

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт «Политехнический»
Факультет «Машиностроение»
Кафедра «Технология автоматизированного машиностроения»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

_____ Гузеев В.И.

« ____ » _____ 2020 г.

Разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления
детали «Колесо зубчатое»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 150305.2020.304.00 ПЗ ВКР

Нормоконтроль

_____ Болдырев И.С.

« ____ » _____ 2020 г.

Руководитель, доцент к.т.н.

_____ Шаламов П.В.

« ____ » _____ 2020 г.

Автор работы

Студент группы П-452

_____ Тарасова М.А.

« ____ » _____ 2020 г.

Челябинск 2020

АННОТАЦИЯ

Тарасова М.А. Разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления детали «Колесо зубчатое» – Челябинск: ЮУрГУ, П-452, 139 с., 91 ил., 34 табл., библиогр. список – 15 наим.

В выпускной квалификационной работе описан узел гидротрансформатора с редуктором приводов, в который входит деталь «Зубчатое колесо». Произведён обзор технических требований, предъявляемых к данной детали. Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для шлифования зубьев.

Технологическая часть представляет собой анализ технологического процесса на предприятии. Далее производится разработка нового, проектного варианта технологического процесса, с выбором получения исходной заготовки и технологического оборудования.

В конструкторской части произведён обзор и выбор стандартной технологической оснастки, режущего инструмента, станочного приспособления. Выполнен расчёт специального режущего инструмента для операции протягивания. Для операции контроля подобрана координатно-измерительная машина. На этапе автоматизации технологического процесса разработана схема ГПС. Рассмотрены мероприятия по обеспечению безопасности работы на предприятии.

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Тарасова М.А.</i>				<i>Разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления детали «Колесо зубчатое»</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Шаламов П.В.</i>						2	139
<i>Реценз.</i>						<i>ЮУрГУ</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Болдырев И.С.</i>					<i>Кафедра ТАМ</i>		
<i>Утверд.</i>	<i>Гузеев В.И.</i>							

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ.....	7
1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия	7
1.2 Служебное назначение детали «Колесо зубчатое» и технические требования, предъявляемые к детали	9
1.3 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для соответствующих отраслей машиностроения.....	10
1.4 Анализ технологичности детали «Колесо зубчатое»	11
1.5 Формирование целей и задач проектирования.....	16
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	18
2.1 Анализ существующей на предприятии документации для конструкторско-технологической подготовке действующего производства	18
2.1.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса .	18
2.1.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента.....	19
2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса	22
2.1.4 Выводы по подразделу.....	31
2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «Колесо зубчатое»	31
2.2.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки	31
2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования	33
2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта технологического процесса.....	41

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

2.2.4	Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса.....	44
2.2.5	Расчёт режимов резания и норм времени на все операции проектного варианта технологического процесса.....	51
2.2.6	Выводы по подразделу.....	69
3	КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	70
3.1	Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки.....	70
3.2	Проектирование и расчёт специального станочного приспособления.....	72
3.3	Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента	72
3.4	Проектирование и расчёт специального режущего инструмента	78
3.4.1	Расчет и проектирование эвольвентной шлицевой протяжки.....	78
3.4.2	Расчет корригированного профиля.....	87
3.4.3	Расчет размеров по роликам при коррекции профиля по дуге окружности	92
3.5	Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля	95
3.6	Расчет и описание работы схвата промышленного робота.....	97
4	АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	109
4.1	Анализ возможных направлений по автоматизации технологического процесса изготовления детали	109
4.2	Разработка структурной схемы гибкого производственного участка	113
4.2.1	Определение состава и числа оборудования станочного комплекса ГПС	113
4.2.2	Определение структуры и состава автоматической транспортно-складской системы ГПС.....	115
4.2.3	Проектирование предварительной компоновочной схемы ГПС.....	118

ВВЕДЕНИЕ

Целью данного курсового проекта является анализ действующего и проектирование нового технологического процесса детали «Колесо зубчатое» с использованием нового оборудования для автоматизирования производства и конкурентоспособности.

Задачи курсового проекта:

- описать и проанализировать узел, в котором работает деталь;
- проанализировать документацию действующего технологического процесса;
- проанализировать оборудование и технологическую оснастку, используемые в действующем технологическом процессе;
- произвести размерно-точностной анализ действующего технологического процесса;
- выбрать способ получения заготовки;
- выбрать технологическое оборудование;
- сформировать проектный технологический процесс;
- произвести расчет режимов резания и нормирования времени;
- выбрать технологическую оснастку;
- спроектировать станочное приспособление;
- выбрать стандартизованный режущий инструмент;
- спроектировать специальный режущий инструмент;
- выбрать измерительное оборудование.

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия

Зубчатое колесо 64-14-269 входит в узел гидротрансформатора с редуктором приводов (рисунки 1.1, 1.2). Гидротрансформатор увеличивает крутящий момент двигателя, передает мощность от мотора к трансмиссии.

Вращение двигателя передается на насосное колесо через корпус гидротрансформатора. Вращение турбинного колеса передается трансмиссией через вал. Поток жидкости из турбинного колеса направлен вдоль вала, дойдя до реактора поток пытается привести его в движение. Но муфта свободного хода не дает этого сделать, поэтому от лопастей неподвижного реактора жидкость будет направлена в сторону вращения насосного колеса. Этот уже разогнанный поток еще сильнее разгоняется насосным колесом и под увеличенным давлением направляется обратно на турбинное колесо. Генерирует на его лопастях увеличенный крутящий момент и попадает на трансмиссию, когда бульдозер начинает движение. По мере увеличения скорости турбинного колеса поток жидкости на выходе из него отклоняется сильнее. В какой-то момент отклонение становится таким сильным, что трансмиссионная жидкость начинает воздействовать на другую сторону лопастей реактора. И реактор начинает свободно вращаться в том же направлении, что насосное и турбинное колеса. Завихрение потока жидкости на входе в насосное колесо уже не такое интенсивное, как в первом случае. Крутящий момент увеличивается не так значительно. В такой ситуации, скорость вращения турбинного колеса составляет примерно 90% от скорости колеса насосного.

Редуктором называют агрегат, содержащий передачи зацеплением и предназначенный для повышения вращающего момента и уменьшения угловой скорости двигателя.

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

1.2 Служебное назначение детали «Колесо зубчатое» и технические требования, предъявляемые к детали

На ось 64-14-259 через подшипник закрепляется зубчатое колесо 64-14-267 (36), которое вращается совместно с тором. Вращение происходит от двигателя. При вращении момент передается на карданный вал.

За счет главной шестерни 64-14-267 происходит зацепление с зубчатым колесом 64-14-269 (38) (рисунок 1.3). Оно в свою очередь вращает гидравлический насос, который нагнетает давление масла в гидросистему трактора.

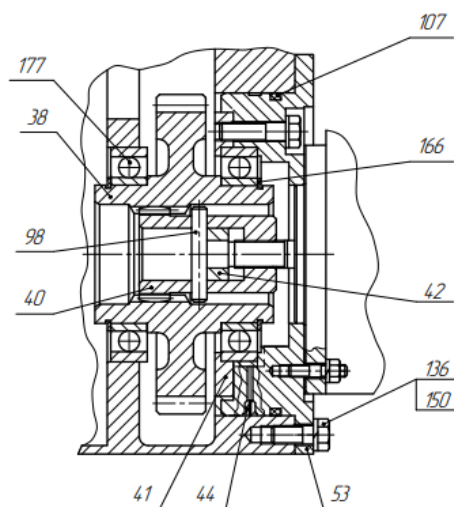


Рисунок 1.3 – Разрез Д–Д

В технических требованиях на чертеже детали «Колесо зубчатое» (рисунок 1.4) указаны поверхности для цементации. Это проводится для повышения твердости поверхности, так как при зубчатом зацеплении на эти поверхности оказывается сильное напряжение и возможно разрушение зубьев. В следующем пункте обозначены общие допуски H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$. Отмечено, что данные для контроля по нормам точности зубчатого колеса по ГОСТ 1643-81. Перечислены параметры для контроля зубчатого венца. Допуск непостоянства диаметра в поперечном и продольном сечениях поверхностей А и Б 0,011 мм. Также допускается шлицы контролировать по элементам: диаметр ролика 6 мм, размер между роликами 47,486 $\left(\begin{smallmatrix} +0,328 \\ +0,123 \end{smallmatrix} \right)$ мм. Размеры, отмеченные *, обеспечить инструментом.

									Лист
									9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.304.00 ПЗ ВКР				

– Метод огибания (бесцентроидного огибания) с индивидуальным давлением. При этом методе профиль зубьев возникает как огибающая различных положений производящей поверхности шлифовального круга.

– Метод обката. Центроиды круга и обрабатываемого колеса касаются друг друга без скольжения.

– Метод копирования. Контактные линия поверхности инструмента совпадают с плоским сечением производящей поверхности инструмента.

В последнее время стал распространяться метод зубошлифования колес с внутренним зубом бочкообразным червячным шлифовальным кругом. Этот метод предложен специалистами компании Mitsubishi (Япония).

Также за рубежом получила распространение технология: фрезерование–шевингование–термообработка–хонингование. Последнее из перечисленных является силовым методом зубохонингования охватывающим хонем, выполненным в виде зубчатого колеса с внутренними зубьями. Эта операция эффективно используется в современных технологических процессах для снижения уровня шума зубчатых передач.

Методы зубошлифования, а также станки для выполнения операций постоянно совершенствуются для более полного удовлетворения требований отраслей промышленности.

1.4 Анализ технологичности детали «Колесо зубчатое»

Показатель технологичности детали по точности размеров $K_{тч}$ можно определить по формуле (1.1):

$$K_{тч} = \frac{3}{\frac{1}{K_{лин}} + \frac{1}{K_{угл}} + \frac{1}{K_{фр}}}, \quad (1.1)$$

Каждый из входящих в выражении показателей $K_{лин}$, $K_{угл}$, $K_{фр}$ определяют по ниже приведенным зависимостям.

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Коэффициент точности детали по линейным размерам Клинь определяют по формуле (1.2):

$$K_{\text{лин}} = \frac{\sum_{i=1}^k z_i * IT_i}{IT_k \sum_{i=1}^k z_i}, \quad (1.2)$$

где IT_k – наибольший квалитет (номер квалитета) допусков линейных размеров обрабатываемых поверхностей данной детали;

IT_i – квалитеты допусков линейных размеров i обрабатываемой поверхности данной детали;

Z_i – количество размеров, имеющих допуски с одинаковым (соответствующим) квалитетом IT_i ;

k – количество поверхностей детали с линейными размерами.

Занесем все линейные размеры в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Линейные размеры

Количество размеров	Квалитет
2	6
1	7
3	11
7	12
3	13
14	14
2	15

$$K_{\text{лин}} = \frac{2 * 6 + 1 * 7 + 3 * 11 + 7 * 12 + 3 * 13 + 14 * 14 + 2 * 15}{15(2 + 1 + 3 + 7 + 3 + 14 + 2)} = 0,84,$$

Коэффициент точности детали по угловым размерам Кугль определяется по выражению (1.3):

$$K_{\text{угл}} = \frac{\sum_{i=1}^k z_i * AT_i}{AT_m \sum_{i=1}^m z_i}, \quad (1.3)$$

где AT_m – наибольшая степень (номер) точности угловых размеров данной детали;

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

A_{Ti} – степень точности i угловых размеров;

Z_i – количество угловых размеров, имеющих степень точности A_{Ti} ;

m – общее количество угловых размеров.

Занесем все угловые размеры в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 – Угловые размеры

Количество размеров	Квалитет
6	14

$$K_{\text{угл}} = \frac{6 * 14}{14 * 6} = 1.$$

Коэффициент точности детали по форме и расположению поверхностей $K_{\text{фр}}$ определяем по формуле (1.4):

$$K_{\text{фр}} = \frac{\sum_{i=1}^I z_i * S_i}{S_I \sum_{i=1}^I z_i}, \quad (1.4)$$

где S_I – наибольшая степень (номер) точности допусков формы и расположения поверхностей данной детали;

S_i – степень точности допусков формы и расположения i поверхности данной детали;

Z_i – количество допусков формы и расположения, имеющих степень S_i ;

I – общее число поверхностей с допусками формы и расположения.

Занесем все точности по форме и расположению в таблицу 1.3.

Таблица 1.3 – Точность детали по форме и расположению

Количество размеров	Квалитет
3	8
1	9

$$K_{\text{фр}} = \frac{3 * 8 + 1 * 9}{9 * 4} = 0,92,$$

$$K_{\text{тч}} = \frac{3}{\frac{1}{0,84} + \frac{1}{1} + \frac{1}{0,92}} = 0,92.$$

Показатель технологичности по шероховатости поверхностей детали характеризует конструкцию с точки зрения наличия поверхностей, имеющих шероховатость, достижение которой при обработке связано с увеличением затрат на изготовление.

Для цилиндрических, конических сферических поверхностей сложными в обработке, то есть требующие увеличение затрат на изготовление, можно считать поверхности, шероховатость которых $Ra \leq 1,25$ мкм, для торцевых и плоских поверхностей соответственно – менее $Ra \leq 2,5$ мкм.

Показатель технологичности конструкции детали по шероховатости $K_{ш}$ определяем по формуле (1.5):

$$K_{ш} = \frac{2}{\frac{1}{K_{цкс}} + \frac{1}{K_{пт}}}, \quad (1.5)$$

где $K_{цкс}$ – коэффициент шероховатости цилиндрических, конических и сферических поверхностей;

$K_{пт}$ – коэффициент шероховатости плоских и торцевых поверхностей.

