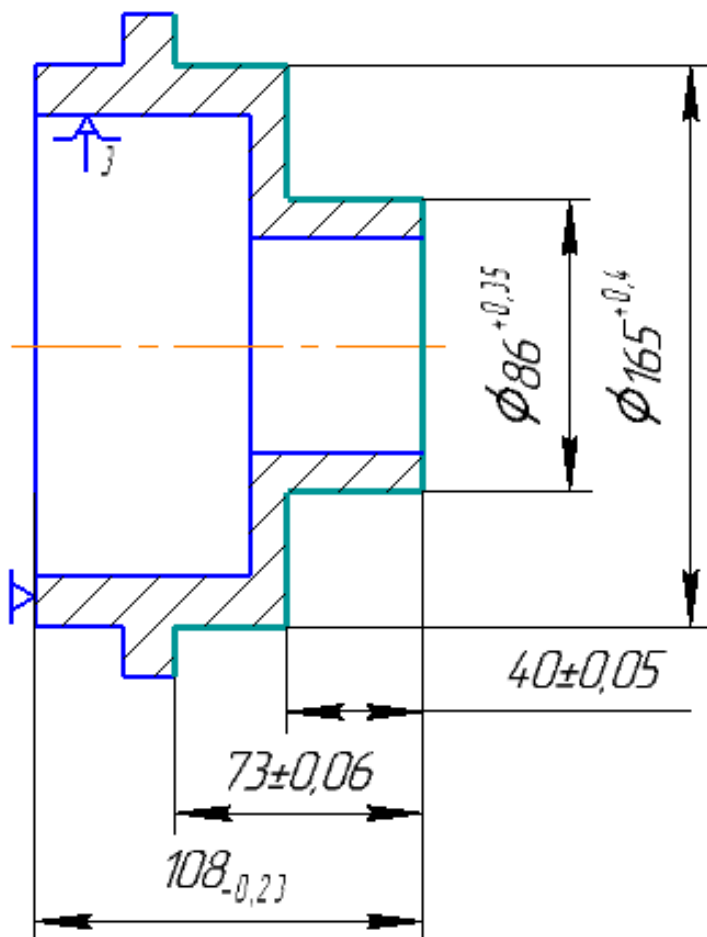


Рисунок 23 – Операционный эскиз 010 операции

020 Комплексная операция с ЧПУ

На данной операции выполняется максимально возможное количество переходов. Идет чистовая обработка внутренней поверхности под дальнейшее нарезание зубьев. Фрезерование паза $S = 3$, выдерживая размеры, указанные на рисунке 24.

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

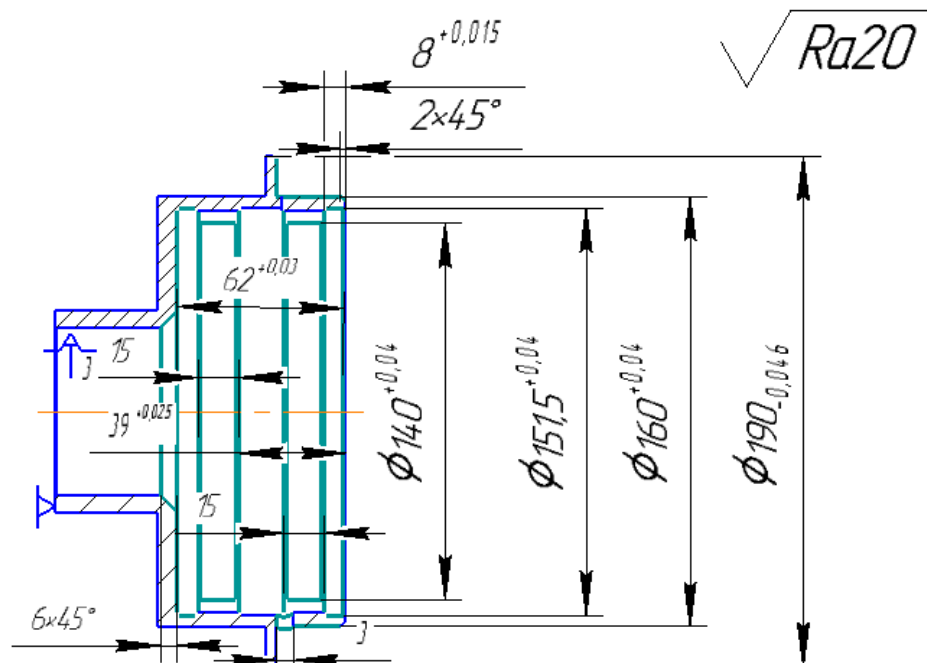


Рисунок 24 – Операционный эскиз 020 операции

025 Комплексная операция с ЧПУ

На данной операции фрезеруются канавки, сверлятся 4 отверстия $\phi 25$ 6 отверстий $\phi 6,5$ и отверстий $\phi 8$, выдерживая размеры, указанные на рисунке 25.

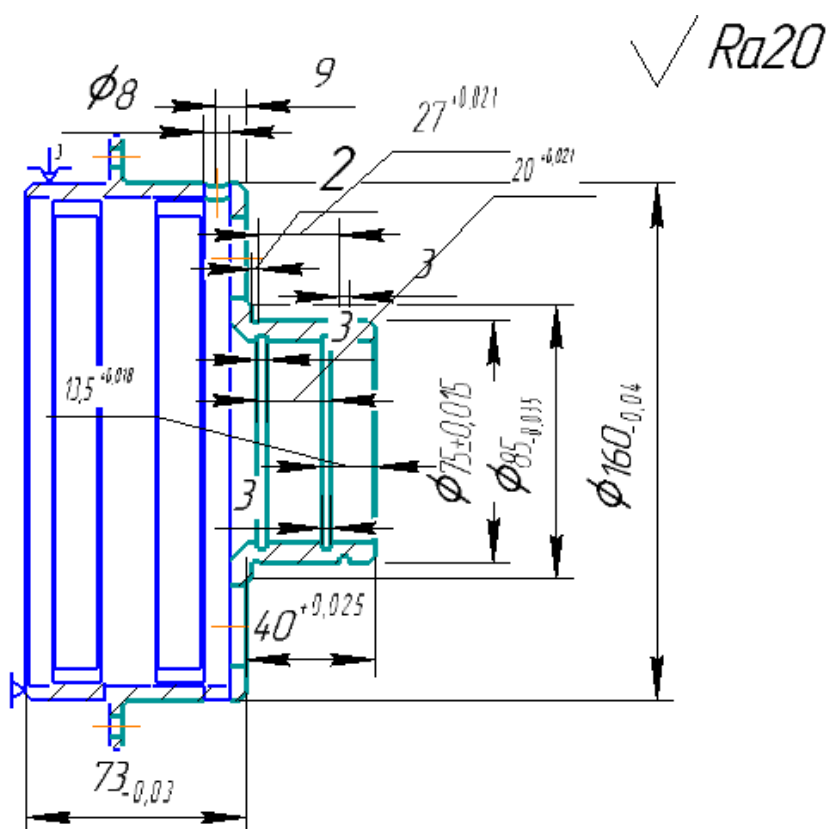


Рисунок 25 – Операционный эскиз 025 операции

030 Зубодолбежная операция с ЧПУ

Идет нарезание зубьев заданного делительного диаметра (рисунок 26).

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

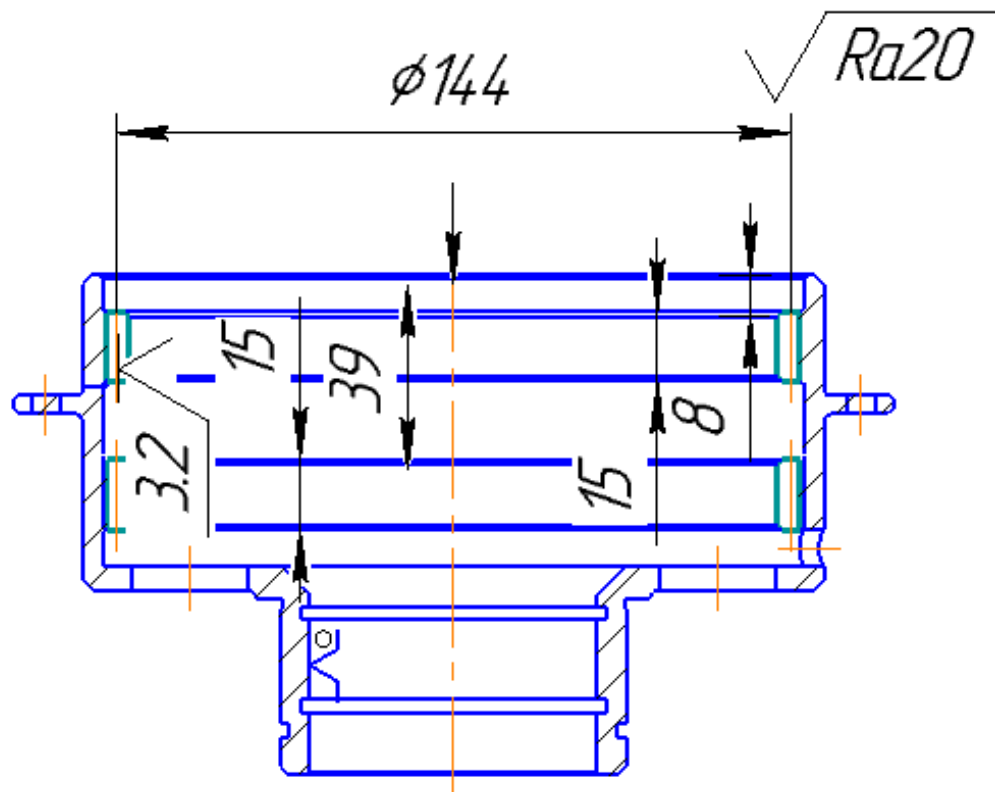


Рисунок 26 – Операционный эскиз 030 операции

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:

$$\Delta_{\min} = Df + Rz,$$

где Df – величина дефектного слоя, мм;

Rz – шероховатость с предшествующей операции, мм.

$Df = 0,08$ мм;

$Rz = 4 * Ra = 4 * 0,08 = 0,32$ 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.

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

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-М.

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 [44] (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

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

Значение частоты вращения шпинделя n_T для табличных значений скорости резания V_T определяется по формуле:

$$n_T = \frac{1000 \cdot V_T}{\pi \cdot D_T};$$

Подставляя, получается:

$$n_T = \frac{1000 \cdot 17,6}{3,14 \cdot 25} = 224 \text{ об/мин}$$

Табличные значения режимов резания корректируются в зависимости от измененных условий работы по формулам корректировки, приведенные в карте [52]. Значение коэффициентов выбирают из карты [53]

Подачу корректируют по формуле:

$$S_o = S_{OT} \cdot K_{SM};$$

Коэффициент K_{SM} выбирается по карте [53], лист 1.

Для углеродистой стали (240 НВ): $K_{SM} = 0,85$

С учетом коэффициента получаем:

$$S_o = 0,42 \cdot 0,85 = 0,357 \text{ мм/об}$$

Скорость корректируется по формуле:

$$V = V_T \cdot K_{VM} \cdot K_{V3} \cdot K_{VЖ} \cdot K_{VT} \cdot K_{VW} \cdot K_{VU} \cdot K_{VL} \cdot K_{VN};$$

По карте [53] выбирают коэффициенты:

- $K_{VM} = 0,85$
- $K_{V3} = 1$
- $K_{VЖ} = 1$
- $K_{VT} = 1$
- $K_{VW} = 1$
- $K_{VU} = 2,2$
- $K_{VL} = 1$
- $K_{VN} = 1$

Получаем:

$$V = 17,6 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2,2 \cdot 1 \cdot 1 = 32,9 \text{ м/мин}$$

Рассчитывается скорректируемая частота вращения по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot 32,9}{3,14 \cdot 25} = 418,9 \text{ об/мин}$$

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

Скорость резания V_s определяется по формуле:

$$V_s = S \cdot n = 0,357 \cdot 418,9 = 149,5 \text{ м/мин}$$

Данный тип станка имеет бесступенчатое переключение скоростей, поэтому:

$$V_s = V_\phi.$$

Корректировка табличных значений мощности резания и осевой силы для сверления осуществляется по формуле:

$$N = \frac{N_T}{K_{NM}},$$

$$P = \frac{P_T}{K_{PM}}.$$

По карте [53] выбирают поправочные коэффициенты:

$$K_{NM} = K_{PM} = 0,85$$

Отсюда получается:

$$N = \frac{2,5}{0,85} = 2,84 \text{ кВт}$$

$$P = \frac{10665}{0,85} = 12547 \text{ Н.}$$

Данные показатели не превышают данных по станку, следовательно, режимы резания осуществимы на станке.

Длина подвода, врезания и перебег:

- длина подвода $l_1 = 3$ мм.
- длина врезания и перебега $(l_2 + l_3) = 10$ мм.

Длина подвода:

$$L_{\text{общ}} = 6 + 10 + 3 = 19 \text{ мм.}$$

Определение основного времени цикла автоматической работы станка по программе определяется по формуле:

$$T_o = \frac{L_{\text{общ}} \cdot i}{S_{\text{мин}} \cdot n},$$

где $L_{\text{общ}}$ – общая длина пути, пройденная инструментом,

i – число проходов,

$S_{\text{мин}}$ – минутная подача.

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

Отсюда:

$$T_0 = \frac{19 \cdot 1}{0,357 \cdot 418,9} = 0,127 \text{ мин}$$

Расчет вспомогательного времени можно рассчитать по формуле:

$$T_B = T_{\text{ВИ}} + T_{\text{ВЗ}},$$

где $T_{\text{ВИ}}$ – время на смену инструмента ($T_{\text{ВИ}} = 0$ мин, т.к. используются револьверная головка и весь инструмент предварительно установлен),

$T_{\text{ВЗ}}$ – вспомогательное-заключительное время ($T_{\text{ВЗ}} = 0,5$ мин, для детали массой менее 3кг в 3-ех кулачковый патрон).

Подставляя значения в формулу, получается:

$$T_B = 0 + 0,5 = 0,5 \text{ мин.}$$

Штучное время определяется по формуле:

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_B + T_{\text{обсл}} + T_{\text{отд}},$$

где $T_{\text{обсл}}$ – время обслуживания рабочего места, $T_{\text{отд}}$ – время перерывов на отдых и личные надобности рабочего; оно устанавливается в зависимости от условий выполнения работы.

Получаем:

$$T_{\text{шт}} = 0,127 + 0,5 + 0,1(0,127 + 0,5) = 0,689 \text{ мин};$$

Аналогично для $\varnothing 6,5$ и $\varnothing 8$ (итого 11 отверстий)

Точение внешнего контура.

Максимальный диаметр заготовки $\varnothing 195$ мм. Требуется снять 5мм, разделим на 4 прохода: 2 черновых и 2 чистовых.

$S_o = 1,13$ мм/об (карта [3]);

$V_T = 94$ м/мин (карта [21]).

Рассчитаем частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V_T}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 94}{3,14 \cdot 195} = 153,5 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Зная подачу и частоту вращения шпинделя, рассчитаем минутную подачу:

$$S_M = S_o \cdot n = 1,13 \cdot 153,5 = 173,5 \text{ мм/мин}$$

Подсчитаем суммарный пройденный путь инструментом:

$$\sum l_i = 26 + 30 + 4 + 43 + 40 + 85 + 10 = 228 \text{ мм}$$

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

Основное время получим:

$$T_o = \frac{228 \cdot 4}{173,5} = 5,25 \text{ мин}$$

Вспомогательное время:

$$T_B = 0 + 0,5 = 0,5 \text{ мин.}$$

Штучное время:

$$T_{шт} = 5,25 + 0,5 + 0,1(5,25 + 0,5) = 6,32 \text{ мин};$$

Подрезка торца.

Максимальный диаметр заготовки $\varnothing 165$ мм. Требуется снять 5мм, разделим на 6 проходов.

$$S_o = 0,63 \text{ мм/об (карта [3]);}$$

$$V_T = 99 \text{ м/мин (карта [21]).}$$

Рассчитаем частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V_T}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 99}{3,14 \cdot 165} = 191 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Зная подачу и частоту вращения шпинделя, рассчитаем минутную подачу:

$$S_M = S_o \cdot n = 0,63 \cdot 191 = 120,4 \text{ мм/мин}$$

Подсчитаем суммарный пройденный путь инструментом:

$$\sum l_i = 10 + 30 = 40 \text{ мм}$$

Основное время получим:

$$T_o = \frac{40 \cdot 6}{120,4} = 1,99 \text{ мин}$$

Вспомогательное время:

$$T_B = 0 + 0,5 = 0,5 \text{ мин.}$$

Штучное время:

$$T_{шт} = 1,99 + 0,5 + (1,99 + 0,5) = 2,73 \text{ мин};$$

Растачивание внутренней поверхности.

Максимальный диаметр заготовки $\varnothing 165$ мм. Требуется снять 2,5 мм, разделим на 7 проходов.

$$S_o = 0,28 \text{ мм/об (карта 93)];}$$

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

$V_T = 167$ м/мин (карта [21]).

Рассчитаем частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V_T}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 167}{3,14 \cdot 165} = 316,5 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Зная подачу и частоту вращения шпинделя, рассчитаем минутную подачу:

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,28 \cdot 316,5 = 88,6 \text{ мм/мин}$$

Подсчитаем суммарный пройденный путь инструментом:

$$\sum l_i = 10 + 108 = 118 \text{ мм}$$

Основное время получим:

$$T_0 = \frac{118 \cdot 7}{88,6} = 9,32 \text{ мин}$$

Вспомогательное время:

$$T_B = 0 + 0,5 = 0,5 \text{ мин.}$$

Штучное время:

$$T_{\text{шт}} = 9,32 + 0,5 + (9,32 + 0,5) = 10,8 \text{ мин;}$$

Фрезерование паза $S = 3$ мм.

При фрезеровании дисковыми фрезами выполняемые размеры зависят от геометрических параметров режущего инструмента.

По карте [95] определяем поправочные коэффициенты для ширины фрезерования 3 мм, глубины фрезерования 2 мм:

- $K_{SM} = 0,65$
- $K_{Si} = 1$
- $K_{Sz} = 1,3$
- $K_{sw} = 1$

Зная поправочные коэффициенты, подачу можно рассчитать по формуле:

$$S = S_0 \cdot K_{SM} \cdot K_{Sz} \cdot K_{Si} \cdot K_{sw},$$

По карте [96]:

- $S_0 = 0,4$ мм/мин;
- $V_T = 24$ м/мин.

Получаем:

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		41

$$S_z = 0,4 \cdot 0,65 \cdot 1,13 \cdot 1 = 0,34 \text{ мм/мин}$$

Рассчитаем частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V_T}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 24}{3,14 \cdot 66} = 115,8 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Перевод подачи в минутную:

$$S_M = S_z \cdot Z \cdot n,$$

где S_z – подача на зуб,

Z – число зубьев.

Подставляя, получим:

$$S_M = 0,34 \cdot 12 \cdot 115,8 = 472,4 \text{ мм/мин}$$

Подсчитаем суммарный пройденный путь инструментом:

$$\sum l_i = \pi \cdot D + 10 = 3,14 \cdot 160 + 10 = 512,4 \text{ мм}$$

Основное время получим:

$$T_O = \frac{512,4 \cdot 1}{472,4} = 1,08 \text{ мин}$$

Вспомогательное время:

$$T_B = 0 + 0,5 = 0,5 \text{ мин.}$$

Штучное время:

$$T_{шт} = 1,08 + 0,5 + (1,08 + 0,5) = 1,73 \text{ мин};$$

Зубодолбежная операция.

Осуществляется в два прохода (черновой и чистовой).

$S_o = 0,23$ мм/об (чистовая обработка для $R_a = 3,2$ мкм).

Расчет скорости резания ведется по формуле:

$$V = \frac{n+1 \sqrt{\frac{102 \cdot 60 \cdot N_{\text{станка}} \cdot \eta_{\text{станка}} \cdot \delta_{\text{изм}}}{C_p \cdot t^x \cdot S_y \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{y p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\text{mat} D}}}}{T^{0,25}} \cdot K_V = 24,08 \text{ м/мин}$$

Поправочный коэффициент K_V рассчитывается по формуле:

$$K_V = K_{\varphi V} \cdot K_{\text{заг}} \cdot K_{\text{инстр}} \cdot K_y \cdot K_{\text{mat} V} = 1,12$$

Поправочные коэффициенты и данные для расчета:

- $N_{\text{станка}} = 5,5$ кВт (мощность станка);
- $\eta_{\text{станка}} = 0,85$ (КПД станка);

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

- $\delta_{\text{изм}} = 0,85$ (погрешность измерения);
- $t = 30$ мм (глубина нарезания зубьев);
- $T = 60$ мин (стойкость станка);
- $S = 0,23 \text{ ДВ}/\text{ходов}$ (подача);
- $C_p = 300$ (коэффициент силы резания);
- $x = 1$;
- $y = 0,75$;
- $n = -0,15$;
- $K_{\varphi V} = 1,4$;
- $K_{\text{заг}} = 0,8$;
- $K_{\text{инстр}} = 1$;
- $K_{\text{mat } V} = 1$;
- $K_{\varphi p} = 1,08$;
- $K_{yp} = 1$;
- $K_{\lambda p} = 1$;
- $K_{\text{mat } D} = 0,35$.

Получаем:

$$n = \frac{1000 \cdot V_T}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 24,08}{3,14 \cdot 175} = 43,82 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Зная подачу и частоту вращения шпинделя, рассчитаем минутную подачу:

$$S_M = S_o \cdot n = 0,23 \cdot 43,82 = 10 \text{ мм/мин}$$

Длина пути, пройденная инструментом:

$$\sum l_i = 550 \text{ мм}$$

Основное время получим:

$$T_o = \frac{550 \cdot 2}{10} = 110 \text{ мин}$$

Расчет вспомогательного времени:

Подставляя значения в формулу, получим:

$$T_B = 0 + 1,2 = 1,2 \text{ мин.}$$

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		43

Штучное время:

$$T_{шт} = 110 + 1,2 = 122,32 \text{ мин};$$

Все данные по операциям приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Нормы времени

№ операции	T _о , мин	T _в , мин	T _{шт} , мин
005	9,12	0,5	10,725
010	5,1	0,5	5,775
020	9,58	0,5	10,92
025	6,307	0,5	8,87
030	110	1,2	122,32

2.2.6 Выводы по разделу

Разработан проектный технологический процесс для детали «Колесо зубчатое», в котором учтены недочеты существующего технологического процесса и приведены возможные способы по улучшению.

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.

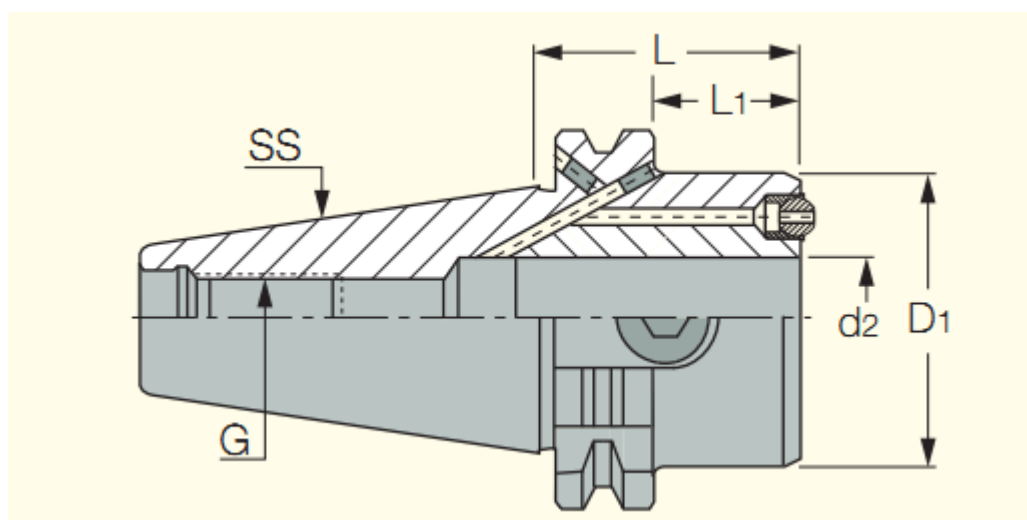


Рисунок 27 – Патрон DIN69871 – EM 16X 45C

Таблица 7 – Параметры патрона для концевой фрезы

SS	d ₂	D ₁	L	L ₁	G	Кг
40	16	48	45	25,9	M16	1,07

Для набора сверл ISCAR DCN R-1.5D диаметрами Ø25(±0,5) мм; Ø6,5мм; Ø8 мм; используем цанговые патроны ISKAR DIN69871 50 ER16X100 12 и ISKAR

DIN69871 50 ER40X100 В, для обеспечения большей точности при сверлении возможности подачи СОЖ в зону резания.

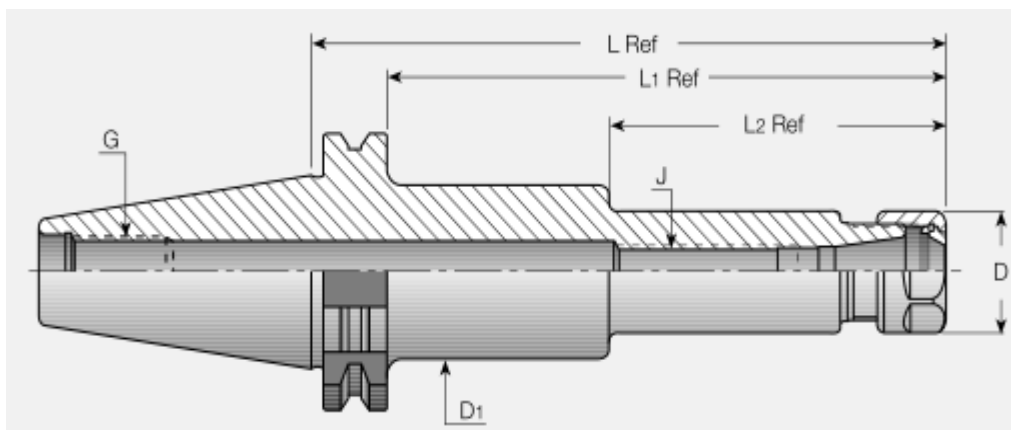


Рисунок 28 – Цанговый патрон ISCAR DIN69871 50 ER16X100 12

Таблица 8 – Параметры цангового патрона

Диапазон	L	L ₁	L ₂	D	D ₁	G	J
0.5-10	63	43.9	28	28	-	M12	M10
3-26	100	80,9	85	63	-	M24	M28

Для токарной обработки резцами ISCAR SSSCR 2525M-12 и ISCAR SLLNR 2525M-16HF применим резцедержатель осевой DIN 69880 C1 259.41.16



Рисунок 29 – Резцедержатель осевой DIN 69880 C1 259.41.16

Для расточной обработки резцом ISCAR S25T SLANR TANG применим держатель для расточных резцов формы E2: DIN 69880 E2 256.52.25



Рисунок 30 – Держатель для расточных резцов DIN 69880E2 256.52.25

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 +/- 0,0008 мм на 100 мм радиуса;
- Кратчайшие траектории, поскольку вращение происходит в обоих направлениях (максимальный угол поворота 180 градусов), повышенная эксплуатационная надежность, поскольку 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 31);

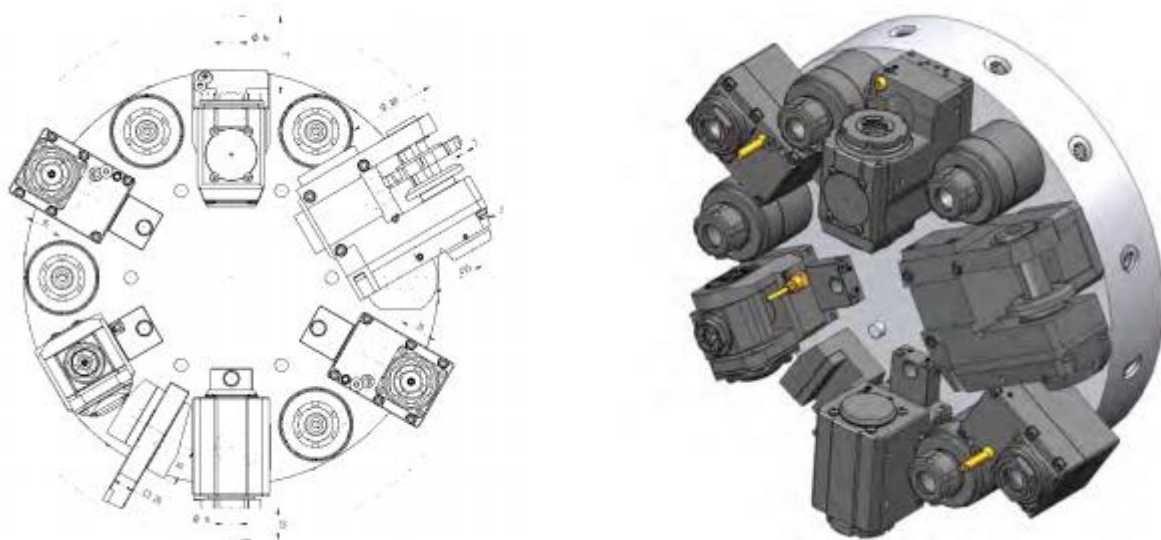


Рисунок 31 – Револьверная головка V 12M

По проектному варианту технологического процесса на 025 Комплексной операции с ЧПУ требуется просверлить отверстие $\varnothing 8$ 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 32).

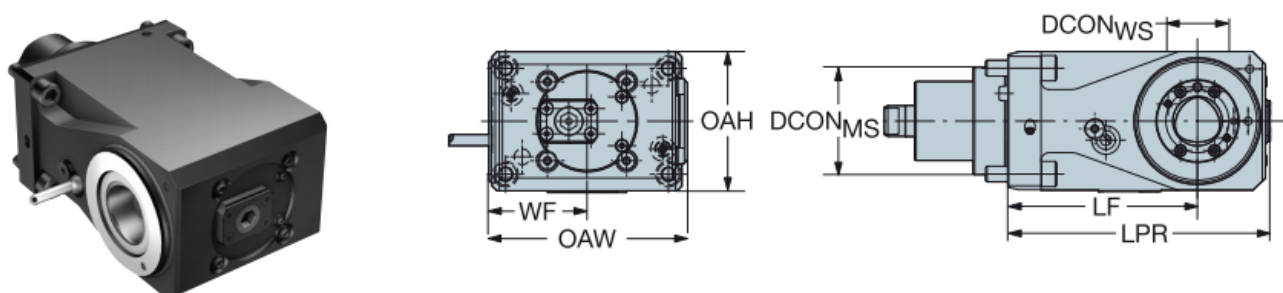


Рисунок 32 – Инструментальные блоки ВМТ-Р для приводного инструмента

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 мы выбрали 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.

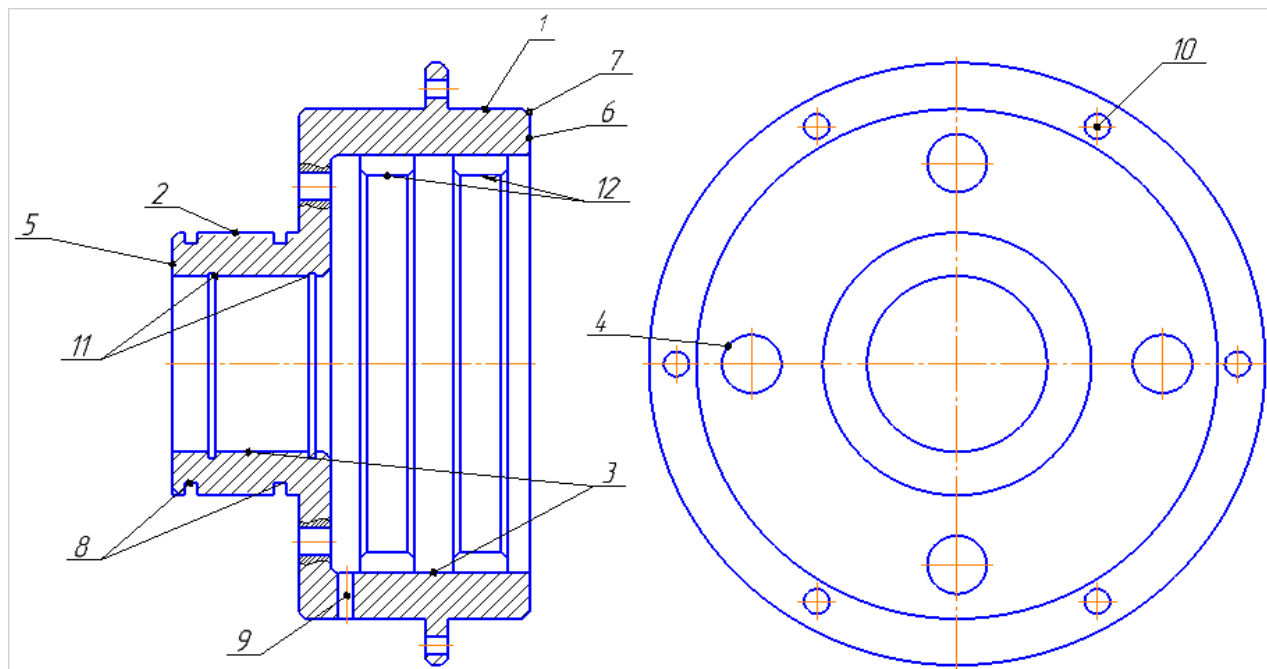


Рисунок 33 – Эскиз детали «Зубчатое колесо»

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

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

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 Т6К15.

Данный резец подходит не только для обработки диаметра, но и для торцевой обработки, поэтому поверхности 5 и 6 мы будем обрабатывать этим же резцом в соответствии с требованиями существующего технологического процесса.

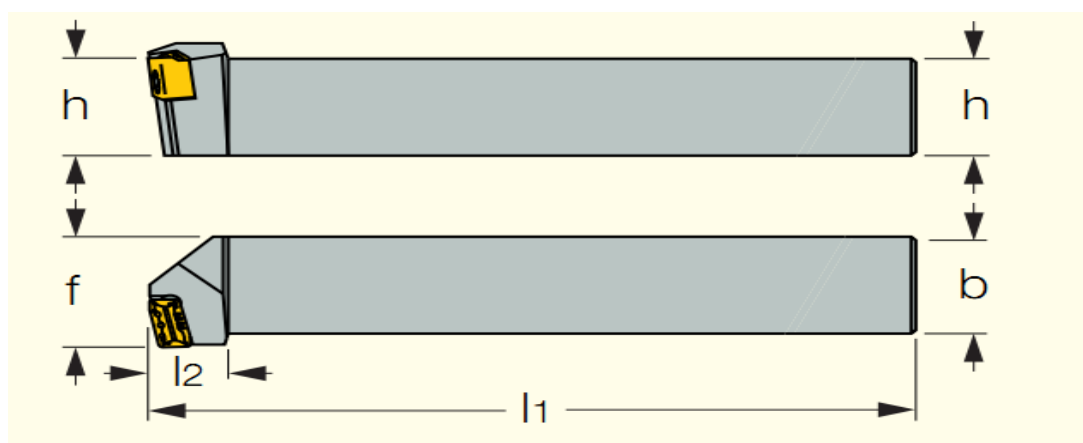


Рисунок 34 –Резец ISCAR SLLNR 2525M–16HF ($h=25\text{мм}$; $b=25\text{мм}$; $l_1=150\text{мм}$; $l_2=20\text{мм}$; $f=30,2\text{мм}$)

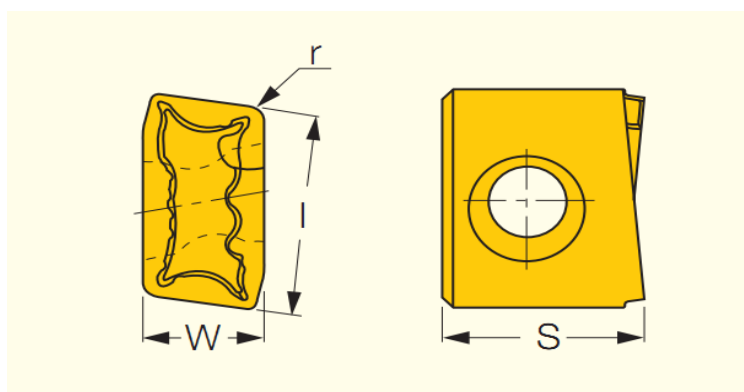


Рисунок 35– Пластинка ISCAR LNMX 1608R-HF ($W=8,5\text{мм}$; $S=14\text{мм}$; $l=16$; $r=1,2$)

Для обработки внутренней цилиндрической поверхности 3 используем расточной резец с винтовым тангенсальным креплением пластин LNMX с 4

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

режущими кромками для большего объема снятия металла, ISCAR S25T SLANR TANG (S-стальной хвостовик; 25-диаметр прутка; T-длина державки, 300мм; S-система крепления винтом; L-форма пластины, прямоугольная; A-угол в плане 90°; N-задний угол пластины, 0°; R-направление резания, правое), в сочетании с пластиной LNMX 110408L-НТ.

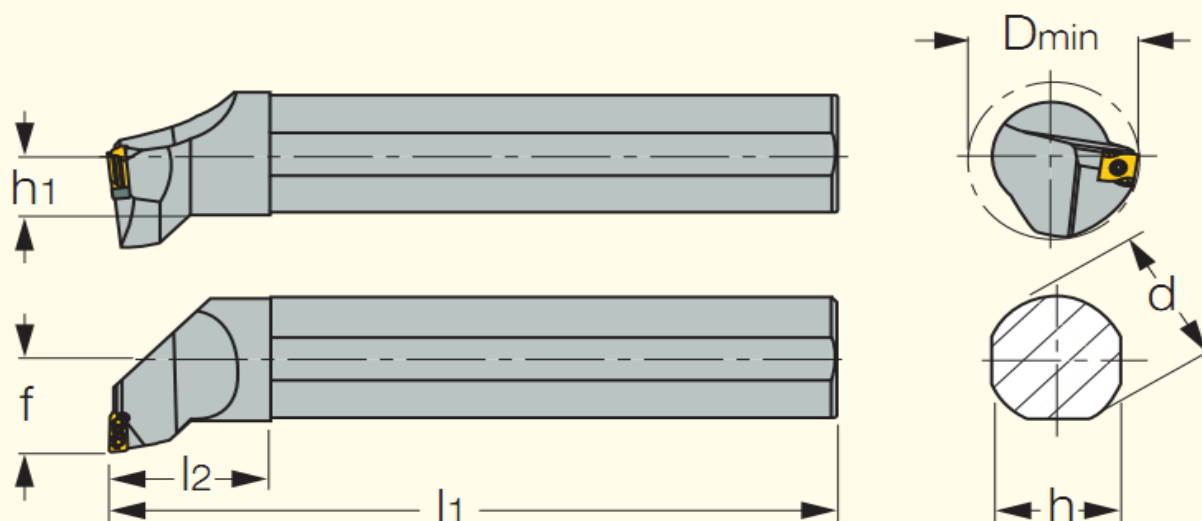


Рисунок 36 – Резец расточной ISCAR S25T SLANR TANG ($h=23\text{мм}$; $h_1=12,5$; $b=25\text{мм}$; $l_1=300\text{мм}$; $l_2=40\text{мм}$; $f=17\text{мм}$)

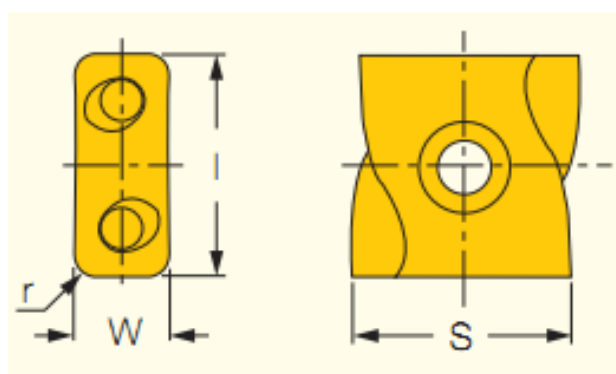


Рисунок 37 – Пластина ISCAR LNMX 110408L-НТ ($W=4,75\text{мм}$; $S=11,4\text{мм}$; $l=11$; $r=0,8$)

Для обработки поверхностей 10, 9 и 4 необходимо использование инструмента типа «Сверло». Ведется обработка $\text{Ø}6,5\text{мм}$; $\text{Ø}10\text{мм}$ и $\text{Ø}25\text{мм}$, соответственно. Используем сверла со сменными головками с каналами подвода охлаждающей жидкости, хвостовик с лыской, глубиной резания $1,5xD$. Сменные головки типа ICP подходят для обработки углеродистой и легированной стали, материал пластин по ISO – IC908, аналогом данного материала является ВК6М.