Коэффициент шероховатости цилиндрических, конических и сферических поверхностей $K_{цкс}$ определяем по формуле (1.6):

$$K_{цкс} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{цкс}} Ra_i}{1,25 N_{цкс}}, \quad (1.6)$$

где Ra_i – показатели шероховатостей i цилиндрических, конических и сферических поверхностей, мкм;

$N_{цкс}$ – общее количество цилиндрических, конических и сферических поверхностей, имеющих шероховатость $Ra \leq 1,25$ мкм (поверхностей с шероховатостью Ra более 1,25 мкм не учитываем).

$$K_{цкс} = \frac{1,25 + 1,25}{1,25 * 2} = 1.$$

Коэффициент шероховатости плоских и торцевых поверхностей $K_{пт}$ определяем по выражению (1.7):

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

$$K_{\text{пт}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{пт}}} Ra_i}{2,5N_{\text{пт}}}, \quad (1.7)$$

где Ra_i – шероховатость i торцевой или плоской поверхности, мкм;

$N_{\text{пт}}$ – общее количество плоских и торцевых поверхностей, имеющих шероховатость $Ra \leq 2,5$ мкм (поверхности с шероховатостью Ra более 2,5 мкм в расчете не учитываем).

$$K_{\text{пт}} = \frac{2,5 + 2,5}{2,5 * 2} = 1,$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{2}{\frac{1}{1} + \frac{1}{1}} = 1.$$

Коэффициент использования материала $K_{\text{им}}$ определяем по формуле (1.8):

$$K_{\text{им}} = \frac{M_{\text{д}}}{M_{\text{з}}}, \quad (1.8)$$

где $M_{\text{д}}$ – масса детали;

$M_{\text{з}}$ – масса заготовки.

Масса детали равна 8,5 кг (из таблицы на чертеже). Масса заготовки равна 12,75 кг (из расчетов).

$$K_{\text{им}} = \frac{8,5}{12,75} = 0,7,$$

Коэффициенты стандартизации и унификации конструктивных элементов детали $K_{\text{с.у.э}}$ определяем по формуле (1.9):

$$K_{\text{с.у.э.}} = \frac{Q_{\text{с.у.э.}}}{Q}, \quad (1.9)$$

где $Q_{\text{с.у.э}}$ – количество стандартных и унифицированных конструктивных элементов;

Q – общее количество конструктивных элементов детали, включая стандартные и унифицированные.

$$K_{\text{с.у.э.}} = \frac{15}{15} = 1.$$

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

Коэффициент прогрессивности формообразования $K_{пфо}$ определяется по формуле (1.10):

$$K_{пфо} = \frac{n_{пф}}{n}, \quad (1.10)$$

$$K_{пфо} = 0.$$

Коэффициент технологичности рассчитывается по формуле (1.11):

$$K = \frac{K_{тч} + K_{ш} + K_{им} + K_{с.у.э.} + K_{пфо}}{n}, \quad (1.11)$$

$$K = \frac{0,92 + 1 + 0,73 + 1 + 0}{5} = 0,73.$$

Исходя из расчетов, можно сделать вывод, что деталь технологична.

1.5 Формирование целей и задач проектирования

Целью выпускной квалификационной работы является разработка нового варианта технологического процесса изготовления детали «Колесо зубчатое».

Задачами выпускной квалификационной работы являются:

- произвести аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки;
- произвести аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования;
- сформировать операционно-маршрутную технологию проектного варианта технологического процесса;
- произвести размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса;
- рассчитать режимы резания и нормы времени на все операции проектного варианта технологического процесса;
- произвести аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки;
- спроектировать и рассчитать специальное станочное приспособление;

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

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

2.1.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса

На предприятии должны быть представлены основные технологические документы, такие как, карта технологического процесса, маршрутная карта, карта операционных эскизов, журнал контроля технологического процесса, карта наладки инструмента. На данном предприятии имеются только карта технологического процесса и маршрутная карта с операционными эскизами.

В операционных картах указаны все станки, на которых выполняются операции. Везде отмечен режущий инструмент и приспособления. На операционных эскизах указаны не все размеры, необходимые для выполнения операций. Есть нарушения в составлении размерных цепей. Также имеются недочеты в назначении комплекта баз на некоторых операциях. Например, на токарной операции 035 простановка размеров ведется не от базовой поверхности (рисунок 2.1).

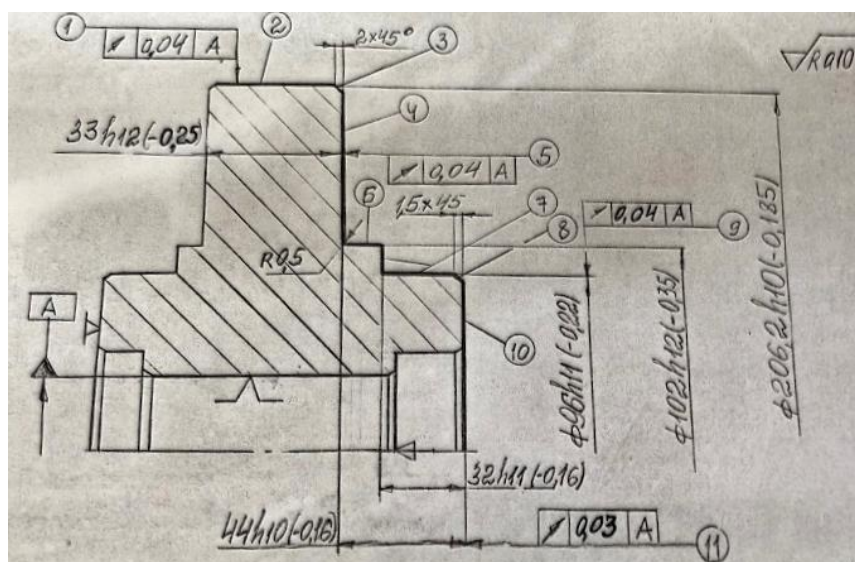


Рисунок 2.1 – Заготовка после токарной обработки

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

2.1.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента

005 Сверлильная операция. Оборудование: станок вертикально-сверлильный СС2000. Приспособления и инструменты: Б9698-7982 сверлильное приспособление, втулка, штангенциркуль, сверло 38.

010 Токарная операция. Оборудование: станок токарно-винторезный 16К20. Приспособления и инструменты: патрон 3х кулачковый, кулачки, штангенциркуль, штангенглубиномер, пробка, шаблон 2,5*45°, резец Т15К10 25*16*150, резец Т15К10 20*16*120, резец Т15К10 25*25*240, резец Т15К6 25*16*125.

015 Токарная операция. Оборудование: станок токарно-винторезный 16К20.

Приспособления и инструменты: патрон 3х кулачковый, кулачки, скобы, штангенциркуль, шаблон 1,5*45°, резец Т15К10 25*16*150, резец Т15К6 16*12*170, резец Т15К6 25*16*125, шаблон 2,5*45°.

020 Протяжная операция. Оборудование: станок горизонтально-протяжной 7Б56. Приспособления и инструменты: протяжное, щетка-сметка металлическая, переходник, пробка 47Н7, патрон вспомогательный, патрон, протяжка 47Н7.

035 Токарная операция. Оборудование: станок токарно-винторезный 16К20. Приспособления и инструменты: оправка конусная, оправка цанговая, хомутик, центр, скоба 33h12, штангенциркуль, индикатор, штатив, шаблон 44h10*60, скобы, резец Т15К6 25*16*140, резец Т15К6, шаблон R0,5 для заточки резца, штангенглубиномер, резец Т15К6 25*16*120, шаблон 1,5*45°.

040 Токарная операция. Оборудование: станок токарно-винторезный 16К20. Приспособления и инструменты: оправка конусная, оправка цанговая, центр, хомутик, скобы, штангенциркуль, оправка, штатив, штангенглубиномер, шаблон R0,5, резец Т15К6 25*16*140, индикатор, резец Т15К6 20*16*120, резец Т15К6 25*16*120, шаблон 1,5*45°.

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

050 Контрольная операция. Оборудование: стол контрольный. Приспособления и инструменты: шаблон 1,5*45°, штангенглубиномер, скобы, пробка 47Н7, штангенциркуль, индикатор, клеймо резиновое ОТК, раствор №1.

055 Зубофрезерная операция. Оборудование: станок зубофрезерный 53А50. Приспособления и инструменты: зубофрезерное, оправка для фрезы, скоба 73h12, фреза m-5*А.

060 Зубофрезерная операция. Оборудование: станок зубофрезерный 53А50. Приспособления и инструменты: зубофрезерное, оправка для фрезы, скобы, межцентромер, шестерня эталонная, оправка для эталонной шестерни, фреза m-5*А.

075 Контрольная операция. Оборудование: стол контрольный. Приспособления и инструменты: образцы шероховатости, скобы, шестерня эталонная, оправка для эталонной шестерни, оправка для детали, индикатор, межцентромер, скобка индикаторная, клеймо ОТК, молоток 02.

080 Термообработка: цементация. Цементировать кругом.

085 Токарная операция. Оборудование: станок токарно-винторезный 16К20. Приспособления и инструменты: патрон 3х кулачковый, резец Т15К6 20*16*200, пробки, штангенциркуль, штангенглубиномер, шаблон 42*120°, резец Т15К6 25*16*140, шаблон 3*30°, резец Т15К6 20*16*120, шаблоны для заточки резца, скоба, шаблон R1, шаблон 2*45°.

090 Токарная операция. Оборудование: станок токарно-винторезный 16К20. Приспособления и инструменты: патрон 3х кулачковый, резец Т15К6 20*16*120, шаблон R1 для заточки резца, скобы, резец Т15К6 25*16*120, шаблон 2*45°, резец Т15К6 20*16*200, штангенциркуль, шаблон 42*120°, резец Т15К6 25*16*140, шаблон 3*30°.

095 Протяжная операция. Оборудование: станок горизонтально-протяжной 7Б56. Приспособления и инструменты: протяжное, щетка-сметка металлическая

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

покупная, переходник, патрон вспомогательный, патрон, протяжка, пластина 59,3Н10, калибр 46,6Н10.

110 Контрольная операция. Оборудование: стол контрольный. Приспособления и инструменты: образцы шероховатости, шаблон 42*120, шаблон 3*30°, шаблон 2*45°, шаблон R1, скобы, штангенглубиномер, штангенциркуль, пластина 59,3Н10, пробки, калибр 46,6Н10, клеймо ОТК, молоток 0,2.

120 Шлифовальная операция. Оборудование: станок внутришлифовальный 3К228. Приспособления и инструменты: патрон 3х кулачковый, карандаш, штатив, индикатор, оправка для шлифовального круга, круг шлифовальный 5-50*40*13, пробка, нутромер, кольцо для настройки нутромера.

125 Протяжная операция. Оборудование: станок горизонтально-протяжной 7Б56. Приспособления и инструменты: протяжное, переходник, патрон вспомогательный, патрон, протяжка, калибр, штангенциркуль, калибр комп.

140 Шлифовальная операция. Оборудование: станок кругло-шлифовальный 3Б161. Приспособления и инструменты: оправка конусная, оправка цанговая, центр, хомутик, приспособление для балансировки, оправка для балансировки шлифовального круга, фланцы, карандаш, круг шлифовальный 1-600*80*305, шаблон 34h11, скоба, шаблон, оправка конусная, центра, штатив, индикатор.

145 Зубошлифовальная операция. Оборудование: станок зубошлифовальный AZA. Приспособления и инструменты: оправка, карандаш, ролик алмазный угловой для правки профиля круга покупной (для предварительной правки круга), 2 резца алмазных для правки профиля абразивного червяка покупные (для чистовой правки круга), приспособление для резцов при станке, приспособление для балансировки шлифовального круга при станке, оправка для балансировки шлифовального круга при станке, фланцы, червяк абразивный, шаблон для контроля профиля шлифовального круга, скоба, межцетромер, шестерня эталонная, оправка для эталонной шестерни, оправка для детали, диск, индикатор, скоба индикаторная.

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

150 Токарная операция. Оборудование: станок токарно-винторезный 16К20. Приспособления и инструменты: патрон 3х кулачковый, штатив, резец Т15К6 20*12*120, калибр, скоба, пластина 27,1Н12.

165 Контрольная операция. Оборудование: стол контрольный. Приспособления и инструменты: образцы шлифования, шаблон R1,6, шаблон R1, пластина 27,1Н12, шаблон 34h11, скоба, пробка, штангенциркуль, калибр, призма П1-2-1, штатив, индикатор, скоба индикаторная, межцентромер, шестерня эталонная, оправка для шестерни эталонной, оправка для детали, индикатор, калибр комплексный, клеймо резиновое ОТК, раствор №1.

В качестве станочных приспособлений в действующем технологическом процессе используются приспособления предприятия. Также используется стандартная технологическая оснастка и стандартные контрольные приспособления, что эффективно для серийного производства.

2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса

Для проверки выполнения замыкающих звеньев действующего технологического процесса необходимо провести проверочный размерный анализ.

Рассмотрим размерную цепь линейных размеров.

Замыкающее звено определяется по формуле (2.1) [14, 15]:

$$[A] = \sum A_{iyв} - \sum A_{iyм}, \quad (2.1)$$

где $A_{iyв}$ – увеличивающие составляющие звенья;

$A_{iyм}$ – уменьшающие составляющие звенья.

Составим уравнение замыкающего звена:

$$[88 \dots 128] = +(128 \dots 87) + (87 \dots 68) - (68 \dots 88).$$

Определим номинал, допуск замыкающего звена:

$$A_{[88\dots 128]} = 44 + 33 - 32 = 45 \text{ мм},$$

$$T_{[88\dots 128]} = 0,16 + 0,25 + 0,16 = 0,57 \text{ мм}.$$

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

Отклонения замыкающего звена определяются по формулам (2.2), (2.3) [14, 15]:

$$\text{В. о. } A_i = \sum \text{В. о. } A_{iyB} - \sum \text{Н. о. } A_{iyM}, \quad (2.2)$$

$$\text{В. о.}_{[88...128]} = 0 + 0 - (-0,16) = 0,16 \text{ мм},$$

$$\text{Н. о. } A_i = \sum \text{Н. о. } A_{iyB} - \sum \text{В. о. } A_{iyM}, \quad (2.3)$$

$$\text{Н. о.}_{[88...128]} = -0,16 + (-0,25) - 0 = -0,41 \text{ мм}.$$

Выявим исправимый и неисправимый брак (рисунок 2.2):

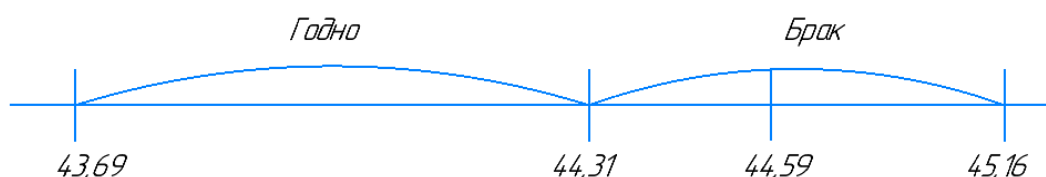


Рисунок 2.2 – Выявление брака

На рисунке 2.2 можно увидеть, что замыкающее звено получается с браком, который можно исправить с помощью изменения размеров составляющих звеньев или дополнительной обработки.

Определим припуск [17...18]:

$$\begin{aligned} [57 \dots 58] &= -(58 \dots 98) - (98 \dots 128) + (128 \dots 97) + (97 \dots 57), \\ 0,3_{-0,32} &= -48_{-0,16} - 34_{-0,16} + 33,8_{-0,16} + 48,5_{-0,16}. \end{aligned}$$

Минимальный припуск рассчитывается по формуле (2.4) [14, 15]:

$$z_{min} = R_z + D_F, \quad (2.4)$$

$$z_{min} = 0,25 + 0,4 = 0,65 \text{ мм}.$$

Номинальное значение припуска находим по формуле (2.5) [14, 15]:

$$A_i = A_{imin} + \frac{T_{Ai}}{2} - \Delta_0 A_i, \quad (2.5)$$

где A_{imin} – минимальное значение припуска, мм;

T_{Ai} – допуск припуска, мм;

$\Delta_0 A_i$ – середина поля допуска, мм.

$$T_{[57...58]} = 0,16 + 0,16 + 0,16 + 0,16 = 0,64 \text{ мм}.$$

Середину поля допуска находим по формуле (2.6) [14, 15]:

									Лист
									23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.304.00 ПЗ ВКР				

$$\Delta_0 A_i = \frac{\text{в. о. } A_i + \text{н. о. } A_i}{2}, \quad (2.6)$$

$$\Delta_0 A_i = \left(\frac{0 - 0,16}{2} + \frac{0 - 0,16}{2} \right) - \left(\frac{0 - 0,16}{2} + \frac{0 - 0,16}{2} \right) = 0 \text{ мм},$$

$$A_{[57...58]} = 0,65 + \frac{0,64}{2} - 0 = 0,97 \text{ мм}.$$

0,3 мм < 0,97 мм → припуск занижен

Следовательно, возможно появление черноты.

Аналогично осуществляется расчет для остальных припусков в программе «Курсар». Результаты расчетов показаны на рисунке 2.3. Уравнения припусков:

$$[98 \dots 97] = -(97 \dots 128) + (128 \dots 98),$$

$$[56 \dots 57] = -(57 \dots 97) - (97 \dots 128) + (128 \dots 18) - (18 \dots 56),$$

$$[97 \dots 96] = -(96 \dots 128) + (128 \dots 197),$$

$$[17 \dots 18] = -(18 \dots 128) + (128 \dots 87) + (87 \dots 68) + (68 \dots 17),$$

$$[88 \dots 87] = +(87 \dots 68) - (68 \dots 88),$$

$$[128 \dots 127] = +(127 \dots 86) + (86 \dots 68) - (68 \dots 87) - (87 \dots 128),$$

$$[87 \dots 86] = +(86 \dots 68) - (68 \dots 87),$$

$$[67 \dots 68] = -(68 \dots 86) + (86 \dots 67),$$

$$[127 \dots 126] = +(126 \dots 85) + (85 \dots 67) - (67 \dots 86) - (86 \dots 127),$$

$$[86 \dots 85] = +(85 \dots 67) - (67 \dots 86),$$

$$[47 \dots 48] = +(48 \dots 18) - (18 \dots 128) + (128 \dots 87) + (87 \dots 68) + (68 \dots 17) - (17 \dots 47),$$

$$[78 \dots 77] = -(77 \dots 127) + (127 \dots 86) + (86 \dots 68) - (68 \dots 87) - (87 \dots 128) + (128 \dots 78),$$

$$[55 \dots 56] = +(56 \dots 18) - (18 \dots 128) + (128 \dots 87) + (87 \dots 68) + (68 \dots 17) - (17 \dots 55),$$

$$[96 \dots 95] = -(95 \dots 127) + (127 \dots 86) + (86 \dots 68) - (68 \dots 87) - (87 \dots 128) + (128 \dots 96),$$

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

$$[16 \dots 17] = -(17 \dots 68) - (68 \dots 86) + (86 \dots 67) - (67 \dots 85) - (85 \dots 126) + (126 \dots 16).$$

Гр	Номера левой и правой поверхно- стей звена	Номинал. значение	Верхнее отклон.	Нижнее отклон.	Средний номи- нальный размер звена	Запасы расчетн. пределных зна- чений относит. исходного звена по Min и по Max
п	па	Если нет номинала	Предельн.значен.: Min и	Max		
1#	88 128	44,000	1,160	0,590	44,875	-0,280 -0,850
1#	57 58		-0,020	0,620	0,300	-0,670
1#	98 97		0,040	0,360	0,200	-0,610
1#	47 48		5,223	6,338	5,780	4,573
1#	56 57		1,480	2,180	1,830	0,830
1#	97 96		1,640	1,960	1,800	0,990
1#	78 77		19,279	20,722	20,000	18,629
1#	55 56		0,497	1,154	0,825	-0,153
1#	17 18		0,340	1,220	0,780	-0,310
1#	88 87		0,750	1,160	0,955	0,100
1#	96 95		0,731	1,360	1,045	0,081
1#	128 127		0,590	1,410	1,000	-0,060
1#	87 86		0,840	1,250	1,045	0,190
1#	16 17		2,080	10,411	6,245	1,430
1#	67 68		1,380	2,160	1,770	0,730
1#	127 126		1,000	8,670	4,835	0,350
1#	86 85		0,500	5,620	3,060	-0,150

Рисунок 2.3 – Результаты расчетов в программном комплексе «Курсар»

Размерная цепь линейных размеров действующего технологического процесса представлена на рисунке 2.4

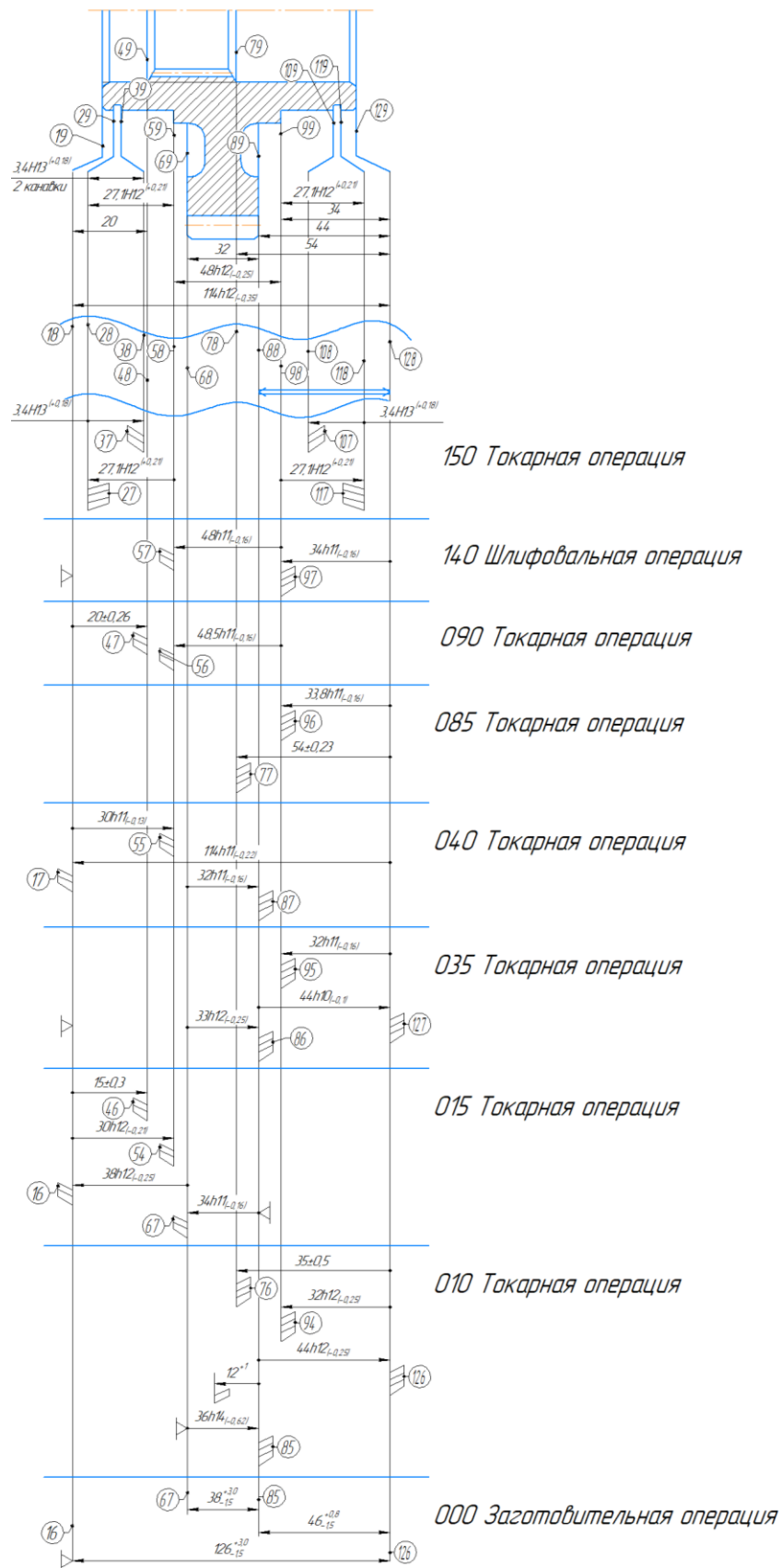


Рисунок 2.4 – Размерная цепь линейных размеров

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Рассмотрим размерную цепь диаметральных размеров. В результате расчета размерной цепи диаметральных размеров выяснилось, что замыкающих звеньев нет.

Определим припуск [47...48]:

$$[47 \dots 48] = -(48 \dots 98) + (98 \dots 47)$$

$$0,8_{-0,143}^{-0,025} = -90_{+0,003}^{+0,025} + 90,8_{-0,14}$$

Минимальный припуск рассчитывается по формуле (2.4) [14, 15]:

$$z_{min} = 0,25 + 0,4 = 0,65 \text{ мм.}$$

Рассчитаем значение допуска припуска:

$$T_{[47\dots48]} = 0,028 + 0,14 = 0,168 \text{ мм.}$$

Середину поля допуска находим по формуле (2.6) [14, 15]:

$$\Delta_0 A_i = \left(\frac{0 - 0,14}{2} \right) - \left(\frac{0,025 + 0,003}{2} \right) = -0,084 \text{ мм.}$$

Номинальный размер припуска рассчитывается по формуле (2.5) [14, 15]:

$$A_{[57\dots58]} = 0,65 + \frac{0,168}{2} + 0,084 = 0,818 \text{ мм.}$$

$$0,8 \text{ мм} < 0,818 \text{ мм} \rightarrow \text{припуск занижен}$$

Следовательно, возможно появление черноты.