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

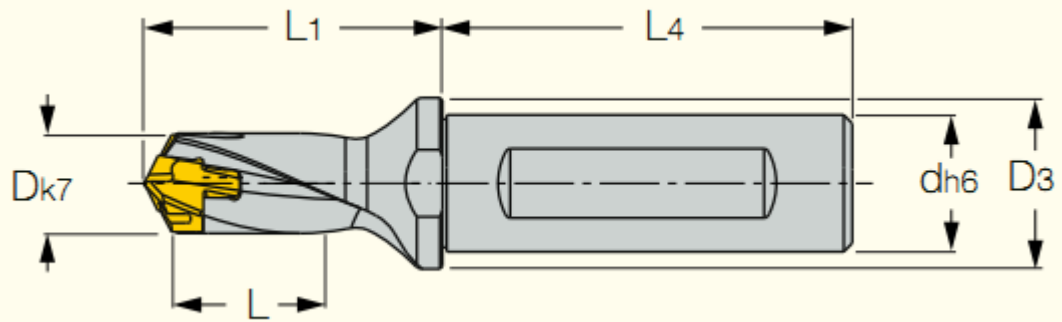


Рисунок 38– Сверло ISCAR DCN R-1.5D.

В табл. 9 укажем требуемые сверла и их параметры.

Таблица 9 – Сверла ISCAR DCN R-1.5D (мм)

№ пов.	Обозначение	D _{обр}	L	d	D ₃	L ₁	L ₄
10	DCN 065-010-12A-1,5D	6,5	10	12	16	24,1	45
9	DCN 080-012-12A-1,5D	8	12	12	16	27,9	45
4	DCN 250-038-12A-1,5D	25	38	32	42	77	60

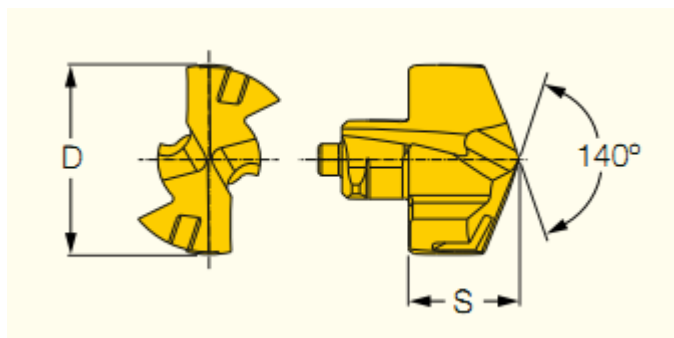


Рисунок 39 – Головка ISCAR ICP

В табл. 10 укажем параметры сменных головок.

Таблица 10 – Головка ISCAR ICP

№ поверхности	D (мм)	S (мм)
10	6,5	4,3
9	8	5,4
5	25	14,5

Для обработки поверхности 7 используем державку с углом в палне 45° и винтовым крепелением квадратных пластин с задним углом 7°. Наименование державки: SSSCR 2525M-12 (S-стальной хвостовик; S- форма пластины, квадрат; S-угол в плане 45°; C-задний угол 7°; R-направление резания, правое; 25-диаметр прутка; M- длина державки, 150мм; 12-размер пластины), вместе со сменной пластиночкой SCMT 09T308-19. Материал пластинки – IC635 (T15K6).

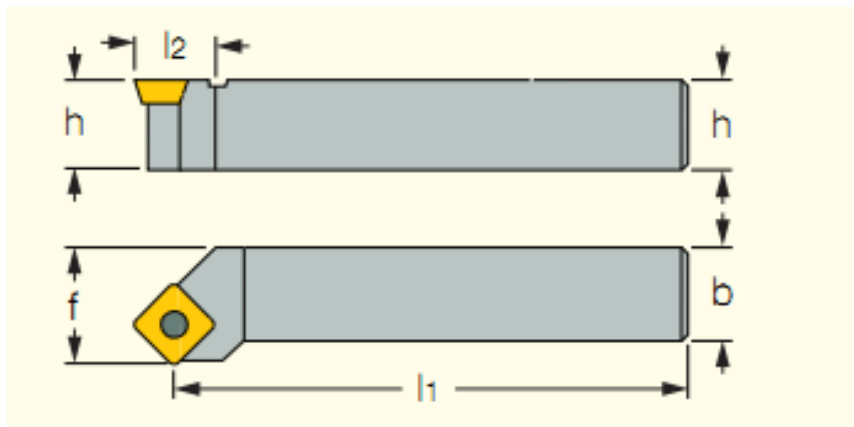


Рисунок 40 – Резец ISCAR SSSCR 2525M-12 ($h=25\text{мм}$; $b=25\text{мм}$; $l_1=150\text{мм}$; $l_2=25\text{мм}$; $f=32\text{мм}$)

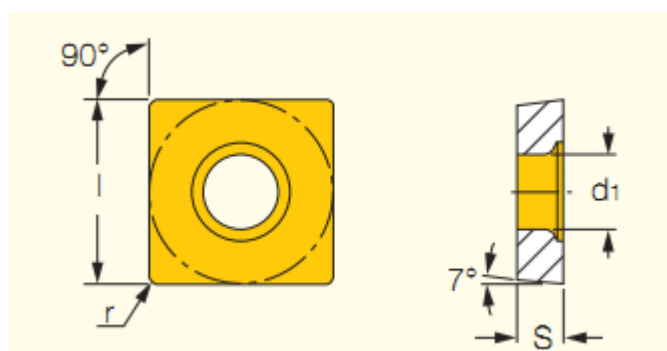


Рисунок 41 – Пластинка ISCAR SCMT 09T308-19 ($S=3,97\text{ мм}$; $r=0,8\text{ мм}$; $l=9,52\text{ мм}$; $d_1=4,4\text{ мм}$)

Поверхности 8 и 11 будет обрабатывать канавочной фрезой ISCAR ETS DO-03-W16-LN08, в качестве сменных пластин ISCAR LNET 083004-TN-N. Материал пластинки – IC3028 по стандартам ISO, соответствует аналогу материала карбидно-титановой группы Т6К15. Данные на канавочную фрезу представлены в табл. 11.

Таблица 11 – Данные фрезы ISCAR ETS DO-03-W16-LN08

Обозначение	D	$a_p \text{ min}$	$a_p \text{ max}$	T_{max}	d	Хвостовик	L	Z	Zэфф
ETS D032-03-W16-LN08	32.00	3.00 ⁽²⁾	3.00 ⁽²⁾	7.90	16.00	W	90.00	4	2

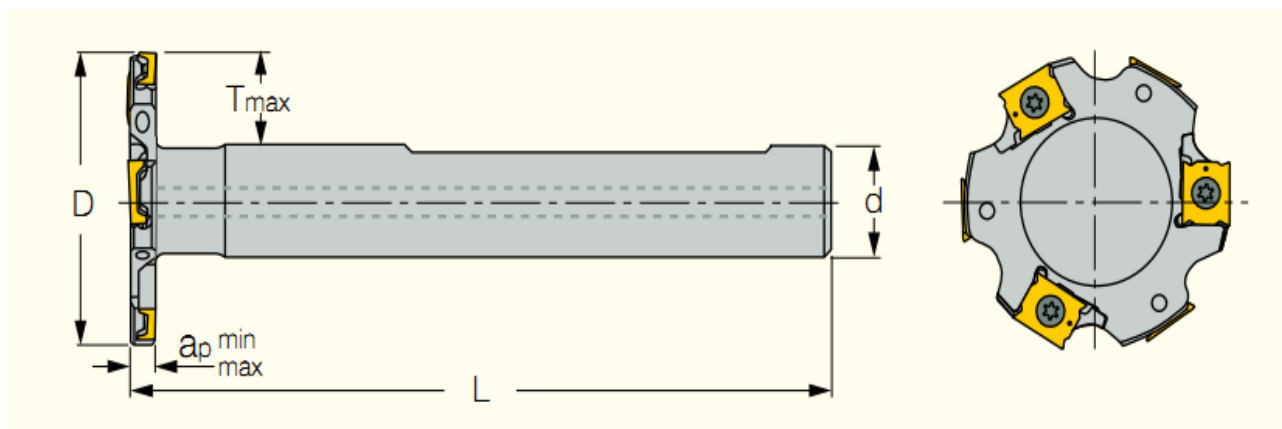


Рисунок 42 – Фреза ISCAR ETS DO-03-W16-LN08

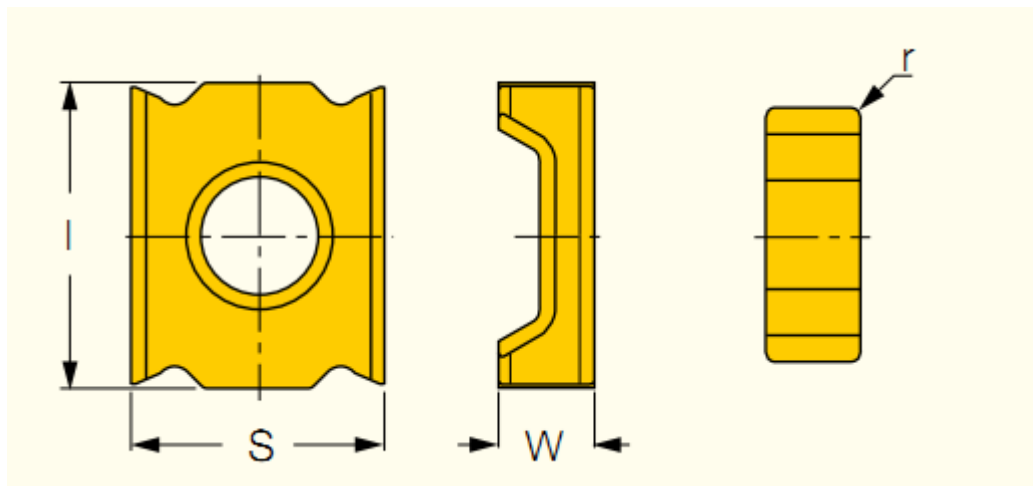


Рисунок 43 – Пластика ISCAR LNET 083004-TN-N ($S=6,85$ мм; $r=0,4$ мм; $l=8,4$ мм; $W=3$ мм)

3.4 Проектирование и расчет применяемого режущего инструмента

Эвольвентные зубчатые колеса самые распространенные детали машиностроения. Нарезание эвольвентных зубьев производится методом копирования или огибания. Для обработки прямозубых колес принимают инструменты, работающие по методу огибания. В этом случае профиль зубьев нарезаемого колеса получится как огибающего ряда последовательных положительных режущих кромок инструмента. В зависимости от требуемой точности нарезаемого зубчатого колеса по ГОСТ 1643-81 рекомендуют следующую степень точности долбяка по ГОСТ 9323-79:

Класс А – для обработки прямозубых колес 7-й степени точности.

Для обработки выбираем инструмент типа «Долбяк». Расчетами определим параметры зубчатого венца долбяка: наружный и внутренний диаметры; диаметры основной и делительной окружностей; высоту головки и ножки зуба; толщину зуба по дуге делительной окружности и при вершине в исходном сечении и в плоскости передней грани; скорректированный угол зацепления; допустимую величину стачивания долбяка. Остальные параметры конструкции принимаем по стандартам.

В связи с тем, что при нарезании зубчатых колес долбяк работает с большой ударной нагрузкой, инструментальный материал должен обладать большой ударной вязкостью, невысоким баллом карбидной неоднородности. Такими свойствами обладают следующие материалы: P6M5, P6AM5, P9M5Ф3.

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

Выбираем сталь – Р9М5Ф3, т.к. будут применены повышенные нагрузки режимов резания и данная сталь отлично подходит для чистовых проходов.

Исходные данные детали представлены в табл. 12.

Таблица 12 – Исходные данные детали

Наименование параметра	Обозначение	Численное значение
Модуль, мм	m	2
Число зубьев	z	72
Коэффициент смещения исходного контура	x	0
Угол профиля исходного контура, град	α	20
Параметры сопряженного колеса:		
Число зубьев	z_k	18
Коэффициент смещения исходного контура	x_k	0
Степень точности	–	7-Д

В качестве исходных данных задаются следующими параметрами нарезаемых колес: число зубьев z_1 и z_2 , модуль m , угол профиля α_∂ , коэффициент головки зуба f , припуск под последующую обработку Δ .

Остальные размеры нарезаемых колес рассчитываются по следующим зависимостям.

Торцовый профильный угол и модуль колеса:

$$tg\alpha_{\partial s} = \frac{tg\alpha_\partial}{\cos\beta_\partial}; \quad m_s = \frac{m}{\cos\beta_\partial}.$$

Делительные диаметры:

$$d_{\partial 1} = mz_1; \quad d_{\partial 2} = mz_2.$$

Межосевое расстояние в зубчатой передаче:

$$A_{1,2} = \frac{m(z_1 + z_2)}{2} = \frac{d_{\partial 1} + d_{\partial 2}}{2}$$

Действительный угол зацепления в передаче:

$$\cos \alpha_{s1,2} = \frac{(d_{\partial 1} + d_{\partial 2}) \cos \alpha_{\partial s}}{2A_{1,2}}$$

где $A_{1,2}$ — заданное межосевое расстояние в зубчатой передаче.

Высота головки зуба:

$$h_{a1} = mf,$$

$$h_{a2} = mf$$

Высота ножки зуба:

$$h_{f1} = m + c, \quad h_{f2} = m + c$$

где c — радиальный зазор, $c = 0,25 m$.

Диаметры вершин зубьев:

$$d_{a1} = d_{\partial 1} + 2h_{a1}; \quad d_{a2} = d_{\partial 2} + 2h_{a2}.$$

Диаметры окружности впадин:

$$d_{f1} = d_{\partial 1} - 2h_{f1}; \quad d_{f2} = d_{\partial 2} - 2h_{f2}.$$

Диаметры основных окружностей колес:

$$d_{o1} = d_{\partial 1} \cos \alpha_{\partial s}; \quad d_{o2} = d_{\partial 2} \cos \alpha_{\partial s}.$$

Число зубьев долбяка:

$$z_u = \frac{d_{\partial u}}{m}.$$

Если полученное число зубьев дробное, то его округляют до ближайшего большего четного целого и корректируют.

Расчетный диаметр основной окружности:

$$d_{ou} = d_{\partial u} \cos \alpha_{\partial s}.$$

Высота головки зуба долбяка:

$$h'_{au} = h_f.$$

Высота ножки зуба долбяка:

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

$$h'_{fu} = h_{a1} + c.$$

Толщина зуба по дуге делительной окружности:

$$\text{а) при } \Delta \neq 0 \quad S'_{\partial u} = \frac{\pi m}{2} - \Delta;$$

$$\text{б) при } \Delta = 0 \quad S'_{\partial u} = \frac{\pi m}{2} + \Delta S,$$

Диаметр вершин зубьев долбяка в исходном сечении:

$$d'_{au} = d_{\partial u} + 2h_{au} = d_{\partial 1} + d_{\partial u} - d_{f1}$$

Угол давления на головке зуба (угол профиля зуба долбяка в точке на окружности вершин):

$$\cos \alpha'_{au} = \frac{d_{ou}}{d'_{au}},$$

Толщина зуба на вершине в исходном сечении

$$S'_{au} = d'_{au} \left(\frac{S'_{\partial u}}{d_{\partial u}} + \text{inv} \alpha_{\partial s} - \text{inv} \alpha'_{au} \right), \quad \text{inv} \alpha = \text{tg} \alpha - \alpha$$

Наличие переднего и заднего углов режущей части долбяков приводит к искажению эвольвентного профиля режущей кромки и соответственно снижает точность профиля зубьев нарезаемых колес. Для уменьшения этого искажения производят коррекцию угла профиля долбяка, определяя его в зависимости от величины принятых переднего и заднего углов.

$$\text{tg} \alpha_{uo} = \frac{\text{tg} \alpha}{1 - \text{tg} \gamma_a \text{tg} \alpha_a}.$$

Боковой задний угол в плоскости, параллельной оси долбяка:

$$\text{tg} \delta_{бок} = \frac{\text{tg} \delta_n}{\cos \alpha_{\partial s}},$$

где δ_n берется в пределах $2^\circ 30' - 3^\circ$.

Расстояние от передней поверхности нового долбяка до исходного сечения считается положительным исходным расстоянием, а от торца сточенного долбяка до исходного сечения – отрицательным.

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

При расчете долбяка необходимо стремиться к выбору максимально допустимого исходного расстояния, так как при этом повышается качество обрабатываемой поверхности, точность профиля нарезаемого колеса и количество возможных переточек.

Однако на выбор исходного расстояния накладываются ограничения, связанные с тем, что при увеличении положительного смещения исходного контура:

а) уменьшается толщина зуба долбяка по окружности вершин, что приводит к потере прочности зуба долбяка или его быстрому износу;

б) происходит увеличение переходных кривых профилей зубьев нарезаемых колес, что приводит к интерференции профилей в зацеплении, то есть увеличивается опасность неправильного касания профилей вне активного участка линии зацепления.

Станочный угол зацепления переточенного долбяка, гарантирующий отсутствие среза и неполной обработки вершины зубьев колеса неэвольвентной частью профиля зуба колеса, определяется по формулам:

$$\operatorname{tg} \alpha'_c = \frac{2(\rho_{1\text{наиб}} + \rho_u)}{d_{o1} + d_{ou}}, \quad 2\rho_{1\text{наиб}} = \sqrt{d_{a1}^2 - d_{o1}^2},$$

где $\rho_{1\text{наиб}}$ - наибольший радиус кривизны профиля зуба нарезаемого колеса (рисунок 2);

ρ_u - наименьший допустимый радиус кривизны профиля зуба долбяка, принимаемый равным: $\rho_u = 2$ мм при $d_{du} = 50$ мм, $\rho_u = 3$ мм

при $d_{du} = 75$ мм; $\rho_u = 5$ мм при $d_{du} = 100$ мм.