Аналогично осуществляется расчет для остальных припусков в программе «Курсар». Результаты расчетов показаны на рисунке 2.5. Уравнения припусков:

$$[27 \dots 28] = -(28 \dots 98) + (98 \dots 27),$$

$$[78 \dots 77] = -(77 \dots 98) + (98 \dots 78),$$

$$[88 \dots 87] = -(87 \dots 98) + (98 \dots 88),$$

$$[68 \dots 67] = -(67 \dots 98) + (98 \dots 68),$$

$$[46 \dots 47] = -(47 \dots 98) + (98 \dots 46),$$

$$[45 \dots 46] = -(46 \dots 98) + (98 \dots 45),$$

$$[67 \dots 66] = -(66 \dots 98) + (98 \dots 67),$$

$$[26 \dots 27] = -(27 \dots 98) + (98 \dots 26),$$

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

$$\begin{aligned}
[44 \dots 45] &= -(45 \dots 98) + (98 \dots 44), \\
[37 \dots 38] &= -(38 \dots 98) + (98 \dots 37), \\
[17 \dots 18] &= -(18 \dots 98) + (98 \dots 17), \\
[36 \dots 37] &= -(37 \dots 98) + (98 \dots 36), \\
[43 \dots 44] &= -(44 \dots 98) + (98 \dots 43), \\
[87 \dots 86] &= -(86 \dots 98) + (98 \dots 87), \\
[66 \dots 65] &= -(65 \dots 98) + (98 \dots 66), \\
[42 \dots 43] &= -(43 \dots 98) + (98 \dots 42), \\
[35 \dots 36] &= -(36 \dots 98) + (98 \dots 35), \\
[16 \dots 17] &= -(17 \dots 98) + (98 \dots 16), \\
[86 \dots 85] &= -(85 \dots 98) + (98 \dots 86), \\
[65 \dots 64] &= -(64 \dots 98) + (98 \dots 65), \\
[41 \dots 42] &= -(42 \dots 98) + (98 \dots 41), \\
[15 \dots 16] &= -(16 \dots 98) + (98 \dots 15).
\end{aligned}$$

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		28

Гр	Номера левой и правой	Номинал. значение	Верхнее отклон.	Нижнее отклон.	Средний номи- нальный размер звена	Запасы расчетн. предельных зна- чений относит. исходного звена по Min и по Max
п	поверхно- стей звена	Если нет номинала	Пределн. Min	значен.: и Max		
1#	27	28	-1,150	1,150	0,000	-1,800
1#	47	48	0,635	0,797	0,716	-0,015
1#	78	77	0,580	1,440	1,010	-0,070
1#	88	87	5,850	6,130	5,990	5,200
1#	68	67	-0,460	0,460	0,000	-1,110
1#	46	47	-0,140	0,140	0,000	-0,790
1#	45	46	4,980	5,340	5,160	4,330
1#	67	66	4,260	5,460	4,860	3,610
1#	26	27	-1,150	1,150	0,000	-1,800
1#	44	45	-0,220	0,220	0,000	-0,870
1#	37	38	-0,350	0,350	0,000	-1,000
1#	17	18	2,340	2,985	2,663	1,690
1#	36	37	2,130	3,350	2,740	1,480
1#	43	44	0,130	1,220	0,675	-0,520
1#	87	86	1,140	1,550	1,345	0,490
1#	66	65	-0,740	0,740	0,000	-1,390
1#	42	43	-0,870	0,870	0,000	-1,520
1#	35	36	-0,870	0,870	0,000	-1,520
1#	16	17	-0,460	0,460	0,000	-1,110
1#	86	85	6,700	7,860	7,280	6,050
1#	65	64	1,700	6,440	4,070	1,050
1#	41	42	0,700	5,570	3,135	0,050
1#	15	16	3,300	8,760	6,030	2,650

Рисунок 2.5 – Результаты расчетов в программном комплексе «Курсар»

Размерная цепь диаметральных размеров действующего технологического процесса представлена на рисунке 2.6.

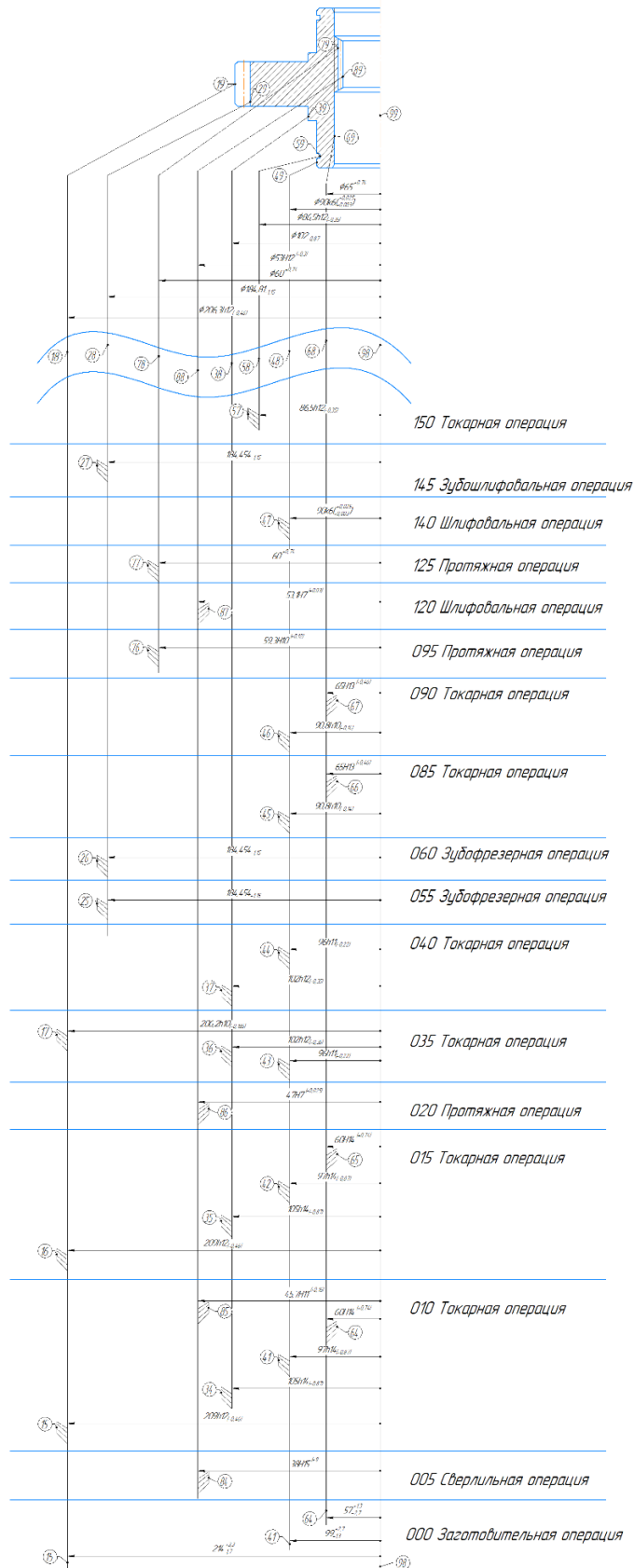


Рисунок 2.6 – Размерная цепь диаметральных размеров

						150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			30

2.1.4 Выводы по подразделу

В действующем технологическом процессе заготовку получают штамповкой.

В качестве станочных приспособлений в действующем технологическом процессе используются приспособления предприятия. Также используется стандартная технологическая оснастка и стандартные контрольные приспособления, что эффективно для серийного производства.

После проведения размерного анализа линейных размеров стало видно, что имеется замыкающее звено, из-за которого возможен брак. В размерном анализе диаметральных размеров замыкающее звено не выявлено. Также некоторые существующие припуски занижены, что может привести к черноте, а завышенные припуски могут привести к расходу материала.

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

2.2.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки

Материал заготовки – 12ХНЗА. Заготовку данной детали можно получить такими способами:

- прокат;
- свободная ковка;
- штамповка на КГШП.

Заготовки из проката получают их отрезкой от прутка на заданный размер. Максимальный диаметр проката, который выпускает промышленность, составляет 250 мм. Поэтому диаметр вершин зубьев не превышает этого размера.

Достоинства:

– дешевизна.

Недостатки:

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

– низкий коэффициент использования материала.

Свободную ковку осуществляют на молотах или прессах между плоскопараллельными плитами. Этим методом можно получать заготовки диаметром свыше 250 мм. Однако форма заготовки при этом лишь приблизительно соответствует профилю зубчатого колеса. Для снижения трудоемкости при механической обработке в крупных заготовках прошивают посадочное отверстие. При механической обработке заготовок полученным из проката и свободной ковкой расходный коэффициент металла является наиболее высоким по сравнению с штампованными заготовками.

Достоинства:

- получение металла высокого качества и свойств по сравнению с отливками;
- возможность получать крупные поковки по массе и габаритам, что другими способами либо недостижимо, либо экономически нецелесообразно;
- сравнительно небольшие усилия, требуемые для изготовления крупных поковок, так как обработка осуществляется обжатием отдельных небольших участков;
- применение универсального оборудования и инструмента, что резко снижает затраты производства, особенно при мелкосерийном его характере.

Недостатки:

- низкая производительность по сравнению с горячей штамповкой;
- большие напуски на поковках, что требует большого объема последующей обработки.

Штамповка на КГШП – это вид обработки металлов давлением, при котором формообразование поковки из нагретой заготовки осуществляют с помощью специального инструмента – штампа. Течение металла ограничивается поверхностями полостей (а также выступов), изготовленных в отдельных частях штампа, так что в конечный момент штамповки они образуют единую замкнутую полость (ручей) по конфигурации поковки.

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

Достоинства:

- повышение производительности;
- усложнение конфигурации поковок;
- высокая однородность и прочность поковок;
- уменьшение допусков и припусков, а, следовательно, и объема последующей механической обработки.

Недостатки:

- ограничение массы и размеров штампованных поковок из-за необходимости деформирования сразу всей заготовки и противодействия силам трения о стенки ручья штампа;
- использование специального инструмента (штампов) из дорогостоящих сталей, служащего для изготовления одинаковых поковок.

Деталь «Колесо зубчатое» имеет сложную форму. Также необходимо обеспечить прочность заготовки, так как деталь будет задействована в зубчатом зацеплении. Выберем в проектный вариант технологического процесса исходную заготовку, получаемую штамповкой на КГШП.

2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования

Зубчатое колесо – тело вращения, преимущественно токарная обработка, также для обработки зубьев – фрезерная обработка, для обработки отверстия (шлицев) – протяжная. Следовательно, в обработка проводится на универсальном токарном станке с ЧПУ, на протяжном станке, на зубошлифовальном станке и внутришлифовальном станке.

Так как обрабатываемая деталь является телом вращения среднего диаметра, не имеющим сложных фасонных поверхностей, требующих многокоординатной обработки. Поэтому для токарной операции достаточно универсального токарного станка. Предварительно выбранные модели токарных станков (таблица 2.1): DMG

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

MORI CTX alpha 500; OKUMA LU 35 II; Orion 6G; FORT T-42MCY; HAAS TL-1; DMTG DL25M.

Таблица 2.1 – Универсальные токарные станки с ЧПУ

Наименование параметра	Марка и модель станка					
	DMG MORI CTX alpha 500	OKUMA LU 35 II	Orion 6G	FORT T- 42MCY	HAAS TL-1	DMTG DL25M
Максимальный диаметр обрабатываемой заготовки, мм	500	740	490	130	406	520
Максимальная длина обрабатываемой заготовки, мм	500	920	240	200	762	1000
Точность позицион-я, мкм	10	4	3	5	10	4
Кол-во суппортов	1	2	1	1	1	1
Наличие контршпинделя	+	+	–	+	–	+
Вместимость револьверной головки	12	22	5	–	4	12
Количество приводных инструментов	12	6	0	12	4	12

Окончание таблицы 2.1

Тип крепления инструмента	VDI 30	VDI 50	–	VDI 30	–	VDI 30
Мощность привода главного движения, кВт	12	22	15	5,5	7,5	18,5
Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин	6000	3200	6000	6000	1800	3500
Мощность привода револьверной головки, кВт	3	3,7	–	3,7	–	5,5
Максимальная частота вращения приводного инструмента, об/мин	5000	6000	–	6000	–	4500
Габариты, мм	4775×	4535×	2055×	2400×	2616×	5100×
	2505×	2872×	1500×	1500×	1727×	1870×
	1805	2590	1645	1720	2007	2020

1. Максимальный диаметра обрабатываемой заготовки на станке FORT T-42МСУ меньше требуемого.

2. Точность позиционирования указана для всех станков, однако так как максимальная точность выполняемых размеров ($\varnothing 90k6$) не накладывает жестких ограничений на данный параметр при обработке изготавливаемой детали.

3. Мелкосерийный тип производства обуславливает выбор максимально простого и гибкого оборудования. Потому для обработки достаточно одного

Окончание таблицы 2.2

Регулирование скорости рабочего хода	бесступ-е	бесступ-е	бесступ-е	бесступ-е	бесступ-е
Скорость рабочего хода, м/мин	1,5..11,5	1,5..11,5	1,5..11,5	1..13	1,5..13
Количество электродвигателей на станке	3	3	3	3	4
Электродвигатель привода главного движения и вспомогательных салазков, кВт (об/мин)	18,5	11	30	37	37
Габариты станка (длина, ширина высота), мм	6340 × 2090 × 1910	6000× 2000× 1715	7200× 2135× 1950	7205× 2200 × 1810	7275 × 2225 × 2300

1. Максимальный наружный диаметр обрабатываемой детали 206 мм, следовательно, все предложенные станки удовлетворяют требованию.

2. Для протягивания отверстия в данной детали будет достаточно тяговой силы величиной 200 Н, следовательно, станки 7Б55, 7523 можно исключить.

3. Общая длина протяжки равна 1324 мм, следовательно, все станки подходят.

4. Скорость рабочего хода протяжки равна 3,75 м/мин. Такая скорость может быть обеспечена на станках.

5. Количество электродвигателей на станке 7А534 будет избыточным, следовательно, его исключаем.

										Лист
										37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.304.00 ПЗ ВКР					

Окончание таблицы 2.3

Скорость движения стола, м/мин	1-7	0-7,2	1-7	1-7
Частота вращения шпинделя изделия(регулирование бесступенчатое), мин-1	30-630	800	20-240	60-1200
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	14,63	–	14,63	9,23
Габариты станка (длина, ширина высота), мм	3535 × 1460 × 1870	2200× 1400× 1800	4165× 1780× 2000	2910× 2085

1. Наибольший диаметр устанавливаемого изделия на всех станках (где указано) удовлетворяет требованиям, так как диаметр заготовки на операции составляет 206,3 мм. Но у станка 3К229А максимальный диаметр 800 мм. В таком большом размере нет необходимости.

2. Наибольший и наименьший диаметры шлифуемых отверстиях удовлетворяют требованию на всех станках.

3. Длина шлифования 40 м, следовательно, все станки подходят.

4. Суммарная мощность на станке 3М227ВМ меньше, чем у других.

5. Станок RIG-150 будет стоить дороже, чем станок 3К228В, что нецелесообразно, так как на внутришлифовальном станке будет проводиться одна операция при обработке одной детали.

Операция шлифования шлицев будет производится на станке 3К228В.

Для шлифования зубьев требуется зубошлифовальный станок. Предварительно выбранные модели зубошлифовальных станков (таблица 2.4):

										Лист
										39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.304.00 ПЗ ВКР					

4. Исходя из габаритных размеров, предпочтительнее выбрать станок Reishauer AZA-K.

2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта технологического процесса

000 Заготовительная операция (штамповка) (рисунок 2.7).

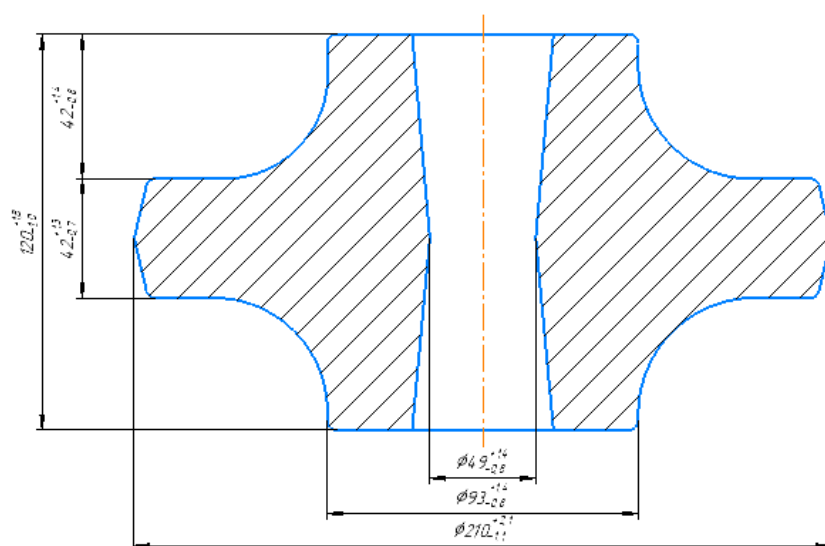


Рисунок 2.7 – Заготовка

005 Токарная операция с ЧПУ производится на станке DMG MORI CTX alpha 500. Установ А. Производится черновая и черновая обработка поверхностей (рисунки 2.8, 2.9).

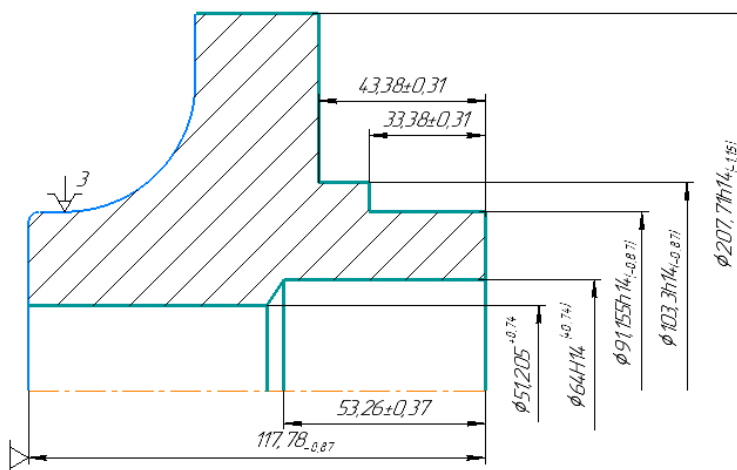


Рисунок 2.8 – Заготовка после черновой токарной обработки

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Рисунок 2.9 – Заготовка после чистовой токарной обработки

Установ Б. Производится черновая и чистовая обработка поверхностей (рисунок 2.10)

а)

б)

Рисунок 2.10 – Заготовка после токарной обработки а) черновой, б) чистовой
 Установ В. Производится черновая и чистовая обработка поверхностей (рисунок 2.11).

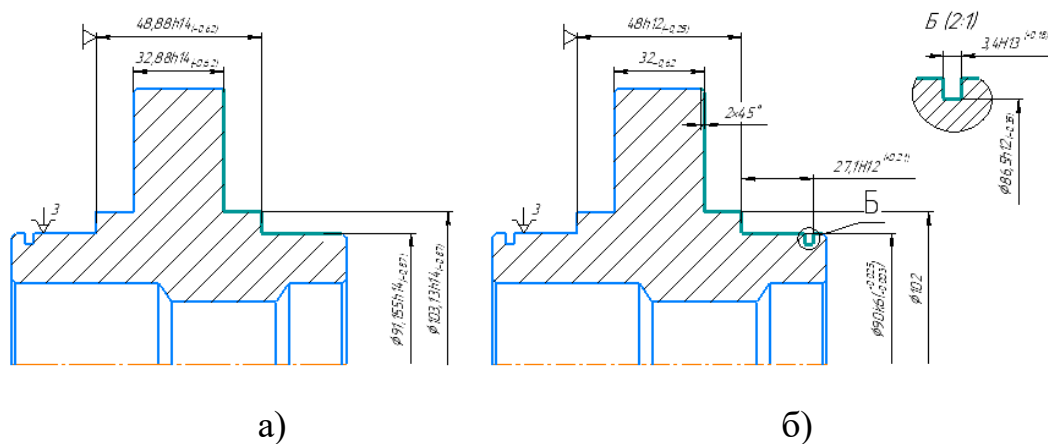


Рисунок 2.11 – Заготовка после токарной обработки а) черновой, б) чистовой

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

010 Протяжная операция на станке 7Б56 (рисунок 2.12).

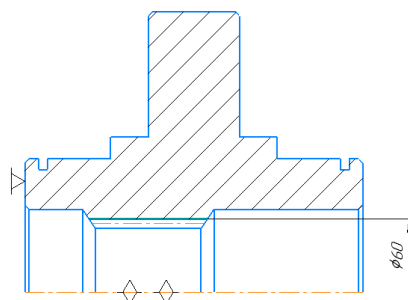


Рисунок 2.12 – Заготовка после обработки

015 Зубофрезерная операция с ЧПУ на станке DMG MORI CTX alpha 500 (рисунок 2.13).

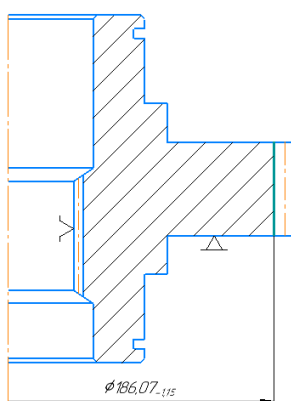


Рисунок 2.13 – Заготовка после обработки

017 Транспортирование.

020 Термообработка (цементация, закалка).

025 Шлифовальная операция. Производится шлифование шлицев на внутришлифовальном станке 3К228В (рисунок 2.14).

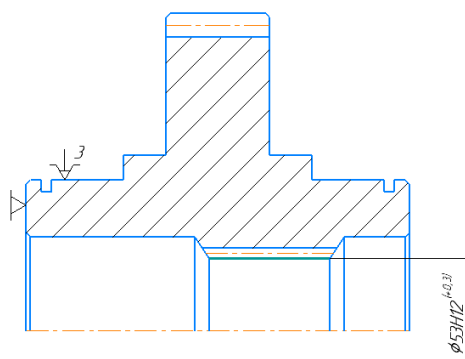


Рисунок 2.14 – Заготовка после обработки

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

030 Шлифовальная операция. Производится шлифование зубьев на зубошлифовальном станке Reishauer AZA-K (рисунок 2.15).

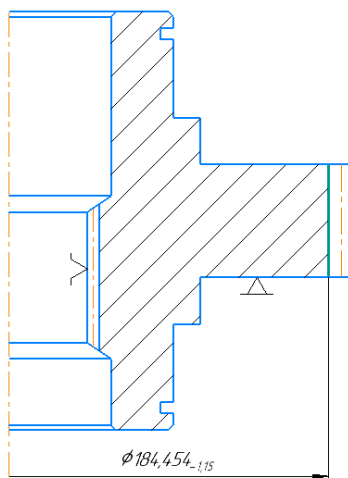


Рисунок 2.15 – Заготовка после обработки

035 Промывка.

040 Контрольная операция (рисунок 2.16).

Рисунок 2.16 – Контроль параметров

2.2.4 Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса

Рассмотрим размерную цепь линейных размеров. В результате расчета размерной цепи линейных размеров выяснилось, что замыкающих звеньев нет.

Найдем размер заготовки (16...126) через припуск (127...126):

$$[127 \dots 126] = +(126 \dots 16) - (16 \dots 127)$$

									Лист
									44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.304.00 ПЗ ВКР				

Рассчитаем значение допуска:

$$T_{[127...126]} = 3,2 + 0,87 = 5,37 \text{ мм.}$$

Середину поля допуска находим по формуле (2.6) [14, 15]:

$$\Delta_0 A_{[127...126]} = \left(\frac{2,1 + (-1,1)}{2} \right) - \left(\frac{0 + (-0,87)}{2} \right) = 0,935 \text{ мм,}$$

Номинальное значение припуска найдем по формуле (2.5) [14, 15]:

$$A_{[127...126]} = 0,65 + \frac{5,37}{2} - 0,935 = 2,4 \text{ мм,}$$

$$2,4 = (126 \dots 16) - 117,78,$$

$$(126 \dots 16) = 120,18 \approx 120 \text{ мм.}$$

Аналогично осуществляется расчет для остальных звеньев в программе «Курсар». Результаты расчетов показаны на рисунке 2.17. Уравнения припусков:

$$[57 \dots 58] = -(58 \dots 98) + (98 \dots 57),$$

$$[67 \dots 68] = -(68 \dots 88) + (88 \dots 67),$$

$$[17 \dots 18] = -(18 \dots 128) + (128 \dots 17),$$

$$[47 \dots 48] = +(48 \dots 18) - (18 \dots 128) + (128 \dots 17) - (17 \dots 47),$$

$$[16 \dots 17] = -(17 \dots 128) + (128 \dots 16),$$

$$[128 \dots 127] = +(127 \dots 16) - (16 \dots 128),$$

$$[88 \dots 87] = -(87 \dots 127) + (127 \dots 16) - (16 \dots 128) + (128 \dots 88),$$

$$[98 \dots 97] = -(97 \dots 127) + (127 \dots 16) - (16 \dots 128) + (128 \dots 98),$$

$$[78 \dots 77] = -(77 \dots 127) + (127 \dots 16) - (16 \dots 128) + (128 \dots 78),$$

$$[87 \dots 86] = -(86 \dots 126) + (126 \dots 16) - (16 \dots 127) + (127 \dots 87),$$

$$[66 \dots 67] = -(67 \dots 88) - (88 \dots 128) + (128 \dots 16) - (16 \dots 126) + (126 \dots 86) \\ + (86 \dots 66).$$

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

Г	Номера	Номинал.	Верхнее	Нижнее	Средний	Запасы расчетн.
р	левой и	значение	отклон.	отклон.	номи-	предельных зна-
у	правой	-----	-----	-----	нальный	чений относит.
п	поверхно-	Если нет	Предельн.значен.:	размер	исходного звена	по Min и по Max
па	стей звена	номинала	Min и	Max	звена	
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2=	57 58		0,260	1,130	0,695	0,000
2=	67 68		0,260	1,500	0,880	0,000
2=	66 67		1,233	6,458	3,845	0,583
2=	47 48		0,260	2,520	1,390	0,000
2=	17 18		0,260	1,480	0,870	0,000
2=	16 17		0,650	2,390	1,520	0,000
2=	88 87		0,260	3,240	1,750	0,000
2=	98 97		0,260	3,240	1,750	0,000
2=	78 77		0,260	3,480	1,870	0,000
2=	128 127		0,260	2,000	1,130	0,000
2=	87 86		0,890	7,380	4,135	0,240
2=	127 126		1,220	4,890	3,055	0,570
6+	57 98	48,880	0,000	-0,620	48,570	
6+	67 88	32,880	0,000	-0,620	32,570	
6+	66 86	42,000	1,300	-0,700	42,300	
6+	17 47	19,480	0,260	-0,260	19,480	
6+	17 128	115,130	0,000	-0,870	114,695	
6+	16 128	116,650	0,000	-0,870	116,215	
6+	87 127	43,380	0,310	-0,310	43,380	
6+	97 127	33,380	0,310	-0,310	33,380	
6+	77 127	53,260	0,370	-0,370	53,260	
6+	16 127	117,780	0,000	-0,870	117,345	
6+	86 126	42,000	1,400	-0,800	42,300	
6+	16 126	120,000	1,800	-1,000	120,400	

Рисунок 2.17 – Результаты расчетов в программном комплексе «Курсар»

Размерная цепь линейных размеров проектного технологического процесса представлена на рисунке 2.18.

Рисунок 2.18 – Размерная цепь линейных размеров

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

Рассмотрим размерную цепь диаметральных размеров. В результате расчета размерной цепи диаметральных размеров выяснилось, что замыкающих звеньев нет.