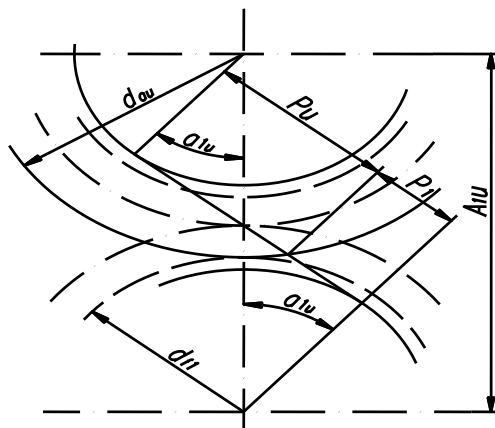


Рисунок 44 – Зацепление нового долбяка с колесом

Станочный угол зацепления переточенного долбяка, определяющий начало подреза ножки зуба колеса (расчет производится, если $d_{f1} < d_{o1}$).

$$\cos \alpha_c'' = \frac{2d_{f1}(d_{o1} + d_{ou})}{(d_{o1} + d_{ou})^2 + d_{f1}^2 - d_{ou}^2},$$

где d_{f1} — диаметр окружности впадин зубьев колеса.

Максимальное отрицательное исходное расстояние предельно сточенного долбяка:

$$a_c = \frac{(\operatorname{inv} \alpha_c - \operatorname{inv} \alpha_{\partial s})(d_{\partial 1} + d_{\partial u})}{2 \operatorname{tg} \delta_{\text{бок}}},$$

где α_c — наибольший из углов α_c' и α_c'' , найденных выше.

Станочный угол зацепления нового долбяка, определяющий полную обработку рабочей части профиля зуба колеса:

$$\cos \alpha_n' = \frac{2(d_{o1} + d_{ou})(d_{f1} - 2\rho_1 \sin \alpha_{\partial s})}{(d_{o1} + d_{ou})^2 + d_{f1}^2 - d_{ou}^2 - 4\rho_1^2},$$

где ρ_1 — радиус кривизны профиля зуба колеса в точке начала активной части (рис.16).

$$2\rho_1 = 2A_{1,2} \sin \alpha_{s1,2} - \sqrt{d_{a2}^2 - d_{o2}^2},$$

где $\alpha_{s1,2}$ — действительный угол зацепления в передаче:

$$\cos \alpha_{s1,2} = \frac{(d_{\partial 1} + d_{\partial 2}) \cos \alpha_{\partial s}}{2A_{1,2}}.$$

Положительное исходное расстояние, определяющее полную обработку рабочей части профиля зуба колеса:

$$a_n' = \frac{(\operatorname{inv} \alpha_n' - \operatorname{inv} \alpha_{\partial s})(d_{\partial 1} + d_{\partial u})}{2 \operatorname{tg} \delta_{\text{бок}}}.$$

Расчетный задний угол по верху долбяка:

$$\operatorname{tg} \delta' = \frac{(d_{o1} + d_{ou})(\cos \alpha_c - \cos \alpha_n')}{2(a_n' - a_c) \cos \alpha_c \cos \alpha_n'}$$

Исходное расстояние, лимитируемое заострением зуба долбяка:

$$a_n'' = \frac{\left(S_{au}' - \frac{S_{au}}{\cos \beta_{\partial}} \right) d_{au}'}{2(d_{au}' \operatorname{tg} \alpha_{au}' - S_{au}') \operatorname{tg} \delta' - \frac{d_{au}^2}{d_{\partial u}} 2 \operatorname{tg} \delta_{\text{бок}}},$$

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

где S_{au} — задаваемая толщина зуба долбяка на вершине.

Максимально возможная величина стачивания долбяка вдоль его оси:

$$H = |a_n| + |a_c|,$$

где a_n — наименьшая из a_n' и a_n'' .

Принимаемое положительное исходное расстояние (рекомендуемое)

$a = a_n$, если $H < B_p'$; $a = 0,5 B_p'$, если $a_n > 0,5 B_p'$, и $|a_c| > 0,5 B_p'$, $a = B_p' +$
 $+ a_c$, если $|a_c| \ll 0,5 B_p'$; B_p' — максимально допустимая рабочая высота

долбяка по технологическим возможностям его шлифования.

Станочный угол зацепления нового долбяка:

$$\text{inv}\alpha_n = \text{inv}\alpha_{os} + \frac{a 2 \text{tg} \delta_{бок}}{d_{o1} + d_{ou}}.$$

Наружный диаметр нового долбяка

$$d_{au} = \frac{d_{o1} + d_{ou}}{\cos \alpha_n} - d_{f1}.$$

Станочный угол зацепления предельно сточенного долбяка

$$\text{inv}\alpha_c = \text{inv}\alpha_n + \frac{B_p 2 \text{tg} \delta_{бок}}{d_{o1} + d_{ou}},$$

где B_p — принимаемая величина стачивания; $B_p = B_p'$, если $H \geq B_p'$ и $B_p =$
 H , если $H < B_p'$.

Уточненный (чертежный) задний угол по верху:

$$\text{tg} \delta = \frac{(d_{o1} + d_{ou})(\cos \alpha_c - \cos \alpha_n)}{2 B_p \cos \alpha_c \cos \alpha_n}$$

Принимаемая высота долбяка:

$$B_u = B_p + b,$$

Толщина зуба на делительной окружности по нормали:

$$S_{ou} = S'_{ou} + a 2 \text{tg} \delta_{бок}.$$

Высота головки зуба долбяка по передней поверхности:

$$h'_{au} = \frac{d_{au} - d_{ou}}{2 \cos \gamma}.$$

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

Полная высота зуба долбяка:

$$h_u = h + 0,3m,$$

где h — высота зуба колеса.

Корректированный торцовый профильный угол долбяка для уменьшения искажения профиля колеса от наличия переднего и заднего углов:

$$\operatorname{tg} \alpha' = \operatorname{tg} \alpha_{\partial} + \operatorname{tg} \gamma \operatorname{tg} \delta_{\text{бок}}.$$

Станочный угол зацепления долбяка и нарезаемого колеса:

$$\operatorname{inv} \alpha_{1,u} = \operatorname{inv} \alpha_{\partial} + \frac{S_{\partial 1} + S_{\partial u} - \pi m}{m(z_1 + z_u)}.$$

Межцентровое расстояние долбяка и нарезаемого колеса:

$$2A_{1,u} = \frac{m(z_1 + z_u) \cos \alpha_{\partial}}{\cos \alpha_{1,u}}.$$

Диаметр окружности впадин зубьев колеса после, нарезания долбяком:

$$d_f = 2A_{1,u} - d_{au}.$$

Должно быть $d_f \leq d_{f1}$.

Угол зацепления нарезаемого и сопряженного с ним колес в зубчатой передаче:

$$\cos \alpha_{1,2} = \frac{m(z_1 + z_2) \cos \alpha_{\partial}}{2A_{1,2}}.$$

Диаметр теоретической основной окружности долбяка:

$$d_{ou} = d_{du} \cos \alpha_{\partial}.$$

Радиус кривизны профиля зубьев колеса в точке начала активной части:

$$2\rho_1 = 2A_{1,2} \sin \alpha_{1,2} - \sqrt{d_{a2}^2 - d_{o2}^2}.$$

Радиус кривизны профиля зубьев колеса после нарезания в точке начала обработки долбяком:

$$2\rho_{1u} = 2A_{1,u} \sin \alpha_{1,u} - \sqrt{d_{au}^2 - d_{ou}^2}.$$

Должно быть $\rho_{1u} < \rho_1$ при нарезании долбяком колеса внешнего зацепления.

Расчет параметров нарезаемого колеса представлен в табл. 13.

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

Таблиц 13 – Расчет параметров нарезаемого колеса

Наименование параметра	Обозначение	Численное значение
Расчетные параметры детали		
Делительный диаметр, мм	d	144
Ивалюта угла зацепления в передаче, рад	$\text{inv}\alpha_{tw}$	0,0149044
Угол зацепления в передаче: рад; град	α_{tw}	0,3525666;20,122081
Коэффициент уравнительного смещения	Δ_y	0,0025678
Диаметр (мм) окружности выступов колеса: нарезаемого; сопряженного	$d_a ; d_{ak}$	148; 40
Основные диаметры (мм) колес: нарезаемого; сопряженного	$d_b ; d_{bk}$	135,3157373; 33,82899343
Условие $1,01 d_b < d_a$	$136,66 < 148$	Выполняется
Межосевое расстояние в передаче, мм	A_{tw}	47,6467188
Диаметр впадин нарезаемого колеса, мм	d_f	139
Радиус (мм) кривизны эвольвенты на диаметре: вершин; начала активного участка профиля	$r_a ; r_p$	29,9735385; 27,0622597
Основной шаг, мм	P_b	5,9042628

Окончание таблицы 13.

Коэффициент перекрытия	ε	0,4930808
Наименьшее отклонение на толщину зуба	A_{ce}	0,038
Дополнительный коэффициент смещения исходного контура	Δx	-0,1315464
Действительный коэффициент смещения исходного контура	x_1	0,1315464
Ширина впадины максимальная	e_{max}	1,932365

Тип долбяка выбирают в зависимости от конкретных условий обработки или из табл. 3.1, стр.14 – «Долбяки». Из которой принимаем инструмент – долбяк хвостовой с $d_{o\text{ ном}}=38$ мм. Расчетное число зубьев 19. Получаем делительный диаметр $d_0=38$ мм, основной диаметр $d_{b0}=35,708319$ мм. Для выполнения последующих расчетов принимаем код зубчатого венца $K_1= -1$. Последующие этапы и результаты расчетов представлены в табл. 14.

Таблица 14 – Этапы расчетов параметров и размеров долбяка

Наименование параметра	Обозначение	Численное значение
Расчет положительного исходного состояния		
Коэффициенты уравнения для определения станочных углов зацепления из условий обработки диаметра впадин активного участка профиля	A	2,6235843
	B	1,08875567
	C	2,7909567
Станочный угол зацепления для нового инструмента, град	α_{twh}	11,8630138
Станочный угол зацепления для сточенного инструмента, град	α'_{twc}	33,1381977
Коэффициент смещения исходного контура	$x_{он}$	0,1315464

Окончание таблицы 14.

Толщина зуба по делительному диаметру, мм	S_o	3,3331085
Диаметр окружности выступов, мм	$d_{aон}$	43,6778636
Угол давления на головке зуба, град	$\alpha_{aон}$	35,770632
Окружная толщина зуба по верху долбяка, мм	S_{tao}	0,4781164
Минимальная допустимая окружная толщина зуба по верху долбяка, мм	$ S_{tao} $	0,5128
Условие $S_{tao} \geq S_{tao} $:	$S_{tao} < S_{tao} $, условие не выполняется	

Так как у нас не выполняется условие, то мы переходим к расчету положительного исходного расстояния из условия отсутствия заострения зубьев долбяка. Результаты отчетов представлены в табл. 15.

Таблица 15 – Расчет положительного исходного контура

Наименование параметра	Обозначение	Численное значение
Инвалюта станочного угла зацепления для исходного сечения, рад	$inv\alpha'_{tw}$	0,01667769
Станочный угол зацепления в исходном сечении: рад; град	α'_{twc}	0,37043758; 21,1328235
Диаметр окружности выступов в исходном сечении, мм	$d'_{aон}$	43,6778636
Окружная толщина зуба по верху долбяка (мм) в исходном сечении	S'_{tao}	0,6087686
Диаметр окружности выступов нового инструмента, мм	d_{ao}	40,8255869

Положительное исходное расстояние из условия отсутствия заострения, мм	α_H	12,4395096
Коэффициент смещения исходного контура	X_{OH}	0,0076768
Инвалюта станочного угла зацепления нового инструмента, рад	$inv\alpha_{tWH}$	0,0165677
Станочный угол зацепления для нового инструмента, рад/град	α_{tWH}	0,3696073 21,1369781
Станочные углы зацепления с учетом плавности зацепления		
Станочные углы зацепления из условия плавности (град) для – нового инструмента – сточенного инструмента	α'_{tWH} α'''_{tWC}	24,5794997 29,6140971
Принятые станочные углы зацепления из условия плавности (град) для – нового инструмента – сточенного инструмента	α_{tWH} α_{tWC}	24,5794997 29,6140971
Коэффициент смещения исходного контура для инструмента: – нового инструмента – сточенного инструмента	X_{OH} X_{OC}	0,0087031 -0,2586225
Максимально допустимые исходные расстояния (мм) инструмента: – нового инструмента – сточенного инструмента	α_H α_C	0,011 -6,3

Параметры скоса на вершине зуба долбяка		
Диаметр (мм) начала активного участка профиля зуба детали: в зацепление при зубонарезание	d_p	145,7388498 146,2645583
Высота скоса (мм) на зубе долбяка	h_c	0,2628542
Диаметр начала скоса на зубе(мм)	d_c	38,5621264
Толщина зуба долбяка по делительному диаметру (мм)	S_o	3,2331085
Толщина зуба долбяка по диаметру выступов (мм)	S_{ooo}	1,1348565
Толщина зуба долбяка по диаметру начала скоса (мм)	S_{cs}	1,7833606
Профильный угол для скоса: рад град	α_ϕ	0,45133181 25,8594073
Разность углов, образующих основной профиль и скосов (град)	Δ_α	5,8594073
Радиус кривизны в начале активного участка профиля зуба долбяком (мм)	r_{op}	2,3184565
Угол давления по эвольвентному про-филю в начале активного участка (рад)	$\alpha_{раo}$	0,1743676
Угол давления по эвольвентному профилю в конце активного участка(рад)	$\alpha_{раo}$	0,4111558
Протяженность прямолинейной образующей	l_α	2,51

шлифованного круга для обработки активного участка профиля зуба долбяка (мм)		
Технологические параметры		
Корректированный профиль угол при вершине зубьев (град)	α'	20, 25232509
Диаметр основной окружности при шлифовании профиля зубьев (мм)	b'_{bo}	38,650737
Высота головки зуба (мм)	h'_{ao}	1,352
Диаметр впадины по передней плоскости (мм)	d_{fo}	35,608737
Размер зуба в контролируемом сечении		
Диаметр окружности выступов (мм)	d_{aok}	40,8345678
Диаметр окружности выступов долбяка в исходном сечении (мм)	d'_{ao}	42,0113442
Коэффициент смещения исходного контура	x_{ok}	-0,12883746
Угол давления на головке зуба (град)	α_{aok}	30,21349872
Инвалюта угла зацепления (рад)	$inv \alpha_{twn}$	0.0550043
Угол зацепления: рад град	α_{twk}	0,4147565 22,311654
Радиус кривизны профиля зуба в нижней граничной точке (мм)	r_{pok}	1,873186
Диаметр начала активного участка профиля зуба (мм)	d_{Lo}	35,763413

Окончание таблицы 15

Угол давления в нижней точке активного участка профиля (град)	α_{Lo}	3,4582623
Разность углов развернутости на активном участке профиля: рад град	δ_{valo}	0,0271741 24,2356712

Чертеж хвостового долбяка для обработки зубчатого колеса внутреннего зацепления по выполненным расчетам показан на плакате.

3.5 Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля

В качестве контрольных приспособлений используются для контроля размеров диаметров торца после токарных операций и линейных размеров зуба штангенциркули ШЦ-I-125-0,1 и ШЦ-II-250-0,1. Для контроля диаметра шестерни до зубодолбления используется калибр-пробку по ГОСТ 14807-69. Для контроля габаритного размера на окончательной контрольной операции РС-1083-11.

Для проверки биения приспособления и самого режущего инструмента на станке при зубодолбежной операции, а также для проверки относительного положения детали после ее закрепления в трехкулачковом патроне на токарной операции применяют индикатор часового типа ИЧ 02 кл.0 ГОСТ 577-68с диапазоном измерения 0-2 мм, класса точности 0.

Для контроля радиального биения шестерни после зубодолбежной операции используется специальный биениемер ВД-1193. Биение должно составлять 0,18 мм. Проверка биениемером производится как после зубодолбежной операции, так и на окончательной контрольной операции.

Координатно-измерительные машины (КИМ) – средства измерения, предназначенные для проведения координатных измерений по трем линейным координатам. Работа КИМ основана на координатных измерениях, т.е. на поочередном измерении координат определенного числа точек поверхности детали и последовательных расчетов линейных и угловых размеров, отклонений формы и расположения к поверхности.

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		69

Так как все детали, обрабатываемые на данном участке, являются зубчатыми, выбираем координатно-измерительную машину фирмы Wenzel INOVA Gear.

Зубоизмерительная машина INOVA Gear является универсальной, простой в использовании и компактной измерительной машиной с широкими техническими возможностями, которая способна решать любые задачи по измерению зубчатых колес диаметром до 270 мм.

Надежность технологии WENZEL гарантирует пользователю отличные результаты с наименьшими затратами. Простое и удобное программное обеспечение позволяет работать на машине без длительного обучения.

Возможность измерения: все виды зубчатого зацепления.

Преимущества:

- высокая динамика и точность;
- высокотехнологическое измерение зубчатых колёс и цилиндрических деталей;
- многочисленные дополнительные возможности измерения;
- компактная конструкция обеспечивает высокую эффективность работы;
- занимает мало места;
- машина оснащена системой температурной компенсации;
- новая комбинация 4-х осей уменьшает вероятность ошибки, ось Z со встроенным поворотным столом размещается отдельно от осей X и Y;
- низкая цена.

Технические характеристики:

- диаметр детали мин./макс. 5-270 мм;
- модуль от (0,2) 0,5 мм;
- ширина измеряемой поверхности макс. 500 мм;
- количество осей 4;
- расстояние между центрами мин./макс. 20-450 мм;
- загрузка стола макс. 50 daN;
- занимаемая площадь 2,17 м²;
- длина осей ось X 350мм, ось Y 250 мм, ось Z 500 мм.

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		70

На рисунке 45 представлена координатно-измерительная машина Wenzel INOVA Gear.



Рисунок 45 – Координатно-измерительная машина Wenzel INOVA Gear

Возможности:

- в дополнение к ассортименту измерительных головок Renishaw, возможно измерение шероховатости и определение прижогов;
- встроенный магазин для смены щупов защищает неиспользуемые щупы от загрязнения и повреждений;
- встроенная система пневматических демпферов вибраций позволяет устанавливать машину непосредственно на полу без дополнительного фундамента;
- опция - встраиваемая центрирующая стойка;
- модульный дизайн позволяет обеспечить индивидуальную конфигурацию машины.

В комплект машины входит 3-координатная измерительная система SP600 фирмы RENISHAW (рисунок 46), а также автоматический, программно-управляемый магазин щупов на 3 места.

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

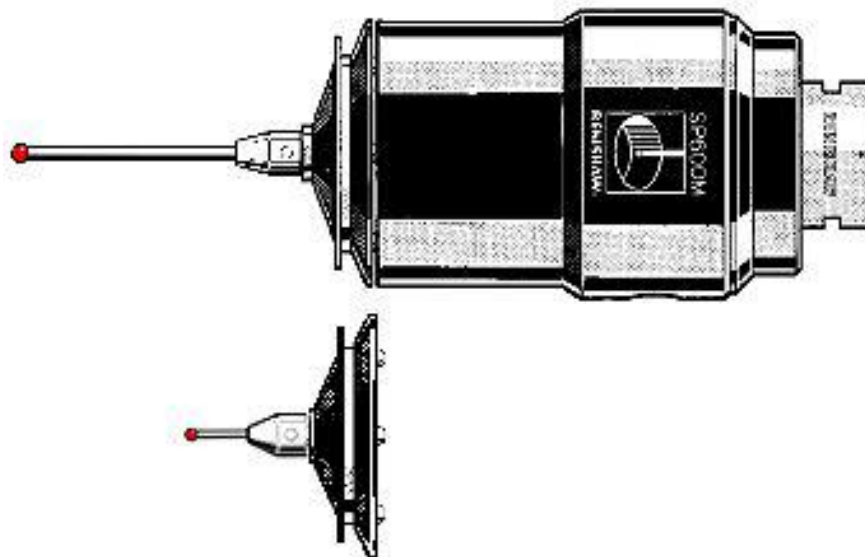


Рисунок 46 – 3-координатная измерительная система SP600 фирмы RENISHAW



На выбранной измерительной системе SP600 фирмы RENISHAW можно использовать щупы с резьбой М4.