Найдем звено (27...138) через припуск (27...28):

$$[27 \dots 28] = -(28 \dots 138) + (138 \dots 27)$$

Найдем значение допуска припуска:

$$T_{[27\dots28]} = 1,15 + 1,15 = 2,3 \text{ мм.}$$

Середину поля допуска находим по формуле (2.6) [14, 15]:

$$\Delta_0 A_{[27\dots28]} = \left(\frac{0 + (-1,15)}{2} \right) - \left(\frac{0 + (-1,15)}{2} \right) = 0 \text{ мм.}$$

Номинальное значение припуска определяется по формуле (2.5) [14, 15]:

$$A_{[27\dots28]} = 0,11 + \frac{2,3}{2} - 0 = 1,26 \text{ мм,}$$

$$1,26 = -184,81 + (138 \dots 27),$$

$$(138 \dots 27) = 186,07 \text{ мм.}$$

Аналогично осуществляется расчет для остальных звеньев в программе «Курсар». Результаты расчетов показаны на рисунке 2.19. Уравнения припусков:

$$[127 \dots 126] = -(126 \dots 138) + (138 \dots 127)$$

$$[67 \dots 68] = -(68 \dots 138) + (138 \dots 67)$$

$$[47 \dots 48] = -(48 \dots 138) + (138 \dots 47)$$

$$[66 \dots 67] = -(67 \dots 138) + (138 \dots 66)$$

$$[108 \dots 107] = -(107 \dots 138) + (138 \dots 108)$$

$$[17 \dots 18] = -(18 \dots 138) + (138 \dots 17)$$

$$[37 \dots 38] = -(38 \dots 138) + (138 \dots 37)$$

$$[57 \dots 58] = -(58 \dots 138) + (138 \dots 57)$$

$$[98 \dots 97] = -(97 \dots 138) + (138 \dots 98)$$

$$[127 \dots 126] = -(126 \dots 138) + (138 \dots 127)$$

$$[16 \dots 17] = -(17 \dots 138) + (138 \dots 16)$$

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

$$[56 \dots 57] = -(57 \dots 138) + (138 \dots 56)$$

$$[126 \dots 125] = -(125 \dots 138) + (138 \dots 126)$$

$$[125 \dots 124] = -(124 \dots 138) + (138 \dots 125)$$

$$[128 \dots 127] = -(127 \dots 138) + (138 \dots 128)$$

Гр	Номера левой и правой поверхно- стей звена	Номинал. значение ----- Если нет номинала	Верхнее отклон. ----- Предельн. Min	Нижнее отклон. ----- и Max	Средний номи- нальный размер звена	Запасы расчетн. предельных зна- чений относит. исходного звена по Min и по Max
1#	128 127		0,226	0,650	0,438	0,166
1#	127 126		0,421	0,569	0,495	0,386
2=	67 68		0,260	1,152	0,706	0,000
2=	47 48		0,260	2,000	1,130	0,000
2=	66 67		1,045	4,115	2,580	0,395
2=	108 107		0,260	1,740	1,000	0,000
2=	17 18		0,260	1,870	1,065	0,000
2=	37 38		0,260	2,000	1,130	0,000
2=	57 58		0,260	1,152	0,706	0,000
2=	98 97		0,260	1,840	1,050	0,000
2=	126 125		0,260	1,074	0,667	0,000
2=	16 17		1,190	5,540	3,365	0,540
2=	56 57		1,045	4,115	2,580	0,395
2=	125 124		0,805	3,745	2,275	0,155
6+	67 138	91,155	0,000	-0,870	90,720	
6+	47 138	103,130	0,000	-0,870	102,695	
6+	66 138	93,000	1,400	-0,800	93,300	
6+	107 138	64,000	0,740	0,000	64,370	
6+	17 138	207,710	0,000	-1,150	207,135	
6+	37 138	103,130	0,000	-0,870	102,695	
6+	57 138	91,155	0,000	-0,870	90,720	
6+	97 138	64,000	0,740	0,000	64,370	
6+	125 138	51,205	0,740	0,000	51,575	
6+	16 138	210,000	2,100	-1,100	210,500	
6+	56 138	93,000	1,400	-0,800	93,300	
6+	124 138	49,000	1,400	-0,800	49,300	

Рисунок 2.19 – Результаты расчетов в программном комплексе «Курсар»

Размерная цепь линейных размеров проектного технологического процесса представлена на рисунке 2.20.

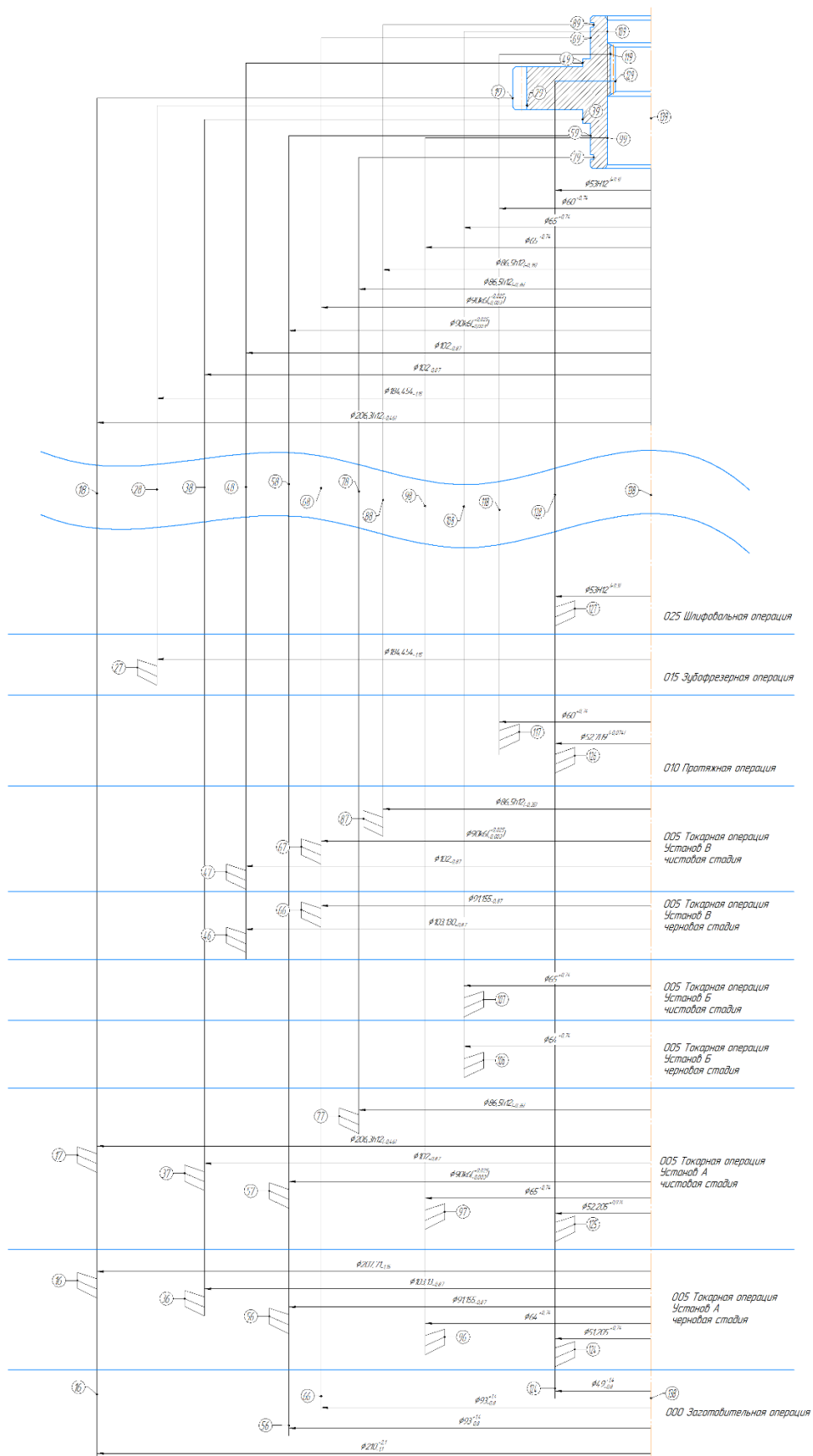


Рисунок 2.20 – Размерная цепь диаметральных размеров

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.304.00 ПЗ ВКР

Лист

50

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

Проведем расчет режимов резания и норм времени на все операции.

Операция: 005 Токарная операция (черновая и чистовая стадия). Установ А. Базирование в трехкулачковом патроне с упором по торцу. Точить поверхности 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 (рисунок 2.22).

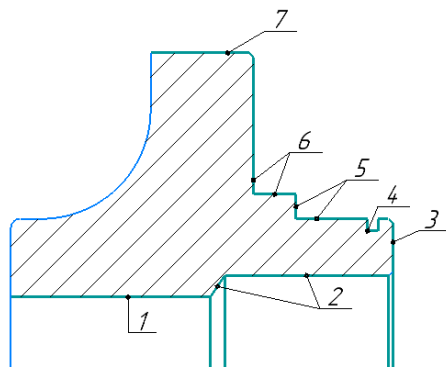


Рисунок 2.22 – Обрабатываемые поверхности

Выбор стадии обработки:

Расчет режимов резания проводим для черновой и чистовой стадии обработки.

Выбор глубины резания:

Для черновой обработки:

- для поверхности 1 $t = 1,1$ мм;
- для поверхности 2 $t = 6,4$ мм, за 2 прохода по 3,2 мм;
- для поверхности 3 $t = 2,22$ мм;
- для поверхности 5 $t = 6,9$ мм, за 3 прохода по 2,3 мм;
- для поверхности 6 $t = 10$ мм, за 5 прохода по 2 мм;
- для поверхности 7 $t = 2$ мм.

Для чистовой обработки:

- для поверхности 1 $t = 0,5$ мм;
- для поверхности 2 $t = 0,5$ мм;
- для поверхности 3 $t = 0,78$ мм;

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

- для поверхности $4 t = 3,4$ мм;
- для поверхности $5 t = 0,58$ мм;
- для поверхности $6 t = 0,65$ мм;
- для поверхности $7 t = 1$ мм.

Выбор инструмента:

На станке DMG MORI CTX alpha 500 используют резцы с сечением державки 20×20 мм.

Для черновой токарной обработки поверхностей 3, 5, 6, 7 используется резец с пластиной CNMG120412-MF2, материал пластины TP0501. Вместе с черновой пластиной рекомендуется использовать державку DCLNR2020K09-M. Форма пластины ромбическая с $\varepsilon = 80^\circ$.

- главный угол в плане $\varphi = 95^\circ$;
- задний угол $\alpha = 0^\circ$;
- передний угол $\gamma = -6^\circ$;
- радиус вершины резца $r_b = 1,2$ мм;
- толщина пластины $4,76$ мм.

Для чистовой токарной обработки поверхностей 3, 5, 6, 7 используется резец с пластиной DCMT11T308-FF1, материал пластины TP2501 и державкой к ней SDHCR2020K11. Форма пластины ромбическая с $\varepsilon = 55^\circ$.

- главный угол в плане $\varphi = 107^\circ$;
- задний угол $\alpha = 7^\circ$;
- передний угол $\gamma = 0^\circ$;
- радиус вершины резца $r_b = 0,8$ мм;
- толщина пластины $3,97$ мм.

Для черновой токарной обработки поверхностей 1, 2 используется резец с пластиной WCMT06T308-F1, материал пластины TP2501 и державкой к ней A20Q-SWLCR06. Форма пластины шестиугольная с $\varepsilon = 80^\circ$.

- главный угол в плане $\varphi = 95^\circ$;

										150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							52

Поправочные коэффициенты [5] на подачу в зависимости от инструментального материала $K_{S_M} = 1,0$, способа крепления пластины $K_{S_p} = 1,0$.

По карте 5 [5] определяют поправочные коэффициенты на подачу черновой стадии обработки для измененных условий обработки в зависимости от:

- сечения державки резца $K_{S_d} = 0,95$;
- прочности режущей части $K_{S_h} = 0,9$ (для пов. 1, 2) и $K_{S_h} = 1,0$ (для пов. 3, 5, 6, 7);
- механических свойств обрабатываемого материала $K_{S_m} = 0,8$;
- схемы установки заготовки $K_y = 1,2$;
- состояния поверхности заготовки $K_{S_n} = 1,0$;
- геометрических параметров резца $K_{S_\phi} = 1,0$;
- жесткости станка $K_{S_j} = 1,0$.

Окончательно подачу черновой стадии обработки определяют по формуле (2.7):

$$S_o = S_{O_T} K_{S_M} K_{S_p} K_{S_d} K_{S_h} K_{S_m} K_y K_{S_n} K_{S_\phi} K_{S_j}, \quad (2.7)$$

– для поверхности 1:

$$S_o = 0,45 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,37 \text{ мм/об};$$

– для поверхности 2:

$$S_o = 0,63 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,52 \text{ мм/об};$$

– для поверхности 3, 5:

$$S_o = 0,73 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,67 \text{ мм/об};$$

– для поверхности 6, 7:

$$S_o = 0,83 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,76 \text{ мм/об};$$

Рекомендуемые значения подач чистовой стадии обработки выбирают по карте 6 [5]:

- для поверхности 1: $S_{O_T} = 0,14$ мм/об;
- для поверхности 2, 5: $S_{O_T} = 0,25$ мм/об;
- для поверхности 3, 6: $S_{O_T} = 0,22$ мм/об;

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

– для поверхности 4: $S_{OT} = 0,12$ мм/об;

– для поверхности 7: $S_{OT} = 0,4$ мм/об.

По карте 8 [5] определяют поправочные коэффициенты на подачу чистовой стадии обработки для измененных условий в зависимости от:

– механических свойств обрабатываемого материала: $K_{SM} = 0,8$;

– схемы установки заготовки: $K_{Sy} = 1,2$;

– радиуса вершины резца: $K_{Sr} = 0,85$;

– качества размера обрабатываемой детали: $K_{Sk} = 1,0$.

Окончательно подачу чистовой стадии обработки определяют по формуле (2.8):

$$S_o = S_{OT} K_{SM} K_{Sy} K_{Sr} K_{Sk}. \quad (2.8)$$

– для поверхности 1:

$$S_o = 0,14 \cdot 0,8 \cdot 1,2 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 0,11 \text{ мм/об.}$$

– для поверхности 2, 5:

$$S_o = 0,25 \cdot 0,8 \cdot 1,2 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 0,2 \text{ мм/об.}$$

– для поверхности 3, 6:

$$S_o = 0,22 \cdot 0,8 \cdot 1,2 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 0,18 \text{ мм/об.}$$

– для поверхности 4:

$$S_o = 0,12 \cdot 0,8 \cdot 1,2 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 0,098 \text{ мм/об.}$$

– для поверхности 7:

$$S_o = 0,4 \cdot 0,8 \cdot 1,2 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 0,33 \text{ мм/об.}$$

Выбор скорости резания:

Рекомендуемые значения скорости резания для черновой стадии обработки выбирают из карты 21 [5]:

для поверхности 1 $v_T = 203$ м/мин;

для поверхности 2 $v_T = 124$ м/мин;

для поверхности 3 $v_T = 153$ м/мин;

для поверхности 5 $v_T = 124$ м/мин;

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

для поверхности 6 $v_T = 117$ м/мин;

для поверхности 7 $v_T = 153$ м/мин;

По карте 21 [5] выбирают поправочные коэффициенты для черновой стадии обработки в зависимости от инструментального материала: $K_{\text{и}} = 1,0$.

По карте 23 [5] выбирают остальные поправочные коэффициенты на скорость резания при черновой стадии обработки для измененных условий в зависимости от:

- группы обрабатываемости материала: $K_{v_c} = 1$;
- вида обработки: $K_{v_o} = 1,0$;
- жесткости станка: $K_{v_j} = 1,0$;
- механических свойств обрабатываемого материала: $K_{v_M} = 0,7$;
- геометрических параметров резца: $K_{v_\phi} = 1,0$;
- периода стойкости режущей части: $K_{v_T} = 1,0$;
- наличия охлаждения: $K_{v_{\text{ж}}} = 1,0$.

Общий поправочный коэффициент на скорость резания вычисляют по формуле (2.9):

$$K_v = K_{v_{\text{и}}} K_{v_c} K_{v_o} K_{v_j} K_{v_M} K_{v_\phi} K_{v_T} K_{v_{\text{ж}}}. \quad (2.9)$$

При черновой стадии обработки:

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,7.$$

Окончательно скорость резания при черновой стадии обработки определяют по формуле 2.10:

$$v = v_T K_v, \quad (2.10)$$

для поверхности 1: $v = 203 \cdot 0,7 = 142$ м/мин;

для поверхности 2, 5: $v = 124 \cdot 0,7 = 87$ м/мин;

для поверхности 3, 7: $v = 153 \cdot 0,7 = 107$ м/мин;

для поверхности 6: $v = 117 \cdot 0,7 = 82$ м/мин.

Скорость резания для чистовой стадии обработки определяют по карте 22 [5]:

для поверхности 1 $v_T = 380$ м/мин;

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

для поверхности 2, 5 $v_T = 350$ м/мин;

для поверхности 3, 6 $v_T = 300$ м/мин;

для поверхности 4 $v_T = 306$ м/мин;

для поверхности 7 $v_T = 244$ м/мин.

По карте 22 [5] определяют поправочный коэффициент на скорость резания для чистовой стадии обработки в зависимости от инструментального материала $K_{vИ} = 1,0$.

Остальные поправочные коэффициенты определяем по карте 23:

– группы обрабатываемости материала: $K_{vс} = 1,0$;

– вида обработки: $K_{vо} = 1,0$;

– жесткости станка: $K_{v_j} = 1,0$;

– механических свойств обрабатываемого материала: $K_{vМ} = 0,7$;

– геометрических параметров резца: $K_{vφ} = 0,95$;

– периода стойкости режущей части: $K_{vТ} = 1,0$;

– наличия охлаждения: $K_{vЖ} = 1,0$.

Общий поправочный коэффициент на скорость резания при чистовой стадии обработки определяют по формуле (2.11):

$$K_v = K_{vИ} K_{vс} K_{vо} K_{v_j} K_{vМ} K_{vφ} K_{vТ} K_{vЖ}, \quad (2.11)$$

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,665.$$

Окончательную скорость резания на чистовой стадии для поверхностей обработки определим по формуле (2.10):

для поверхности 1 $v = 380 \cdot 0,665 = 253$ м/мин;

для поверхности 2, 5 $v = 350 \cdot 0,665 = 233$ м/мин;

для поверхности 3, 6 $v = 300 \cdot 0,665 = 200$ м/мин;

для поверхности 4 $v = 306 \cdot 0,665 = 204$ м/мин;

для поверхности 7 $v = 244 \cdot 0,665 = 162$ м/мин.

Частота вращения шпинделя определяется по формуле (2.12):

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

$$n = \frac{1000v}{\pi D}. \quad (2.12)$$

При черновой стадии обработки:

Для поверхности 1:

$$n = \frac{1000 \cdot 142}{3,14 \cdot 51,205} = 883 \text{ об/мин.}$$

Для поверхности 2:

$$n = \frac{1000 \cdot 87}{3,14 \cdot 64} = 433 \text{ об/мин.}$$

Для поверхности 3:

$$n = \frac{1000 \cdot 107}{3,14 \cdot 93} = 366 \text{ об/мин.}$$

Для поверхности 5:

$$n = \frac{1000 \cdot 87}{3,14 \cdot 91,155} = 304 \text{ об/мин.}$$

Для поверхности 6:

$$n = \frac{1000 \cdot 82}{3,14 \cdot 103,3} = 253 \text{ об/мин.}$$

Для поверхности 7:

$$n = \frac{1000 \cdot 107}{3,14 \cdot 207,1} = 165 \text{ об/мин.}$$

При чистовой стадии обработки:

Для поверхности 1:

$$n = \frac{1000 \cdot 253}{3,14 \cdot 52,205} = 1543 \text{ об/мин.}$$

Для поверхности 2:

$$n = \frac{1000 \cdot 233}{3,14 \cdot 65} = 1142 \text{ об/мин.}$$

Для поверхности 3:

$$n = \frac{1000 \cdot 200}{3,14 \cdot 91,155} = 699 \text{ об/мин.}$$

										150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							58

Для поверхности 4:

$$n = \frac{1000 \cdot 204}{3,14 \cdot 86,5} = 751 \text{ об/мин.}$$

Для поверхности 5:

$$n = \frac{1000 \cdot 233}{3,14 \cdot 90} = 825 \text{ об/мин.}$$

Для поверхности 6:

$$n = \frac{1000 \cdot 200}{3,14 \cdot 102} = 624 \text{ об/мин.}$$

Для поверхности 7:

$$n = \frac{1000 \cdot 162}{3,14 \cdot 206,3} = 250 \text{ об/мин.}$$

Минутную подачу рассчитывают по формуле (2.13):

$$S_M = n \cdot S_0. \quad (2.13)$$

Для черновой стадии обработки:

Для поверхности 1:

$$S_M = 883 \cdot 0,37 = 327 \text{ мм/мин.}$$

Для поверхности 2:

$$S_M = 433 \cdot 0,52 = 225 \text{ мм/мин.}$$

Для поверхности 3:

$$S_M = 366 \cdot 0,67 = 72 \text{ мм/мин.}$$

Для поверхности 5:

$$S_M = 304 \cdot 0,67 = 204 \text{ мм/мин.}$$

Для поверхности 6:

$$S_M = 253 \cdot 0,76 = 192 \text{ мм/мин.}$$

Для поверхности 7:

$$S_M = 165 \cdot 0,76 = 125 \text{ мм/мин.}$$

Для чистовой стадии обработки:

Для поверхности 1:

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

$$S_M = 1543 \cdot 0,11 = 170 \text{ мм/мин.}$$

Для поверхности 2:

$$S_M = 1142 \cdot 0,2 = 228 \text{ мм/мин.}$$

Для поверхности 3:

$$S_M = 699 \cdot 0,18 = 126 \text{ мм/мин.}$$

Для поверхности 4:

$$S_M = 751 \cdot 0,098 = 74 \text{ мм/мин.}$$

Для поверхности 5:

$$S_M = 825 \cdot 0,2 = 165 \text{ мм/мин.}$$

Для поверхности 6:

$$S_M = 624 \cdot 0,18 = 112 \text{ мм/мин.}$$

Для поверхности 7:

$$S_M = 250 \cdot 0,33 = 83 \text{ мм/мин.}$$

Норму штучного времени определяют по формуле (2.14):

$$T_{ш} = (T_{ц.а.} + T_{в.}) \cdot \left(1 + \frac{a_{тех} + a_{орг} + a_{отл}}{100}\right), \quad (2.14)$$

где $T_{ц.а.}$ – время цикла автоматической работы станка по программе, мин;

$T_{в.}$ – вспомогательное время, мин;

$a_{тех}, a_{орг}, a_{отл}$ – время на организационное и техническое обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности, мин.

Время цикла автоматической работы станка по программе определяется по формуле (2.15):

$$T_{ц.а.} = T_o + T_{мв}, \quad (2.15)$$

где T_o – основное время, мин;

$T_{мв}$ – машинно-вспомогательное время, мин.

Основное время рассчитывается по формуле (2.16):

$$T_o = \frac{L}{S_M}, \quad (2.16)$$

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

где L – длина обработки поверхности, мм.

Для черновой стадии обработки:

Основное время для поверхности 1:

$$T_o = \frac{122,5}{327} = 0,37 \text{ мин.}$$

Основное время для поверхности 2:

$$T_o = \frac{60}{225} = 0,27 \text{ мин.}$$

Основное время для поверхности 3:

$$T_o = \frac{30}{72} = 0,42 \text{ мин.}$$

Основное время для поверхности 5:

$$T_o = \frac{38}{204} = 0,19 \text{ мин.}$$

Основное время для поверхности 6:

$$T_o = \frac{54}{192} = 0,28 \text{ мин.}$$

Основное время для поверхности 7:

$$T_o = \frac{49}{125} = 0,39 \text{ мин.}$$

Для чистовой стадии обработки:

Основное время для поверхности 1:

$$T_o = \frac{64}{170} = 0,38 \text{ мин.}$$

Основное время для поверхности 2:

$$T_o = \frac{59}{228} = 0,26 \text{ мин.}$$

Основное время для поверхности 3:

$$T_o = \frac{18}{126} = 0,14 \text{ мин.}$$

Основное время для поверхности 4:

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

$$T_o = \frac{6}{74} = 0,08 \text{ мин.}$$

Основное время для поверхности 5:

$$T_o = \frac{38}{165} = 0,23 \text{ мин.}$$

Основное время для поверхности 6:

$$T_o = \frac{55}{112} = 0,49 \text{ мин.}$$

Основное время для поверхности 7:

$$T_o = \frac{46}{83} = 0,55 \text{ мин.}$$

Машинно-вспомогательное время на автоматическую смену инструмента, мин,
 $T_{\text{МВ}} = 0,5 \text{ мин.}$

Вспомогательное время складывается из составляющих, выбор которых осуществляется по ч. I нормативов [4] и рассчитывается по формуле (2.17):

$$T_{\text{В}} = T_{\text{Вуст}} + T_{\text{Воп}} + T_{\text{Виз}}, \quad (2.17)$$

где $T_{\text{Вуст}}$ – вспомогательное время на установку и снятие детали, $T_{\text{Вуст}} = 0,26 \text{ мин.}$

$T_{\text{Воп}}$ – вспомогательное время, связанное с операцией, включает в себя время на включение и выключение станка, проверку возврата инструмента в заданную точку после обработки, установку и снятие щитка, предохраняющего от забрызгивания эмульсией (карта 14, ч I [4]), $T_{\text{Воп}} = 0,18 \text{ мин.}$

$T_{\text{Виз}}$ – вспомогательное время на контрольные измерения (карта 15, ч I [5]),
 $T_{\text{Виз}} = 1,85 \text{ мин.}$

Суммарное вспомогательное время составит:

$$T_{\text{В}} = 0,26 + 0,18 + 1,85 = 2,29 \text{ мин.}$$

Время на организационное и техническое обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности приведено в процентах от оперативного времени (карта 16 [5]):

$$a_{\text{тех}} + a_{\text{орт}} + a_{\text{отл}} = 8\%$$

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

Окончательно норма штучного времени равна:

$$T_{\text{шт}} = (5,82 + 0,5 + 2,29) \cdot \left(1 + \frac{8}{100}\right) = 9,29 \text{ мин.}$$

Результаты всех расчетов приведены в таблицах 2.5, 2.6, 2.11.

Операция: 005 Токарная операция (черновая и чистовая стадия). Установ Б.
Базирование в трехкулачковом патроне с упором по торцу. Точить поверхности 8, 9 (рисунок 2.23).

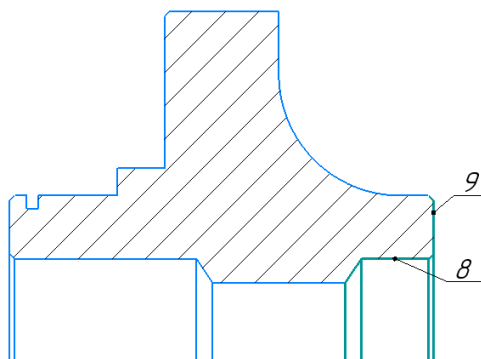


Рисунок 2.23 – Обрабатываемые поверхности

Операция: 005 Токарная операция (черновая и чистовая стадия). Установ В.
Базирование в трехкулачковом патроне с упором по торцу. Точить поверхности 9, 10, 11, 12 (рисунок 2.24).