При выборе щупа рекомендуется следовать следующим правилам:

- использовать короткие щупы (чем больше изгиб или отклонение щупа, тем ниже точность);
- обеспечить минимальное количество соединений
- использовать шарик наибольшего размера

Исходя из этих условий, для измерения зубьев выбираем щуп из серии 20мм А-5003-4795, для контроля остальных параметров выбираем щуп из серии 150мм А-5000-7672 (таблица 15).

Таблица 15 – Щупы

А-5003-4795	А-5000-7672
	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР

Лист

72

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;

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

- 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:

1) 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);

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

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

4) 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.

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		74

4.3 Отработка конструкции детали на технологичность

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.

Критерии качественной оценки технологичности детали приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Качественная оценка технологичности детали

№ п.п.	Критерий оценки	Значение/ Показатель/ Сравнительная характеристика	Характеристика оценки
1	Унифицированность элементов форм детали	Зубчатое колесо имеет требование по ГОСТ	Технологично
2	Простота формы детали	Тело вращения, легкая	Технологично
3	Возможность обработки максимального количества поверхностей детали за один установ	За один установ можно просверлить 10 отверстий	Технологично
4	Доступность поверхностей детали для обработки	Все поверхности легкодоступны	Технологично
5	Наличие труднообрабатываемых поверхностей детали	На детали нет труднообрабатываемых поверхностей	Технологично
6	Возможность совмещения конструкторских и технологических баз	Не все базы можно совместить	Нетехнологично

Продолжение таблицы 16.

№ п.п.	Критерий оценки	Значение/ Сравнительная характеристика	Показатель/ Характеристика оценки
7	Обеспечение конструкцией детали нормальный подвод и отвод режущего инструмента	Конструкция обеспечивает нормальный подвод и отвод режущего инструмента	Технологично
8	Возможность достижения наиболее точных размеров детали на основном оборудовании	Достижения точных размеров на основном оборудовании возможно	Технологично
9	Возможность достижения минимальной заданной шероховатости поверхности детали на основном оборудовании	Достижения минимальной шероховатости на основном оборудовании возможно	Технологично
10	Высокая обрабатываемость основного материала	Материал обрабатывается хорошо	Технологично
11	Возможность обработки детали универсальным режущим инструментом	Обработка унифицированным режущим инструментом возможна	Технологично
12	Коэффициент использования материала	КИМ высокий	Технологично

Окончание таблицы 1

№ п.п.	Критерий оценки	Значение/ Показатель/ Сравнительная характеристика	Характеристика оценки
13	Минимальная номенклатура режущего инструмента необходимая для обработки всех поверхностей детали при обеспечении заданной точности и шероховатости	Номенклатура режущего инструмента минимальная (10 инструментов)	Технологично
14	Наличие поверхностей для захвата детали промышленным роботом и базирования на промежуточных накопителях и в основном оборудовании	Поверхностей для захвата и базирования детали промышленным роботом имеются	Технологично

Качественна оценка показывает, что деталь является технологичной в серийном производстве, так как имеет относительно простую форму, небольшие габаритные размеры и для её изготовления не требуется специального оборудования, режущего инструмента и приспособлений.

4.4 Определение состава и числа оборудования станочного комплекса ГПС

Выбор вида станков, их специализации по числу управляемых координат и определение их количества в составе ГПС по выпуску деталей заданной номенклатуры осуществляются на основе разработанных технологических процессов на типовые детали по следующей формуле:

$$K = \frac{C_{\text{ср}}}{T_{\text{ср}}},$$

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

где C_{cp} – средняя станкоемкость, приходящаяся на каждый станок, мин; T_{cp} – средний такт выпуска деталей, мин; K – число станков по виду оборудования.

$$T_{cp} = \frac{60\Phi_0 K_{исп}}{N_{год}},$$

где Φ_0 – годовой фонд времени оборудования, ч ($\Phi_0 = 4025$ ч); $K_{исп}$ – коэффициент использования оборудования по машинному времени ($K_{исп} = 0,85$); $N_{год}$ – годовая программа выпуска деталей, шт.

$$T_{cp} = \frac{60 \cdot 4025 \cdot 0,85}{1000} = 205,27 \text{ мин.}$$

Результаты определения количества оборудования на каждую операцию технологического процесса сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Количество оборудования на операции ТП

Наименование операции	Средняя станкоемкость, мин	Расчетное количество оборудования	Принятое количество оборудования
005 Токарная с ЧПУ	9,75	0,047	1
010 Токарная с ЧПУ	5,25	0,028	1
020 Комплексная с ЧПУ	9,93	0,048	1
025 Комплексная с ЧПУ	8,07	0,039	1
030 Зубодолбежная	111,2	0,541	1

4.5 Определение структуры и состава автоматизированной транспортно-складской системы ГПС

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;
- транспортирование приспособлений-спутников (кассет) с установленными заготовками (полуфабрикатами) на склад или на приемные позиции технологического оборудования;
- межоперационное транспортирование приспособлений-спутников или кассет (тар) с обрабатываемыми заготовками (полуфабрикатами);
- транспортирование обрабатываемых деталей на позиции межоперационного или окончательного контроля и их возврат на склад или на приемные позиции технологического оборудования для дальнейшей обработки;
- распределение других грузовых единиц (материалов и т. п.) между технологическим оборудованием;
- транспортирование инструментов со склада АТСС к металлорежущему оборудованию (для его замены) и возврат его на склад;

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		79

- загрузка-выгрузка приемных устройств технологического оборудования и участков (позиций) контроля и установки (снятия) на приспособления-спутники или в кассеты.

4.5.1 Определение характеристик стеллажа-накопителя

Главным показателем стеллажа-накопителя является его вместимость, которую необходимо рассчитать для нормальной работы станков с полной загрузкой по плану.

Максимальное число деталиустановок различных наименований (число серий), которые могут быть обработаны на комплексе в течение месяца, определим по формуле:

$$K_{\text{наим}} = \frac{60 \cdot \Phi_{\text{ст}} \cdot n_{\text{ст}}}{t_{\text{об}} \cdot N},$$

где $\Phi_{\text{ст}}$ – месячный фонд отдачи станка, ч ($\Phi_{\text{ст}} = 305$ ч); $n_{\text{ст}}$ – число станков, входящих в ГПС; $t_{\text{об}}$ – средняя трудоемкость обработки одной деталиустановки, мин; N – средняя месячная программа выпуска деталей одного наименования.

Подставляя, получим:

$$K_{\text{наим}} = \frac{60 \cdot 305 \cdot 2}{((9,75 + 5,25 + 9,93 + 8,07 + 111,2)/5) \cdot 84} = 15 \text{ шт.}$$

Полученное число деталиустановок определяет число ячеек в стеллаже. Для обеспечения нормальной работы ГПС необходим запас ячеек в накопителе, равный примерно 10 % от $K_{\text{наим}}$, поэтому принимаем $K_{\text{наим}} = 17$ шт.

4.5.2 Расчет числа позиций загрузки и разгрузки

Расчет необходимого числа позиций загрузки и разгрузки производят по формуле:

$$n_{\text{поз}} = \frac{t \cdot K_{\text{дет}}}{\Phi_{\text{поз}} \cdot 60},$$

где t – средняя трудоемкость операций на позиции, мин; $K_{\text{дет}}$ – число деталиустановок, проходящих через позицию в течение месяца, шт.; $\Phi_{\text{поз}}$ – месячный фонд времени работы позиции, ч; $\Phi_{\text{поз}} = \Phi_{\text{ст}} = 305$ ч.

$$K_{\text{дет}} = K_{\text{наим}} \cdot N,$$

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		80

где N – средняя месячная программа выпуска деталей одного наименования
 $K_{\text{наим}}$, шт.

Подставляя получим:

$$K_{\text{дет}} = 17 \cdot 1000 = 17000 \text{ шт.}$$

Для расчетов можно использовать следующие значения трудоемкостей операций по загрузке (t_z) и разгрузке (t_p) деталей: $t_z = 0,5$ мин; $t_p = 2$ мин.

Подставляя получим:

$$n_{\text{поз}} = \frac{2,5 \cdot 17000}{305 \cdot 60} = 2,32.$$

4.5.3 Расчет числа позиций контроля

Необходимое число позиций контроля $n_{\text{поз.к}}$ в ГПС рассчитывается по формуле:

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{t_k \cdot K_{\text{дет.к}}}{\Phi_{\text{поз}} \cdot 60'}$$

где t_k – суммарное время контроля одной деталиустановки, мин; $K_{\text{дет.к}}$ – число деталиустановок, проходящих контроль за месяц, шт.; $\Phi_{\text{поз}}$ – месячный фонд времени работы позиции контроля, ч.

$$K_{\text{дет.к}} = \frac{K_{\text{дет}}}{n}$$

где $K_{\text{дет}}$ – число деталиустановок, обрабатываемых на комплексе за месяц, шт.; n – число деталиустановок, через которое деталь выводится на контроль, шт.:

$$n = \frac{n_1}{k_1 \cdot k_2}$$

где n_1 – плановое число деталиустановок, через которое деталь выводится на контроль по требованию технолога, шт.; $n_1=2$; k_1 и k_2 – поправочные коэффициенты, связанные с выводом деталей на контроль по требованию наладчика соответственно для первой деталиустановки в начале смены (k_1) и сразу же после установки нового инструмента (k_2); $k_1 = 1,15$; $k_2 = 1,05$.

Подставляя получим:

$$n = \frac{2}{1,15 \cdot 1,05} = 1,65 \approx 2;$$

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

$$K_{\text{дет.к}} = \frac{17000}{2} = 8,500.$$

Время контроля одной детали установки:

$$t_k = t_{k_1} + t_{k_2} + \dots + t_{k_i},$$

где $t_{k_1}, t_{k_2}, \dots, t_{k_i}$ – соответственно время контроля поверхностей детали после обработки на 1, 2 и т.д. i -м станках комплекса.

Для расчетов время каждого промежуточного контроля (после неполной обработки поверхностей на станках комплекса) можно принимать равным:

$$t_{\text{п}} = 5 \text{ мин};$$

Время окончательного контроля всех поверхностей детали (после обработки на последнем станке комплекса):

$$t_{\text{к.ок}} = 10 \text{ мин.}$$

Подставляя получим:

$$t_k = 5 + 10 = 15 \text{ мин};$$

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{15 \cdot 8500}{305 \cdot 60} = 6,96 \approx 7$$

4.5.4 Проектирование предварительной компоновки ГПС

Целью проектирования предварительной компоновочной схемы является определение транспортных связей между основным, вспомогательным оборудованием и складской системы, обеспечивающих минимальные транспортные перемещения материальных потоков и наибольшую маршрутную гибкость. Предварительная компоновочная схема ГПС представлена на рисунке 46.

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		82

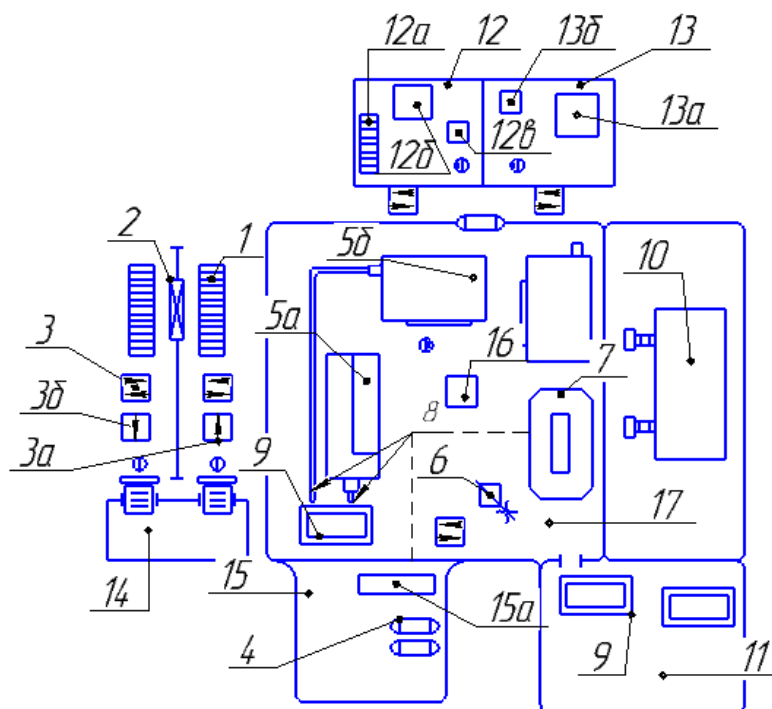


Рисунок 46 – Предварительная компоновочная схема ГПС (Вариант 1)

- 1 – центральный склад;
- 2 – кран-штабелёр;
- 3 – приёмо-раздаточный стол;
- 3а – приёмо-раздаточный стол по работе с цехом и выдаче заготовок;
- 3б – приёмо-раздаточный стол по работе с заводом и приемом готовых деталей;
- 4 – робокар;
- 5 – гибкий производственный модуль (ГПМ);
- 5а – токарный станок с ЧПУ GENOS L200-M;
- 5б – зубодолбежный станок с ЧПУ LFS 300;
- 6 – роботизированный захват;
- 7 – тактовый стол;
- 8 – конвейер для уборки стружки;
- 9 – контейнер под стружку;
- 10 – моечная машина Сивер 60 НТ;
- 11 – помещение для хранения отходов производства;
- 12 – участок инструментального обеспечения;
- 12а – склад инструментов;
- 12б – прибор для наладки инструмента вне станка;

- 12в – рабочее место инструктора;
- 13 – участок автоматического контроля (УАК);
- 13а – контрольно-измерительная машина Wenzel INOVA Gear;
- 13б – рабочее место контролера;
- 14 – участок подготовки производства;
- 15 – участок обслуживания робокар;
- 15а – станция подзарядки аккумуляторных батарей;
- 16 – стол контролер;
- 17 – территория с ограждением, с доступом только обслуживающего персонала для работы с роботом.

Маршрут движения деталей представлен на рисунке 47.

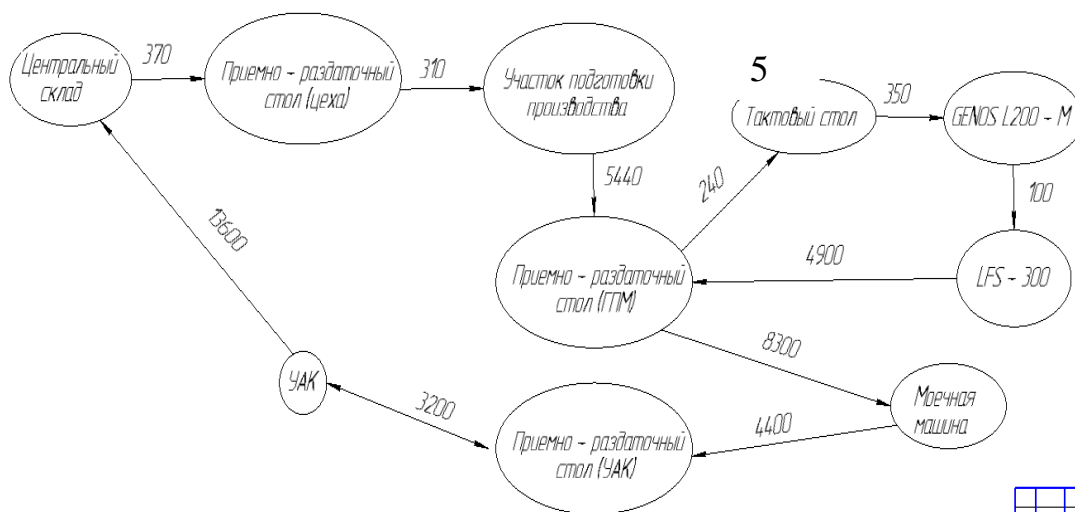


Рисунок 47 – Маршрут движения детали «Колесо зубчатое»

Кран-штабелёр 2 достаёт из ячейки склада 1 и устанавливает на приёмно-раздаточный стол 3 заготовку, робокар 4 перемещает с приёмно-раздаточного стола заготовку к гибкому производственному модулю 5. Периодический контроль проводится за столом контролера 16. Робокар 4 помещает готовую деталь после механической обработки к моечной машине 10. После робокар доставляет деталь на контроль в УАК. Деталь проходит измерительный контроль на участке автоматизированного контроля 13. С помощью робокара 4 готовая деталь возвращается на приёмно-раздаточный стол. Далее кран-штабелёр берёт с приёмно-раздаточного стола деталь и укладывает в ячейку склада 1.

Для выявления всех суммарных перемещений была составлена матрица ориентировочных перемещений подвижных механизмов АТСС (таблица 17).

Таблица 17 – Матрица перемещений подвижных механизмов АТСС

Позиции, к которым движется робокар	Центральный склад	Участок подготовки производства	Приемно-раздаточный стол	Тактовый стол	GENOS L200-M	LFS 300	Моечная машина	УАК
Центральный склад								
Участок подготовки производства			310					
Приемно-раздаточный стол	370	5440				4900	4400	1600
Тактовый стол			240					
GENOS L200-M				350				
LFS 300					100			
Моечная машина			8300					
УАК			1600					
Центральный склад			13600					

Суммарное перемещение при такой компоновки ГПС равное 41210 мм

Во втором варианте представлена децентрализованная система складирования (рисунок 48).

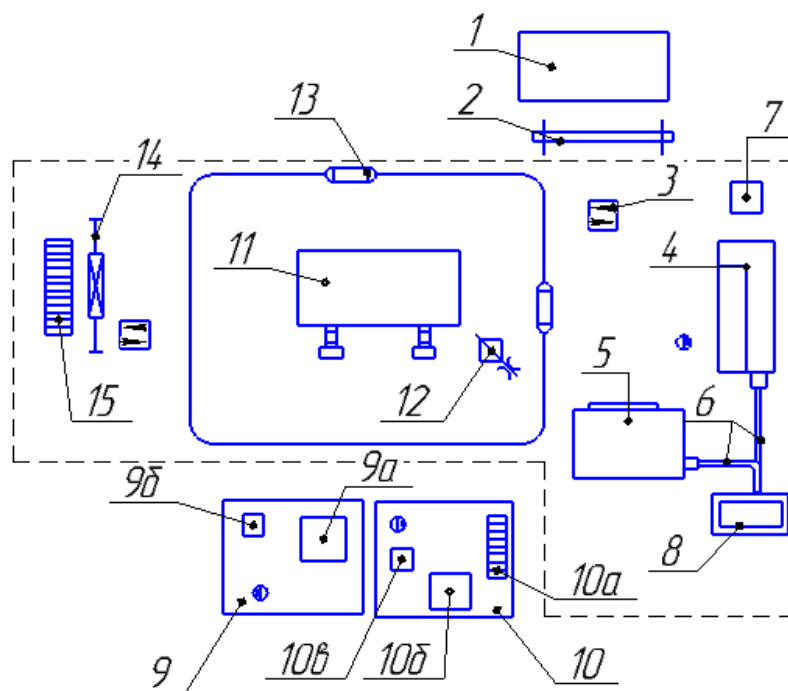


Рисунок 48 – Предварительная компоновочная схема ГПС (Вариант 2)

- 1 – склад заготовок;
- 2 – кран балка;
- 3 – приёмно-раздаточный стол;
- 4 – токарный станок с ЧПУ GENOS L200-M;
- 5 – зубодолбежный станок с ЧПУ LFS 300;
- 6 – конвейер для уборки стружки;
- 7 – стол контролер;
- 8 – контейнер под стружку;
- 9 – участок автоматического контроля (УАК);
- 9а – контрольно-измерительная машина Wenzel INOVA Gear;
- 9б – рабочее место контролера;
- 10 – участок инструментального обеспечения;
- 10а – склад инструментов;
- 10б – прибор для наладки инструмента вне станка;
- 10в – рабочее место инструментальщика;
- 11 – моечная машина Сивер 60 НТ;
- 12 – роботизированный захват;
- 13 – робокар;
- 14 – кран-штабелёр;
- 15 – склад готовой продукции.

Со склада заготовок 1 кран-балка 2 транспортирует заготовки на приемно-раздаточный стол 3. Оттуда рабочим устанавливается на токарный станок с ЧПУ GENOS L200-M 5, после на зубодолбежный станок с ЧПУ LFS 300. Проводится периодический контроль на столе контролера 7. При помощи робокары 13 деталь транспортируется к моечной машине 11 и роботизированный захват 12 загружает моечную машину. После мойки деталь доставляют к участок автоматического контроля 9 и проводят измерения на контрольной машине Wenzel INOVA Gear. Если деталь годная, то она отправляется на склад готовой продукции.

Маршрут движения деталей представлен на рисунке 49.

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		86

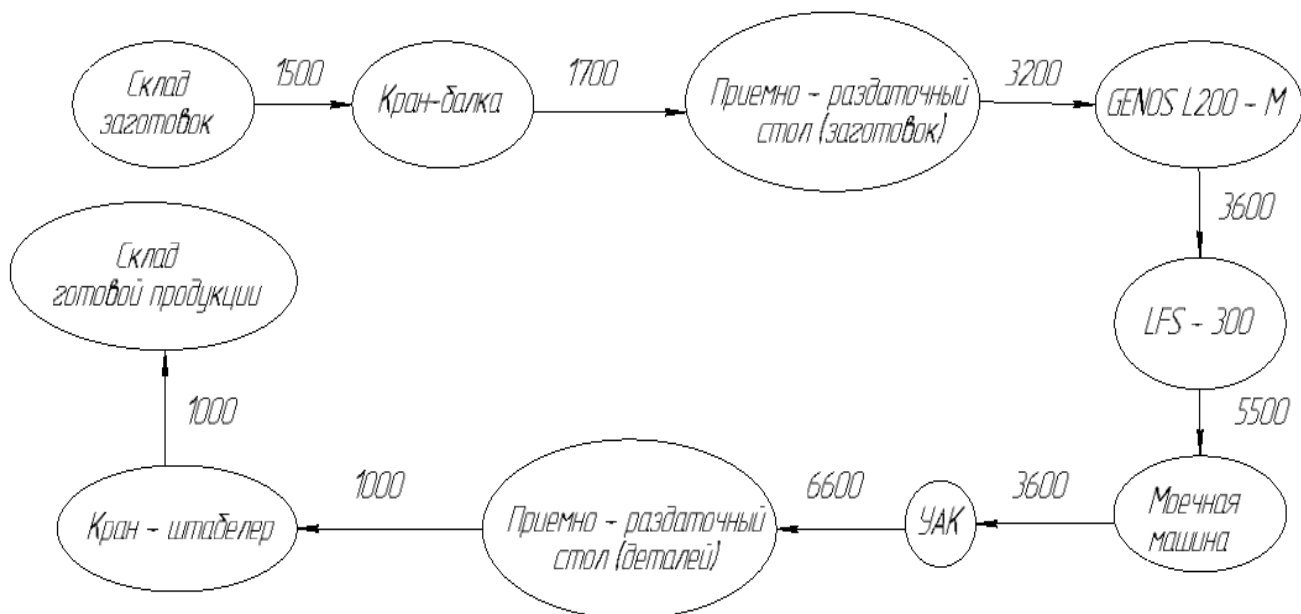


Рисунок 49 – Маршрут движения детали «Колесо зубчатое»

Для выявления всех суммарных перемещений была составлена матрица ориентировочных перемещений подвижных механизмов АТСС (таблица 18).

Таблица 18 – Матрица перемещений подвижных механизмов АТСС

Позиции, к которым движется транспортное средство	Склад заготовок	Кран-балка	Приемно-раздаточный стол	GENOS L200-M	LFS 300	Моечная машина	УАК	Кран-штабелер
Склад заготовок								
Кран-балка	1500							
Приемно-раздаточный стол		1700					6600	
GENOS L200-M			3200					
LFS 300				3600				
Моечная машина					5500			
УАК						3600		
Кран-штабелер			1000					
Склад готовой продукции								1000

Суммарное перемещение при такой компоновки ГПС равное 27700 мм

Исходя из расчетов, выбираем вторую схему расположения станков.

4.5.5 Определение числа подвижных транспортных механизмов АТСС

Для продолжения проектирования гибкой производственной системы необходимо рассчитать минимальное количество транспортных механизмов, обеспечивающих перемещение деталиустановки в процессе автоматического транспортного цикл

Рассчитаем суммарное время $T_{\text{обсл}}$ работы робота со стороны станков:

$$T_{\text{обсл}} = \frac{K_{\text{стел-ст}} \cdot t_{\text{стел-ст}} + K_{\text{ст-ст}} \cdot t_{\text{ст-ст}}}{60},$$

где $K_{\text{стел-ст}}$ – число перемещений между стеллажом и станками; $K_{\text{ст-ст}}$ – число перемещений между станками; $t_{\text{стел-ст}}$ – среднее время, затрачиваемое на передачу заготовки со стеллажа на станок и обратно, мин; $t_{\text{ст-ст}}$ – среднее время, затрачиваемое на передачу спутника со станка на станок, мин.

Время выполнения штабелером одной передачи спутника равно:

$$t_{\text{стел-ст}} = t_{\text{ст-ст}} = t_1 + t_2,$$

где t_1 – время отработки кадра "Подойти и взять ящик", мин; t_2 – время отработки кадра "Подойти и поставить ящик", мин.

$$t_1 = t_k + t_{\text{под}} + t_{\text{в.с}},$$

$$t_2 = t_k + t_{\text{под}} + t_{\text{п.с}},$$

где t_k – время расчета и передачи кадра команды от ЭВМ в устройство ЧПУ робокара, мин; $t_{\text{под}}$ – время подхода робокара к заданной точке, мин; $t_{\text{в.с}}$ – время работы цикловой автоматики по выполнению команды "Взять ящик", мин; $t_{\text{п.с}}$ – то же "Поставить ящик", мин.

Время t_k колеблется в пределах $t_k = 1,5 \dots 10$ с; время $t_{\text{в.с}} = t_{\text{п.с}} = 0,15 \dots 0,25$ мин. Время подхода робокара к заданной точке:

$$t_{\text{под}} = \frac{L_x}{V_x} + \frac{L_y}{V_y},$$

где L_x и L_y – соответственно длина перемещения штабелера по осям x и y , м; V_x и V_y – соответственно скорость перемещения штабелера по осям x и y , м/мин. Для расчетов принимаем: $V_x = 60$ м/мин; $V_y = 6$ м/мин; $L_x = 1$ м; $L_y = 1$ м.

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

Подставляя получим:

$$t_{\text{под}} = \frac{1}{60} + \frac{1}{6} = 0,183 \text{ мин};$$

$$t_1 = t_2 = 0,17 + 0,183 + 0,2 = 0,55 \text{ мин};$$

$$t_{\text{стел-ст}} = t_{\text{ст-ст}} = 0,55 + 0,55 = 1,1 \text{ мин};$$

$$T_{\text{обсл}} = 2 \cdot 1,1 + 1 \cdot 0,55 = 2,75 \text{ мин.}$$

Рассчитав суммарное время обслуживания станков, определим число робокаров для выполнения этой работы:

$$K_{\text{шт1}} = \frac{T_{\text{обсл}}}{\Phi_{\text{шт}} \cdot 60},$$

где $\Phi_{\text{шт}}$ – фонд работы штабелера, ч.

Подставляя получим:

$$K_{\text{шт1}} = \frac{2,75}{305 \cdot 60} = 1,5 \cdot 10^{-4} \approx 1.$$

Для выполнения работы по перемещению заготовок и готовых деталей требуется один робот штабелер.

4.6 Определение вспомогательных систем и участков, необходимых для функционирования ГПС

Для обеспечения функционирования гибкой производственной системы в автоматизированном режиме предусмотрена вспомогательная автоматизированная система уборки отходов (АСУО). Система представляет собой установленный в поддоне станка конвейер, который перемещает стружку из поддона в накопительный бак для стружки. Заполненный стружкой бак меняется на пустой бак с помощью робокара.

АСУО сокращает количество контактов персонала с отходами и поднимает культуру производства на более высокий уровень.

Участки подготовки производства являются новым структурным подразделением монтажных управлений, и практика их деятельности еще не определила оптимальную структуру УПП. Основная задача участков одинакова: разработка ППЭР, корректировка проектно-сметной документации, комплектация и контейнерная доставка на объект монтажа всего необходимого для производства

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		89

работ, т.е. инженерная подготовка монтируемого объекта.

ГПС проверяет сметы, выявляет неучтенные объемы, правильность применения расценок на монтаж, цен и начислений на материалы, коэффициенты на особые условия производства работ.

Система автоматизированного контроля.

САК служит для проведения входного, промежуточного (межоперационного) и окончательного контроля размерно-геометрических параметров заготовок, полуфабрикатов, деталей, диагностирования процессов и оборудования в ходе функционирования ГПС.

Контроль второго вида проводится в ходе выполнения технологического процесса обработки детали и предназначен для предотвращения появления брака. По данным, полученным в процессе измерения детали, вносится команда на смену или коррекцию привязочных размеров режущего инструмента.

Контроль третьего вида необходим для окончательного контроля всех размеров и технических требований, предъявляемых к детали, с целью обеспечения гарантии качества изготовления продукции.

Контрольные операции вне станка могут проводиться на координатно-измерительных машинах (КИМ) или при помощи других, как автоматических, так и ручных измерительных средств. Оснащенность контрольной операции измерительными средствами определяется исходя из сложности формы детали, измеряемых параметров и целесообразности применения сложных и дорогостоящих измерительных систем.

Автоматизированная система инструментального обеспечения.

АСИО служит для организации перемещения, хранения, настройки, сборки инструментов и инструментальных комплектов, восстановления режущих инструментов, очистки инструментов перед их промежуточным хранением, контроля и технической диагностики состояния режущих инструментов. Организационно АСИО может быть включена в состав ГПС или функционировать отдельно в инструментальном цехе.

Система инструментального обеспечения автоматизированного производства, в данном случае, включает в себя склады-накопители и магазины.

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		90

4.7 Выбор вспомогательного оборудования, необходимого для функционирования ГПС

Робокар (роботкар) - это автоматизированный электрический погрузчик, который обеспечивает операции по перемещению грузов без участия водителя. Робокары - автоматизированные складские погрузчики грузоподъемностью до 5 тонн и высотой подъема до 8 метров. Автоматизированная транспортная система состоит из нескольких роботкаров, управляемых системой лазерной навигации и выполняющих общую задачу по перемещению грузов в конкретном месте по заранее запрограммированным маршрутам.

По техническим характеристикам был выбран роботкар фирмы ROCLA AVG (рисунок 50)



Рисунок 50 – Роботкар ROCLA AVG

Современные автоматические транспортные средства (ТС) оборудованы сложными бортовыми компьютерами, обеспечивающими передачу-прием данных, управляющими движением и действиями робокаров, могут иметь несколько платформ для размещения разных грузов и дополнительные системы манипулирования ими – подъемники для изменения уровня «палубы» робокара, приводные или не приводные конвейеры для передачи груза на другие транспортные средства, технологическую линию или автоматизированный склад.

Современные промышленные роботы манипуляторы в основном применяются для замены ручного труда. Так, робот может использовать

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

инструментальный захват для фиксации инструмента и осуществления обработки детали, либо держать самому заготовку для подачи ее в рабочую зону для дальнейшей обработки.

Для установки и базирования заготовки на тактовом столе подходит робот FANUK M710IC/20L (рисунок 51). Характеристики промышленного робота представлены в таблице 19.

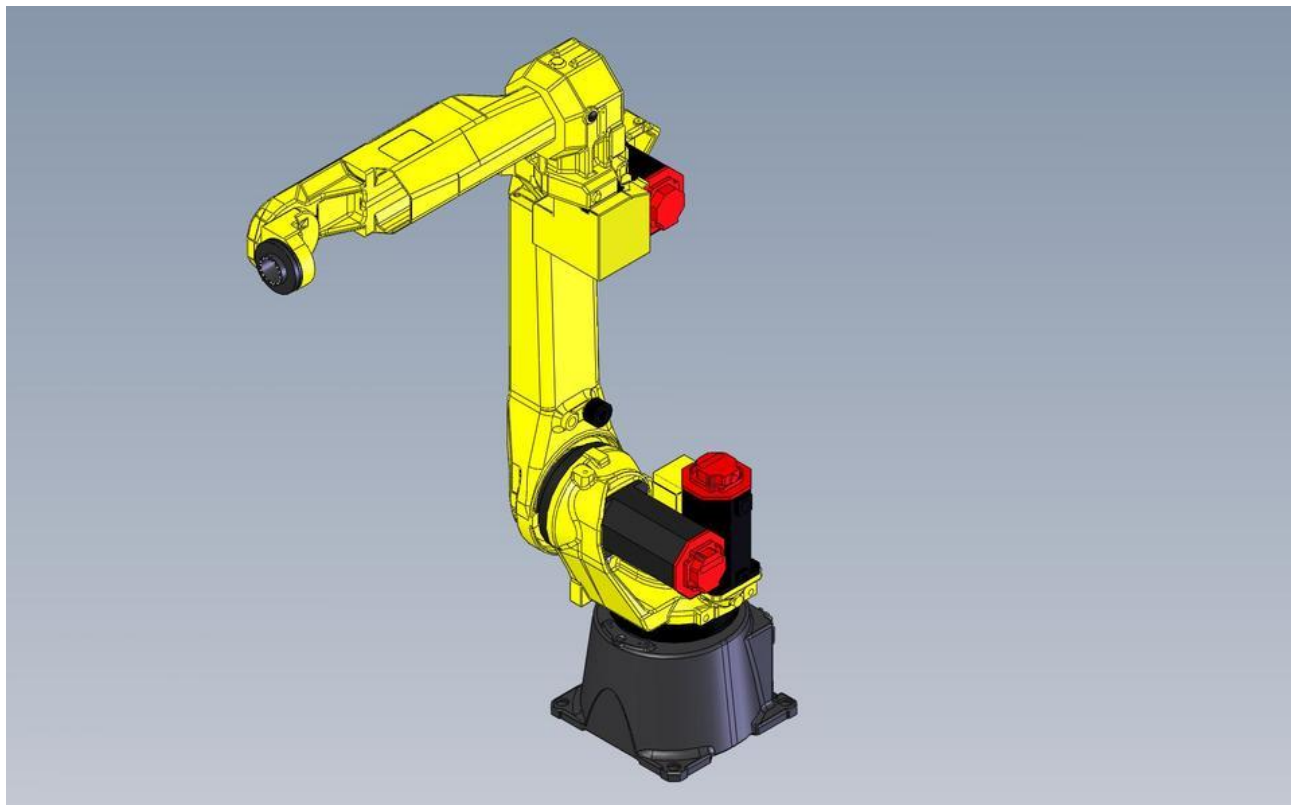


Рисунок 51 – Промышленный робот FANUK M710IC/20L

Таблица 19 – Характеристики промышленного робота FANUK M710IC/20L

Параметры	Значения параметров
Контролируемые оси	6
Максимальная грузоподъёмности, кг	70
Точность позиционирования (мм)	$\pm 0,07$
Масса робота (кг)	560
Радиус действия (мм)	3110

Особенности и преимущества ПР:

- 1) высокие угловые скорости осей;
- 2) высокая производительность при перемещении заготовок;
- 3) лучшие в своём классе инерционные показатели;

- 4) интегрированные кабели и компактное полое запястье;
- 5) внутренний кабельный пакет делает робота чрезвычайно простым в эксплуатации и обслуживании;
- 6) отсутствие риска контакта кабелей с внутренними частями обслуживаемого станка;

Схема возможных перемещений рабочих органов робота представлена на рисунке 52.

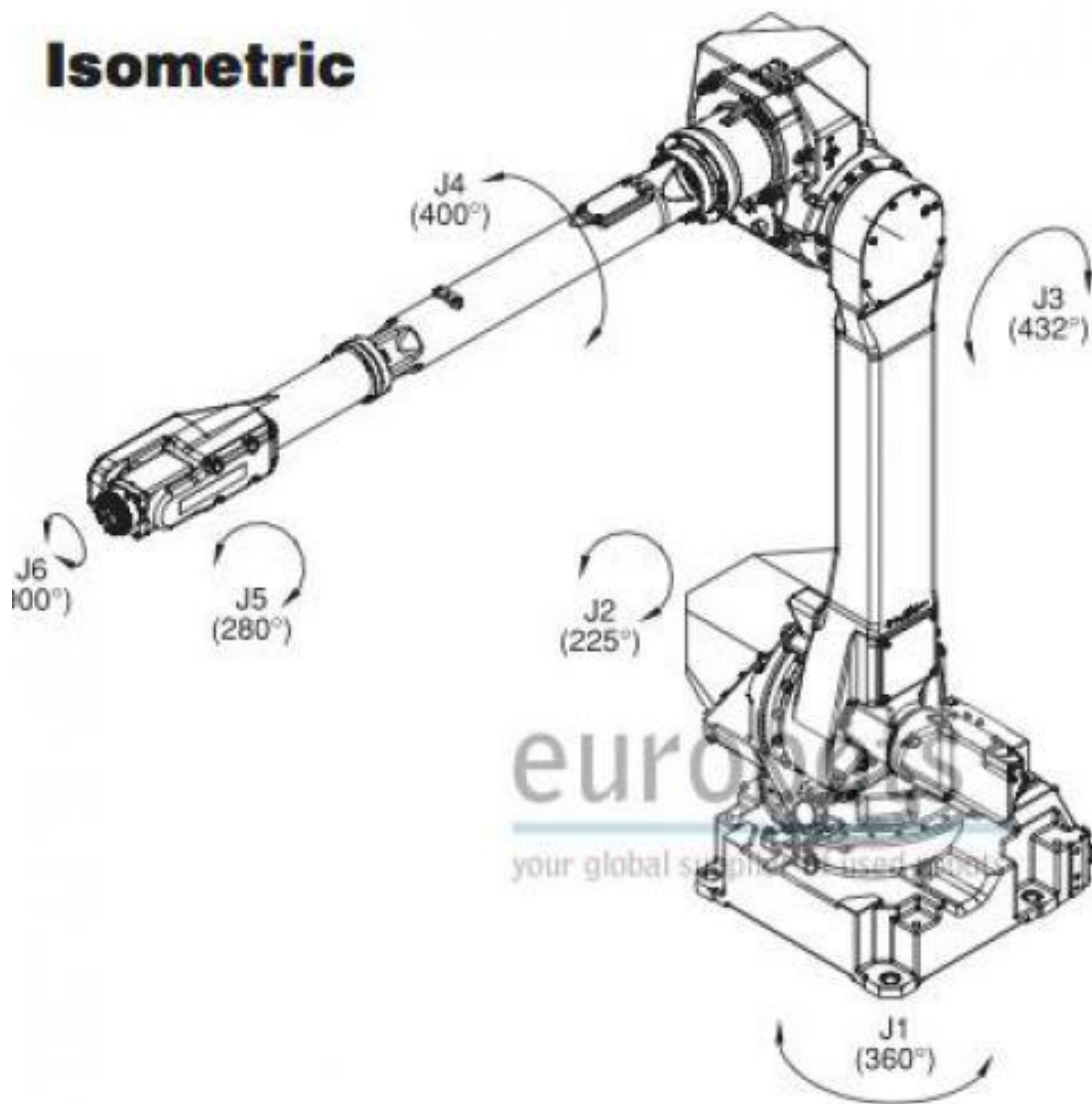


Рисунок 52 - Схема возможных перемещений рабочих органов робота

Для захвата зубчатого колеса необходим рабочий орган – схват промышленного робота. Поверхностями для захвата и базирования на детали являются 2 плоскости.

Эскиз схвата представлен на рисунке 53.

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

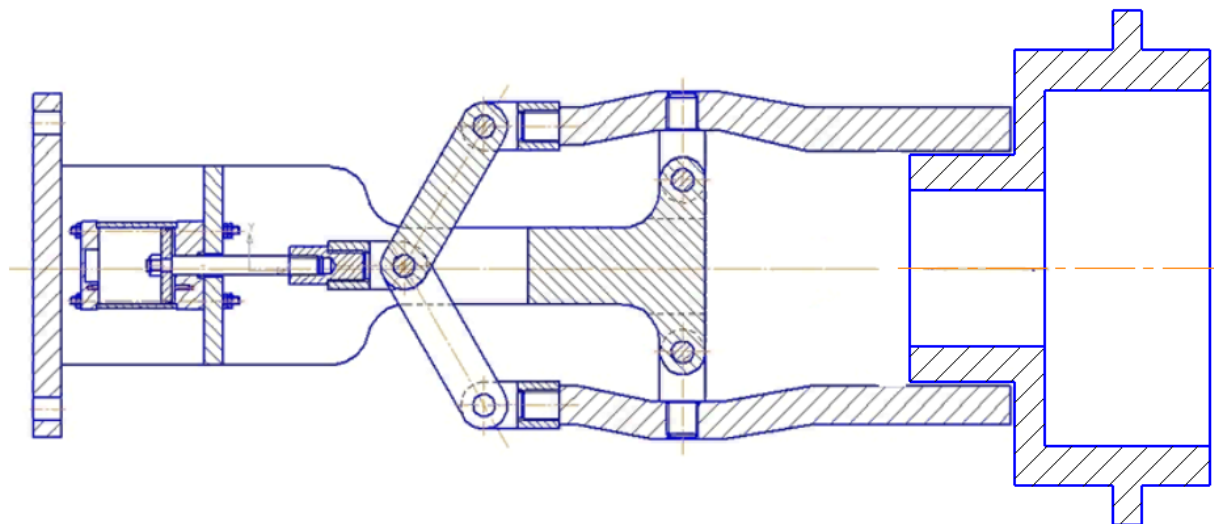


Рисунок 53 – Схват промышленного робота с заготовкой

4.8 Определение схем базирования заготовки

Транспортная операция представляет собой перемещение заготовки или полуфабриката на специальном оборудовании робокар либо робот штабелер, для точного перемещения и для того чтобы заготовка не упала с паллеты, для правильного захвата роботом заготовки, нужно забазировать деталь на паллете.

Базирование заготовки на паллете представлено на рисунке 54.

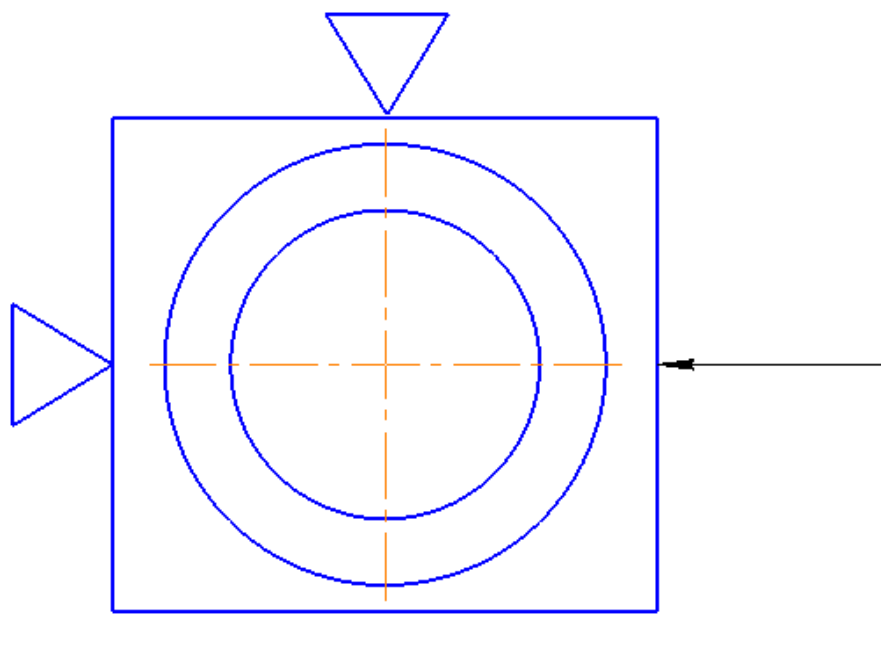


Рисунок 54 – Базирование заготовки на паллете.

Рассмотрим схемы базирования заготовки для детали. Схема базирования заготовки на 005 Токарной операции с ЧПУ изображена на рисунке 55.

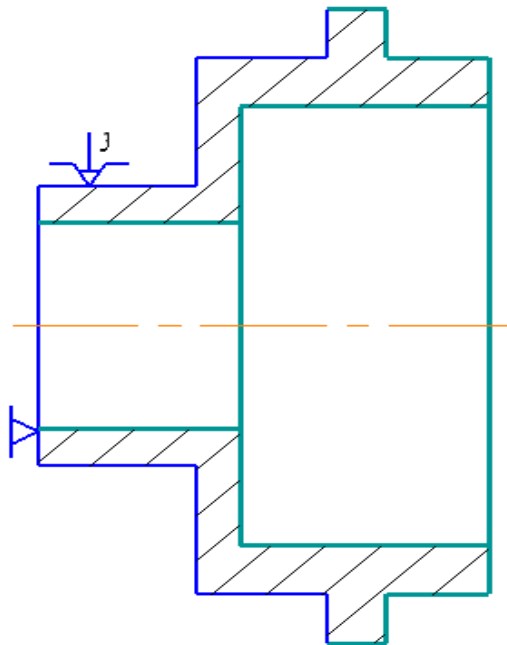


Рисунок 55 – Схема базирования заготовки на токарной операции с ЧПУ

Схема базирования заготовки на 010 Токарной операции с ЧПУ изображена на рисунке 56.

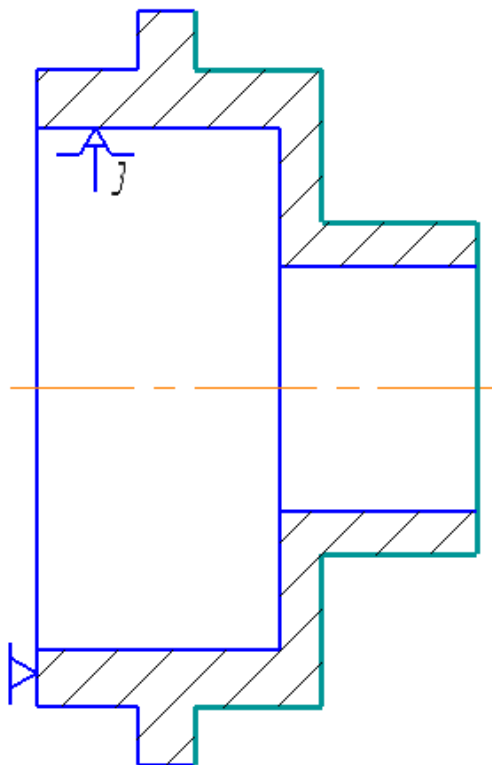


Рисунок 56 – Схема базирования заготовки на 010 Токарной операции с ЧПУ

Схема базирования заготовки в схвате промышленного робота изображена на рисунке 57.

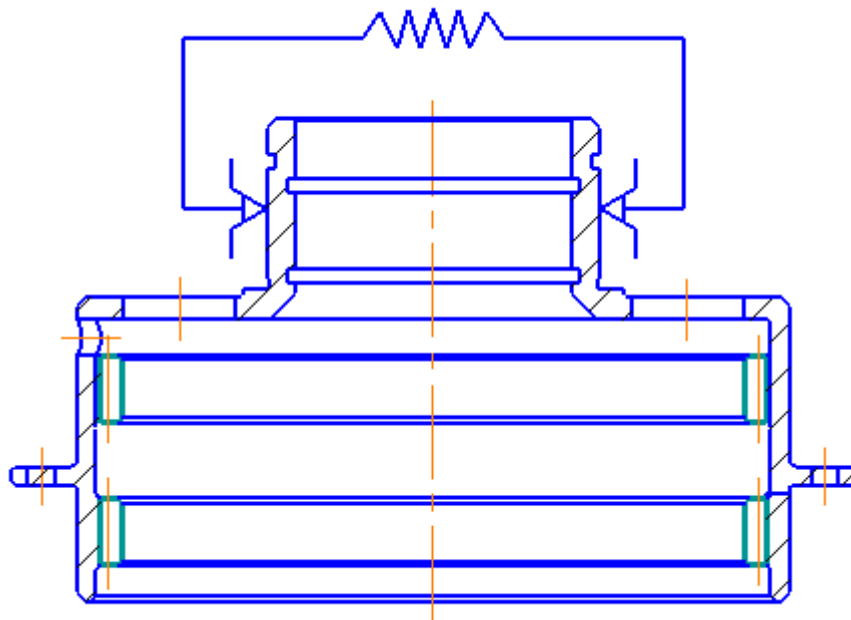


Рисунок 57 – Схема базирования заготовки в схвате промышленного робота

4.9 Анализ установочных размерных связей

Рассчитаем погрешность установки заготовки в патроне Γ_{Δ} и погрешность соосности оси детали и оси патрона, которые представлены на рисунке 58.

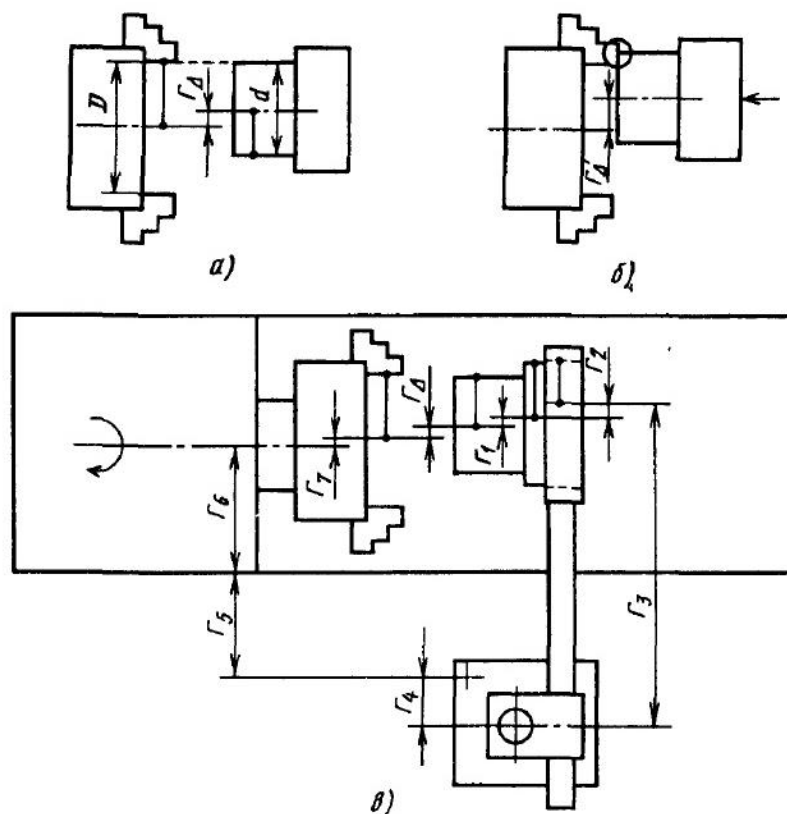


Рисунок 58 – Погрешность установки заготовки в патрон, погрешность соосности патрона и оси детали.

$$\Gamma_{\Delta \max} = 1/2(D - d) ;$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$$\Gamma_{\Delta\max} = 1/2(245 - 240) = \pm 2,5 \text{ мм};$$

$$\Gamma_{\Delta} = 0; T_{\Delta} = 5 \text{ мм};$$

Таким образом все остальные погрешности будем сравнивать с полем допуска $T_{\Delta} = 5 \text{ мм}$;

Представим себе, как пойдет закрепление заготовки при рассчитанном отклонении от соосности. Кулачки, сдвигающиеся к оси патрона, при наличии отклонения от соосности будут стремиться переместить заготовку в новое положение. Заготовка же пока еще закреплена на захватах робота. Следовательно, возникнут силы при передаче заготовки от робота в патрон. Сила может быть определена по формуле

$$P = j\Gamma_{\Delta},$$

где j — жесткость системы робот — заготовка — патрон.

При жесткости робота $j = 500 \text{ Н/мм}$ в случае отклонения от соосности $\Gamma_{\Delta} = \Gamma_{\Delta\max} = 5$;

в конкретном примере для установки ступицы диаметром 250 мм и длиной 200 мм необходимо, чтобы $P < 100 \text{ Н}$, тогда допустимое отклонение от соосности:

$$\Gamma'_{\Delta\max} = P/j = 100/500 = 0,2 \text{ мм}.$$

При автоматической работе РТК необходимо обеспечить, чтобы каждую заготовку робот устанавливал в патрон станка без поднастройки и регулировки, поэтому соосность Γ_{Δ} нужно обеспечивать по методу полной взаимозаменяемости. При полной взаимозаменяемости допуск замыкающего звена должен быть равен сумме полей допусков звеньев составляющих: $T_{\Delta} = T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + T6 + T7$, где $T1 - T7$ — допуски размеров Γ соответствующего номера. Допуск соосности $\Gamma_{\Delta} = \pm 0,2 \text{ мм}$ составляет $T_{\Delta} = 0,4 \text{ мм}$.

Рассмотрим допуски составляющих размеров:

Точность позиционирования робокара $T_{\Delta\text{робокар}} = 1 \text{ мм}$;

Точность позиционирования конвейера $T_{\Delta\text{конвейера}} = 1 \text{ мм}$;

Точность позиционирования штабелера $T_{\Delta\text{штабелера}} = 1,6 \text{ мм}$;

Точность позиционирования промышленного робота $T_{\Delta\text{робота}} = 0,12 \text{ мм}$;

Складывая данные погрешности сравним их с погрешностью полученной ранее $T_{\Delta} = 5 \text{ мм}$;

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		97

Погрешность $T_{\Delta\text{общая}} = T_{\Delta\text{дробокар}} + T_{\Delta\text{конвейера}} + T_{\Delta\text{штабелера}} + T_{\Delta\text{робота}}$

$$T_{\Delta\text{общая}} = 1 + 1 + 1,6 + 0,12 = 3,72 \text{ мм};$$

$$T_{\Delta\text{уст}} \geq T_{\Delta\text{общая}};$$

$$5 \text{ мм} \geq 3,72 \text{ мм};$$

Условие выполняется, следовательно, заготовка будет без проблем установлена в патроне, так же у нас остается запас погрешности и из этого можно сделать вывод о том, что в экономических целях промышленного робота можно заменить на менее точного и более дешевого, но я не буду этого делать.

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		98

5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ

На этом этапе составляется компоновочный план, схема цеха с указанием необходимых размеров зданий, площадей отделений производственных и вспомогательных, участков, складов и основных проездов. К компоновке прилагается поперечный разрез зданий. В основу компоновки цеха закладывались следующие принципы:

- кратчайший путь перемещения заготовок и деталей;
- движение заготовок и деталей в одном направлении без перекрестных и возвратных перемещений;
- непосредственная близость конечных пунктов линий изготовления деталей к рабочему месту узловой или общей сборки;
- рациональное использование всех площадей цеха;
- максимальное удобство для работы и отдыха производственного персонала при одновременном обеспечении высокой производительности технологических процессов и техники безопасности;
- возможность создания обще-корпусных вспомогательных баз (заточного отделения, мастерской по ремонту технологической оснастки и инструмента).

Участок обработки деталей типа зубчатое колесо состоит из:

- 1 – склад заготовок;
- 2 – кран балка;
- 3 – приёмо-раздаточный стол;
- 4 – токарный станок с ЧПУ GENOS L200-M;
- 5 – зубодолбежный станок с ЧПУ LFS 300;
- 6 – конвейер для уборки стружки;
- 7 – стол контролер;
- 8 – контейнер под стружку;
- 9 – участок автоматического контроля (УАК);
- 9а – контрольно-измерительная машина Wenzel INOVA Gear;
- 9б – рабочее место контролера;
- 10 – участок инструментального обеспечения;

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		99

10а – склад инструментов;

10б – прибор для наладки инструмента вне станка;

10в – рабочее место инструментщика;

11 – моечная машина Сивер 60 НТ;

12 – роботизированный захват;

13 – робокар;

14 – кран-штабелёр;

15 – склад готовой продукции;

НРИ - накопитель РИ;

ЯП - ящик с песком;

ПС - пожарный стенд.

Все оборудование расположено в трех пролетах вдоль колонн на расстоянии 2 м от колонн с одной стороны, транспортная система участка – в середине пролета. Заготовки доставляются в цех в виде штамповок. После чего они разгружаются на склад заготовок. Со склада на участок механической обработки заготовки доставляются при помощи крана-штабелера в таре. Далее рабочий устанавливает в трех кулачковый патрон, затем заготовка перемещается со станка на участок слесарной обработки, при помощи промышленного робота. С участка слесарной обработки робокар отвозит заготовки в моечную машину, а после на участок активного контроля, где при участии человека производится промежуточный контроль. После контроля робокар перевозит заготовки на приемо-раздаточный стол, откуда кран-штабелёр доставляет их на склад готовой продукции.

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		100

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 условия 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, приведенных в таблице 20.

Таблица 20 – Нормируемые параметры микроклимата

Период года	Температура воздуха (поверхностей), °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный и переходный	19-21 (18-22)	60-40 (до 75)	0,2
Теплый	20-22 (19-23)	60-40(75-55)	0,2

Выполнение этих норм осуществляется путем проведения следующих мероприятий:

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

Мероприятия, проводимые при использовании СОТС (смазочно-охлаждающего технологического средства):

- 1) на состав применяемой СОТС необходимо разрешение санитарного надзора;

- 2) состав СОТС на водном растворе, их антимикробная защита и пастеризация должны удовлетворять требованиям ГОСТ 121.3.025-80 ССБТ «Обработка металлов резанием. Общие требования безопасности»;
- 3) приготовление и подача СОТС к станкам должна быть централизованной;
- 4) периодичность и промывка систем для подачи СОТС должна быть не реже 1 раза в 6 месяцев;
- 5) станки должны быть оборудованы специальными сборниками и экранами защиты оператора;
- 6) 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;
- 7) рабочие должны использовать дерматологические кремы и пасты.

Для спроектированного техпроцесса предусматриваются следующие виды защиты:

- 1) ограничивающие, закрывающие доступ к опасным частям оборудования. Для этого используются кожухи, щиты. Ограждения должны быть достаточно прочными, надежно крепиться к фундаменту или частям машины;
- 2) предохранительные, автоматически отключающие оборудование при выходе какого-либо параметра за пределы допустимого;
- 3) сигнализирующие, окраска опасных частей оборудования в красный цвет;
- 4) 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:

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		102

1) 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. По характеру и времени проведения, инструктажи подразделяют на:

- вводный;
- первичный на рабочем месте;
- повторный;
- внеплановый;
- целевой.

2) запрещение операторам ремонтировать электрооборудование;

3) привлечение к ремонту оборудования лиц электротехнического персонала, своевременно прошедших инструктаж.

6.2 Мероприятия по электробезопасности

Электробезопасность – система организационных мероприятий и технических средств, обеспечивающих защиту людей от опасного и вредного действия электрического тока.

Электрический ток, проходя через организм человека, оказывает электролитическое, термическое и биологическое действие, вызывая местные и общие травмы.

На участке необходимо проводить следующие мероприятия по электробезопасности:

1) изолировать токоведущие части, что защищает электроустановки от чрезмерной утечки токов, предохраняет людей от поражения током и исключает возникновение пожаров;

2) сделать токоведущие части недоступными для случайного прикосновения;

3) применять двойную изоляцию, состоящую из рабочей изоляции и дополнительной, повышающей надежность работы, то есть защищающей человека от поражения при повреждении изоляции;

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		103

4) зануление, обеспечивающее быстрое отключение поврежденной установки или участка цепи максимальной токовой защиты вследствие короткого однофазного замыкания;

5) заземление нейтрали, обеспечивающее невозможность появления напряжения относительно земли на корпусе машины.

6.3 Мероприятия по пожарной безопасности

Пожар – это неконтролируемое горение вне специального очага, наносящее материальный ущерб. Горение – это химическая реакция окисления, сопровождающаяся выделением тепла. Для возникновения горения необходимы:

- горючее вещество;
- окислитель;
- источник загорания.

Опасными факторами пожара являются:

- повышенная температура воздуха и предметов;
- открытый огонь и искры;
- токсичные продукты горения;
- дым;
- взрывы;
- повреждения и разрушения зданий и сооружения.

Оценка пожарной опасности участка.

Спроектированный участок размещается в помещении пожарной опасности категории Д. Это помещения, в которых находятся и обрабатываются негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Выбор первичных средств пожаротушения. На участке располагаются следующие первичные средства пожаротушения:

- огнетушитель углекислотный ОУ-10 (1 шт), применяется для тушения электроустановок;
- огнетушитель ОП-10 (1 шт), применяемый тушения пожаров класса Д (металлы и металлоорганические вещества);
- ящики с песком (1 шт);

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		104

- лопаты (1 шт);
- топоры (1 шт).

Мероприятия, предупреждающие пожар на участке.

Пожарная профилактика – комплекс организационно-технических мероприятий, направленных на предупреждение пожаров, уменьшение его размеров. Пожарная профилактика осуществляется по следующим направлениям:

- 1) устранение непосредственных или возможных причин пожаров в процессе эксплуатации зданий, технологического оборудования, систем отопления, вентиляции, освещения, электроснабжения;
- 2) ограничения возможного распространения пожара и взрыва;
- 3) обеспечение эвакуации людей и оборудования из горящего здания;
- 4) обеспечение быстрого развертывания действий по пожаротушению;
- 5) разработка наглядных пособий по пожарной безопасности;
- 6) разработка инструкций по пожарной безопасности.

К организационным мероприятиям относятся:

- разработка инструкций о соблюдении противопожарного режима и о действиях людей при возникновении пожара;
- организация обучения рабочих и служащих по правилам пожарной безопасности.

Порядок действия при пожаре:

- 1) отключить электропитание, вызвать по телефону пожарную команду;
- 2) эвакуировать людей из помещения согласно плану эвакуации;
- 3) приступить к ликвидации пожара огнетушителями.

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		105

7 ВЫВОДЫ ПО КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

Проектирование технологических процессов изготовления деталей должно вестись в соответствии с требованиями единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП), которая предусматривает широкое применение прогрессивных типовых технологических процессов, стандартная технологическая оснастка и оборудования средств механизации и автоматизации производственных процессов, инженерно-технических и управленческих работ.

Данная квалификационная работа представляет собой расчетно-графическую работу, в которой обобщаются все технологические познания и навыки, приобретенные за время обучения. Здесь анализируется действующий технологический процесс, выявляются его недостатки и разрабатывается проектный вариант технологического процесса.

Для проектного варианта был выбран наилучший способ получения заготовки (штамповка в закрытых штампах) в условиях крупносерийного производства, основное технологическое оборудование (токарный станок с ЧПУ Genos L200-M, зубодолбежный станок LFS 300) с учётом автоматизации механической обработки заготовки. Так же была сформирована операционно-маршрутная технология, произведён маршрутно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса, рассчитаны режимы резания и нормы времени на все операции ($T_{шт} \approx 158,59$ мин).

В конструкторской части была проанализированы и выбраны технологическая оснастка и режущий инструмент, проведен обзор и логистика подбора станочного приспособления и режущий инструмент (хвостовой), а также выбрано измерительное оборудование.

Также разработана схема гибкого производственного участка для изготовления детали типа «Колесо зубчатое». Для автоматизации участка определены составы станочного и вспомогательного оборудования, а также разработана структура АТСС и АСУО.

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		106

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 и режимов 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.

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		107

11. Безопасность жизнедеятельности в дипломных проектах: учебное пособие/ В.Н. Бекасова, С.И. Боровик, Н.В. Глотова и др.; под ред. И.С. Окраинской. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 166 с.

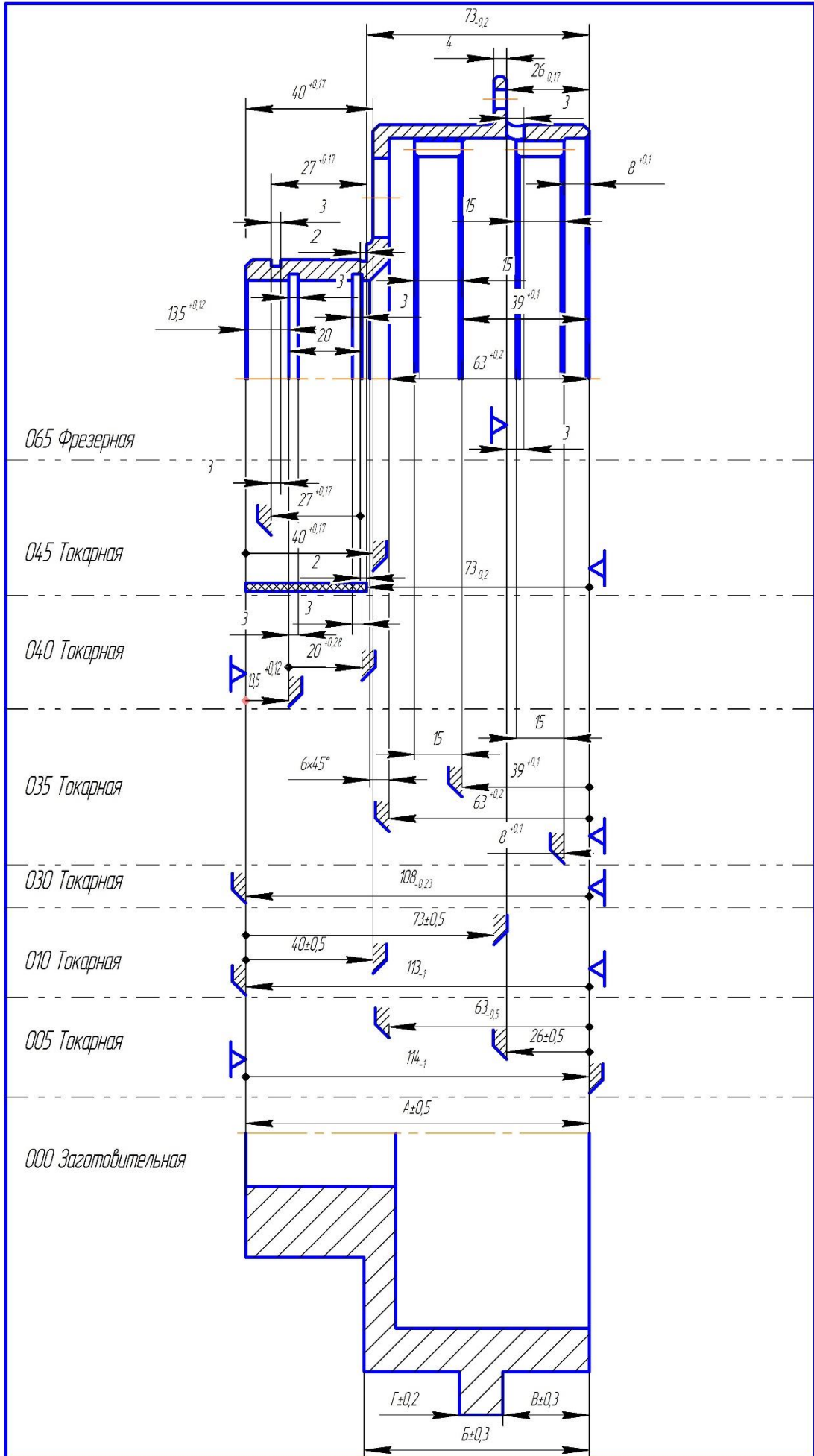
12. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т/ Под редакцией А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М: Машиностроение, 1986. – Т1–656с.

13. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. / Под редакцией А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М: Машиностроение, 1986. – Т2–496с.

14. СТО ЮУрГУ 04–2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / составители: Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с.

					<i>ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		108

ПРИЛОЖЕНИЕ А



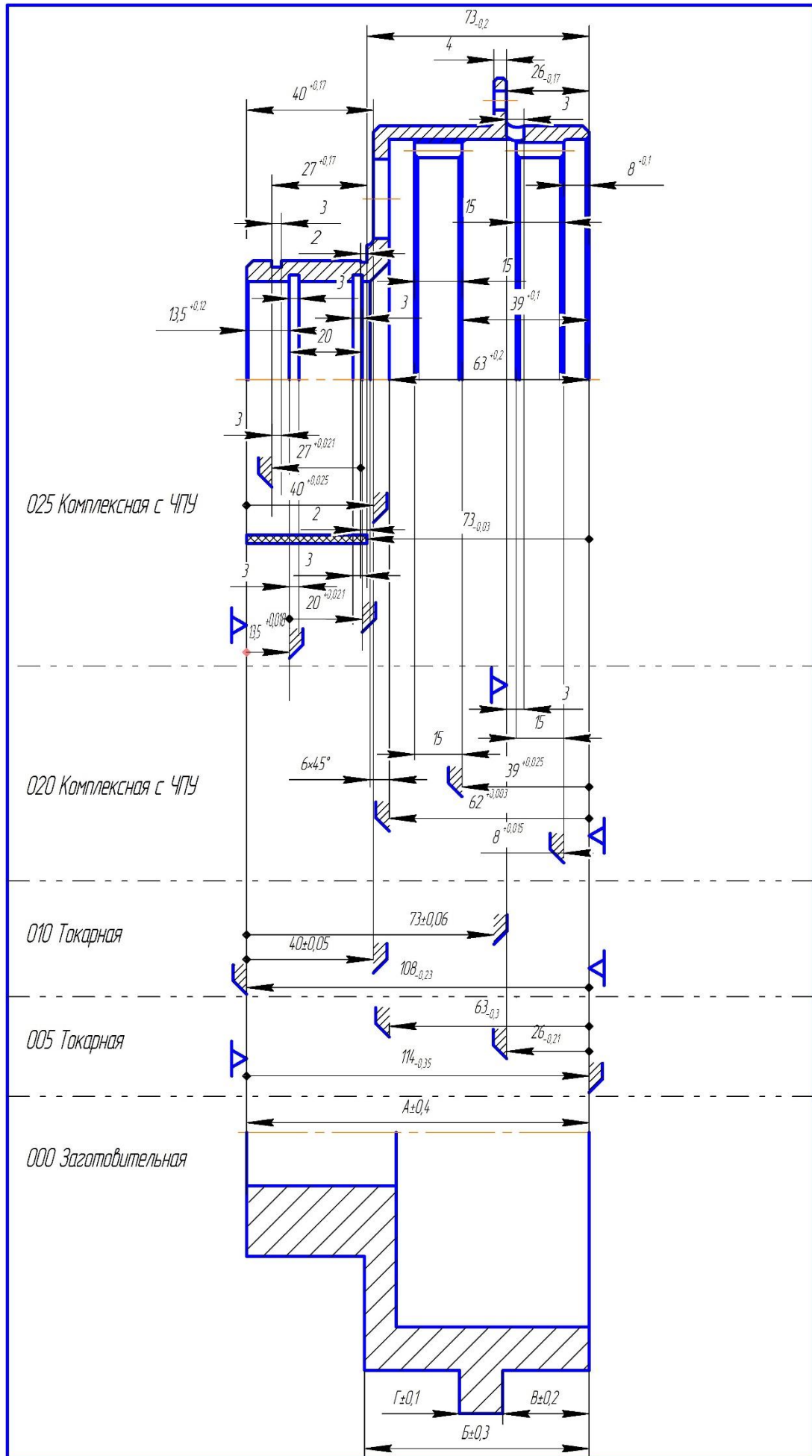
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР

Лист

109

ПРИЛОЖЕНИЕ Б



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР

Лист

110

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Политехнический институт
Кафедра «Технология автоматизированного машиностроения»

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

В.И. Гузеев
Гузеев В. И.

«___» _____ 2017 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу студента

Бокова Андрея Сергеевича

Группа: П – 451

1. Тема квалификационной работы:

Проектирование технологического процесса обработки детали «Колесо зубчатое» для условий современного конкурентоспособного производства.

утверждена приказом по университету от «___» _____ 2017 г.

№ _____

2. Срок сдачи студентом квалификационной работы – 17.05.2017 г.

3. Исходные данные к квалификационной работе:

3.1. Чертежи деталей и узлов

3.2. Тип производства: серийное

3.3. Режим работы участка: односменный

3.4. Материалы производственной практики

3.5 Материалы курсовых проектов и работ по сопутствующим дисциплинам

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		111

4. Содержание расчетно-пояснительной записки:

Аннотация

Оглавление

Введение

1. Общая часть

1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия

1.2 Служебное назначение детали «Колесо зубчатое»

и технические требования, предъявляемые к детали

1.3 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для соответствующих отраслей машиностроения

1.4 Формирование целей и задач выполнения квалификационной работы

Данный раздел сопровождается следующей графической частью, оформляемой отдельно:

– конструкторский чертеж детали – 1 лист;

– цели и задачи квалификационной работы – 1 лист.

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.

2.1.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента.

2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса.

2.1.4 Выводы по разделу.

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

2.2.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки.

2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования.

2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта.

2.2.4 Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса.

2.2.5 Расчёт режимов резания и норм времени на все операции проектного варианта технологического процесса.

2.2.6 Выводы по разделу.

Данный раздел сопровождается следующей графической частью, оформляемой отдельно:

– чертеж исходной заготовки или возможных вариантов получения

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		112

исходных заготовок – 1 лист;
– операционные эскизы базового и проектного вариантов технологических процессов с указанием расчетного времени Тит. – 1-2 листа;
– расчетно-технологическая карта на одну операцию механической обработки – 1 лист.

3. Конструкторская часть.

3.1 Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки.

3.2 Проектирование и расчёт специального станочного приспособления.

3.3 Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента.

3.4 Проектирование и расчёт специального режущего инструмента

3.5 Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля

Данный раздел сопровождается следующей графической частью, оформляемой отдельно:

- чертеж специального станочного приспособления (или схема алгоритма выбора стандартизированной технологической оснастки) 1– 2 листа;
- чертеж специального режущего инструмента (или схема алгоритма выбора стандартизированного режущего инструмента) – 1 – 2 листа;
- чертеж специального контрольного приспособления (или схема выбора измерительного оборудования) – 1 лист.

4. Научно-исследовательская часть

Выполняется по согласованию с руководителем работы

5. Автоматизация технологического процесса.

5.1 Анализ возможных направлений по автоматизации технологического процесса изготовления детали.

5.2 Разработка структурной схемы гибкого производственного участка

5.3 Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы (промышленные роботы, накопители, транспортные системы, складские системы)

5.4 Базирование заготовки, полуфабриката, готовой детали в промышленном роботе, транспортном устройстве, промежуточном накопителе

5.5 Анализ производительности автоматизированной системы

Данный раздел сопровождается следующей графической частью, оформляемой отдельно:

- чертеж возможных вариантов структурных схем автоматизации проектируемого участка – 1 лист.

6. Организационно-производственная часть

					ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		113

Разработка планировки участка механической обработки, встроенного в основной цех, с учетом возможности его автоматизации для спроектированного варианта технологического процесса
Данный раздел сопровождается следующей графической частью, оформляемой отдельно:
– чертеж планировки расположения в основном цехе одного из вариантов спроектированного автоматизированного участка – 1 лист)

7. Безопасность технологического цикла изделия
7.1 Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда
7.2 Мероприятия по электробезопасности
7.3 Мероприятия по пожарной безопасности

8. Выводы по квалификационной работе
Список литературы
Приложения

5. Иллюстративный материал

5.1 Перечень графического материала:

1. Цели и задачи квалификационной работы – 1 лист;
2. Конструкторский чертеж детали – 1 лист;
3. Чертеж заготовки или возможных вариантов заготовок – 1 лист;
4. Операционные эскизы базового и проектного вариантов технологических процессов с указанием расчетного времени Тшт. – 1-2 листа;
5. Расчетно-технологическая карта на одну операцию механической обработки – 1 лист;
6. Чертеж специального станочного приспособления – 1 – 2 листа;
7. Чертеж специального режущего инструмента – 1 – 2 листа;
8. Чертеж контрольного приспособления или инструмента – 1 лист.
9. Чертеж возможных вариантов структурных схем автоматизации проектируемого участка – 1 лист;
10. Чертеж планировки расположения в основном цехе одного из вариантов спроектированного автоматизированного участка – 1 лист

Всего листов 10 – 12

5.2 Альбом технологической документации:

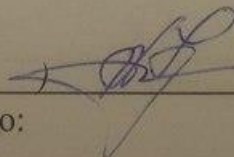
– операционный технологический процесс на один из вариантов спроектированного технологического процесса.

5.3 Альбом раздаточного графического материала для членов ГЭК.

6. Дата выдачи задания:

02.02.2017 г.

Руководитель работы:



/ Ф. И. О. /

Задание принял к исполнению:

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					114

ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР

(Ф.И.О. студента): Борисов Д.С. / Борисов / (подпись)

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов выпускной квалификационной работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении руководителя
1 Пояснительная записка		
1.1 Общая часть	21.04.2017	
1.2 Технологическая часть	21.04.2017	
1.3 Конструкторская часть	05.05.2017	
1.4 Научно-исследовательская часть	-	
1.5 Автоматизация системы функционирования операций технологического процесса	05.05.2017	
1.6 Организационно-производственная часть	05.05.2017	
1.7 Безопасность технологического цикла изделия	05.05.2017	
1.6 Оформление пояснительной записки	26.05.2017	
2 Графические работы	26.05.2017	
3 Оформление технологического процесса	26.05.2017	
4 Окончательное оформление работы	31.05.2017	
5 Сдача квалификационной работы на защиту	02.06.2017	

Заведующий кафедрой /Ф. И. О./
(подпись)

Руководитель работы: /Ф. И. О./
(подпись)

Студент: Борисов Д.С. / Борисов /Ф. И. О./
(подпись)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ.15.03.05.2017.451.000 ПЗ ВКР

Лист

115