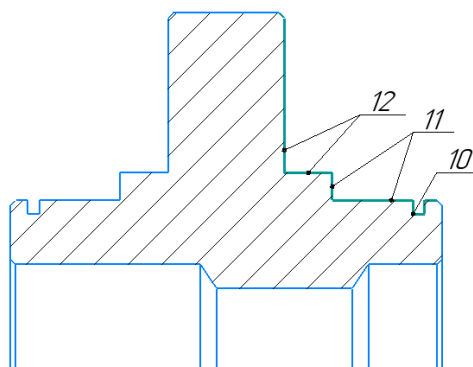


Рисунок 2.24 – Обрабатываемые поверхности

Расчеты режимов резания и норм времени для установа Б и В производятся аналогично расчетам для установа А. Результаты представлены в таблицах 2.5, 2.6, 2.11.

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

Таблица 2.5 – Определение режима резания для черновой стадии обработки операции 005

Элементы режима резания	Стадия обработки									
	Номер поверхности									
	1	2	3	5	6	7	8	9	11	12
Глубина резания t , мм	1,1	2×3,2	2,22	3×2,3	5×2	2	2×3,2	2,22	3×2,3	5×2
Табличная подача $S_{от}$ мм/об	0,45	0,63	0,73	0,73	0,83	0,83	0,63	0,73	0,73	0,83
Принятая подача S_o мм/об	0,37	0,52	0,67	0,67	0,76	0,76	0,52	0,67	0,67	0,76
Табличная скорость резания v_T , м/мин	203	124	153	124	117	153	124	153	124	117
Скорректированная скорость резания v , м/мин	142	87	107	87	82	107	87	107	87	82
Частота вращения шпинделя n , об/мин	883	433	366	304	253	165	433	366	304	253
Минутная подача S_M мм/мин	327	225	72	204	192	125	225	72	204	192
Основное время T_o , мин	0,37	0,54	0,42	0,57	1,4	0,39	0,26	0,42	0,57	1,4

Таблица 2.6 – Определение режима резания для чистовой стадии обработки операции 005

Элементы режима резания	Номер поверхности											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Глубина резания t , мм	0,5	0,5	0,78	3,4	0,58	0,65	1,0	0,5	0,78	3,4	0,58	0,65
Табличная подача $S_{от}$ мм/об	0,14	0,25	0,22	0,12	0,25	0,22	0,4	0,25	0,22	0,12	0,25	0,22
Принятая подача S_o мм/об	0,11	0,2	0,18	0,098	0,2	0,18	0,33	0,2	0,18	0,098	0,2	0,18
Табличная скорость резания v_T , м/мин	380	350	300	306	350	300	244	350	300	306	350	300
Скорректированная скорость резания v , м/мин	253	233	200	204	233	200	162	233	200	204	233	200
Частота вращения шпинделя n , об/мин	1543	1142	699	751	825	624	250	1142	699	751	825	624
Минутная подача S_M мм/мин	170	228	126	74	165	112	83	228	126	74	165	112
Основное время T_o , мин	0,38	0,26	0,14	0,08	0,23	0,49	0,55	0,13	0,14	0,08	0,23	0,49

Рассчитаем режимы резания и нормы времени на протяжную операцию 010 (рисунок 2.25).

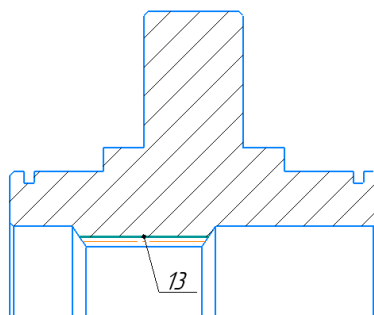


Рисунок 2.25 – Обрабатываемая поверхность

Расчет режимов резания и норм времени производится аналогично операции 005 установ А. Результаты занесены в таблицу 2.7.

Таблица 2.7 – Результаты расчетов

Элементы режима резания (оп. 010)	Поверхность 13
Глубина резания t , мм	25,12
Подача S_o мм/об	0,125
Скорость резания v , м/мин	3,75
Частота вращения шпинделя n , об/мин	20
Основное время T_o , мин	0,7
Вспомогательное время T_B , мин	1,88
Штучное время $T_{шт}$, мин	2,636

Рассчитаем режимы резания для зубофрезерной операции 015 (рисунок 2.26).

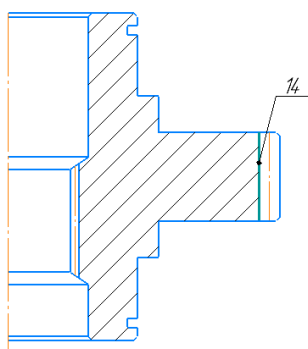


Рисунок 2.26 – Обрабатываемая поверхность

Расчет режимов резания и норм времени производится аналогично операции 005 установ А. Результаты занесены в таблицу 2.8.

Таблица 2.8 – Результаты расчетов

Элементы режима резания (оп. 015)	Поверхность 14
Подача S_o мм/об	2
Скорость резания v , м/мин	24
Частота вращения шпинделя n , об/мин	80
Основное время T_o , мин	21,9
Вспомогательное время T_B , мин	1,86
Штучное время $T_{шт}$, мин	25,66

Рассчитаем режимы резания для шлифовальной операции 025 (рисунок 2.27).

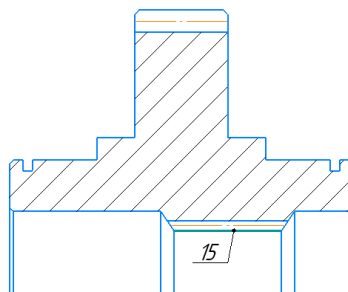


Рисунок 2.27 – Обрабатываемые поверхности

Расчет режимов резания и норм времени производится аналогично операции 005 установ А. Результаты занесены в таблицу 2.9.

Таблица 2.9 – Результаты расчетов

Элементы режима резания (оп. 025)	Поверхность 15
Глубина резания t , мм	0,3
Подача S_o мм/об	0,02
Скорость резания v , м/мин	8
Частота вращения шпинделя n , об/мин	48
Основное время T_o , мин	3
Вспомогательное время T_B , мин	0,8
Штучное время $T_{шт}$, мин	4,6

Расчет режимов резания и норма времени для зубошлифовальной операции 030 (рисунок 2.28).

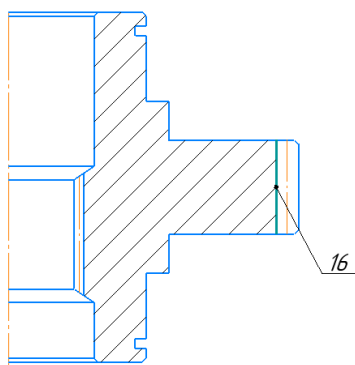


Рисунок 2.28 – Обрабатываемая поверхность

Расчет режимов резания и норм времени производится аналогично операции 005 установ А. Результаты занесены в таблицу 2.10.

Таблица 2.10 – Результаты расчетов

Элементы режима резания (оп. 030)	Поверхность 16
Глубина резания t , мм	0,3
Радиальная подача $S_{\text{рад}}$ мм/р. х	0,02
Продольная подача $S_{\text{прод}}$ мм/об	0,4
Скорость резания v , м/мин	1200
Частота вращения шпинделя n , об/мин	1900
Основное время T_o , мин	9,8
Вспомогательное время T_v , мин	1,9
Штучное время $T_{\text{шт}}$, мин	12,6

Все рассчитанные нормы времени сведены в таблицу 2.11.

Таблица 2.11 – Нормы времени на все операции

Операция	Основное время T_o , мин	Вспомогательное время T_v , мин	Штучное время $T_{\text{шт}}$, мин
005 установ А	5,82	2,29	9,29
005 установ Б	0,95	1,44	3,12

Окончание таблицы 2.11

005 установ В	2,77	1,18	4,86
010	0,7	1,88	2,636
015	21,9	1,86	25,66
017	11,4	2,5	15
025	3	0,8	4,6
030	9,8	1,9	12,6
035	0,3	0,05	0,4
040	5,06	1,19	6,75
Сумма	61,7	15,09	84,92

2.2.6 Выводы по подразделу

В результате аналитического анализа для изготовления детали был выбран способ изготовления заготовки – штамповка на КГШП. Был выбран станок с ЧПУ для токарной и фрезерной обработки, также протяжной станок и станки для внутреннего шлифования и шлифования зубьев.

После проведения размерного анализа проектного технологического процесса выяснилось, что замыкающих звеньев нет. Был проведен расчет промежуточных операционных размеров и размеров заготовки.

										Лист
										69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.304.00 ПЗ ВКР					

Таблица 3.1 – Основные параметры резцедержателя ASHA-R-VDI30-20-JETI

DCSFMS	DIX	RADW	OAW	RADH	LPR	HF	LF
30	103	35	70	38	42	20	22

Для установки расточных резцов выбираем из каталога KINTEK держатель DIN 69880-E2-20x20 (рисунок 3.3). Размеры представлены в таблице 3.2.

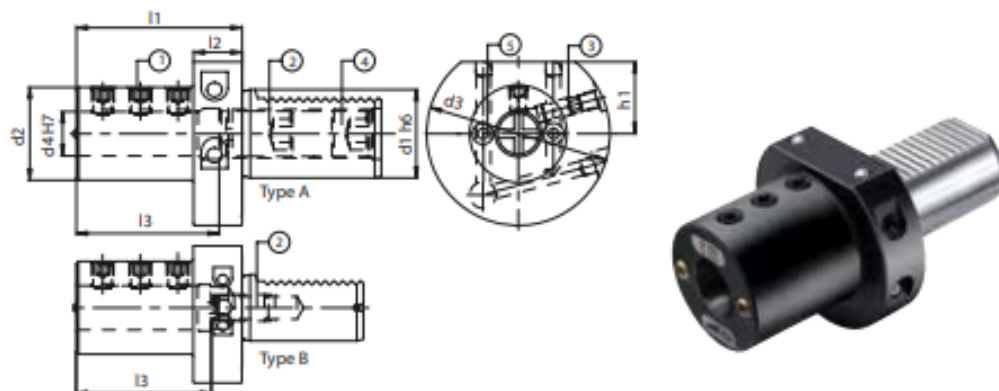


Рисунок 3.3 – Резцедержатель DIN 69880-E2-20x20

Таблица 3.2 – Основные параметры резцедержателя DIN 69880-E2-20x20

d1	d2	d3	d4	h1	l1	l2	l3
20	49	50	20	23	50	18	42

Для установки червячной фрезы выбираем из каталога EWS головку 84.60321809RI2ULS (рисунок 3.4).

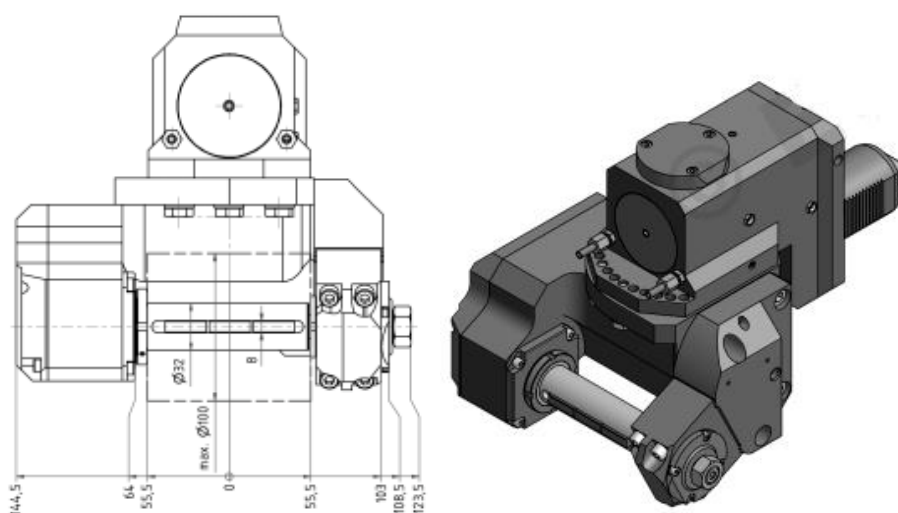


Рисунок 3.4 – Головка для червячной фрезы

3.2 Проектирование и расчёт специального станочного приспособления

В проектном варианте технологического процесса не предусмотрено использование специального станочного приспособления. Поэтому в сопровождаемой графической части представлен алгоритм выбора стандартизированной технологической оснастки.

3.3 Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента

Рисунок 3.13 – Эскиз детали

Выберем токарный инструмент для обработки поверхностей типа 1, 2, 3 (рисунок 3.13) по следующей методике.

Определение типа выполняемой операции: черновое точение.

Определение условий обработки: черновое непрерывное резание.

Определение группы резания: легированная сталь (Р).

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

Выбор системы крепления пластины: применим систему крепления пластины D, так как обработка детали ведется по контуру, и условия резания меняются в широких диапазонах от продольного точения к торцевому.

Выбор типоразмера державки и формы пластины: код формы СМП-С.

Выбор заднего угла СМП: задний угол положительный, так как ведется обработка материала низкой прочности (группы Р), особенно при обработке высокопластичных и вязких материалов, где требуется малый угол заострения.

Определение формы передней поверхности: геометрия М.

Марка сплава СМП: TP0501.

Выбор радиуса при вершине: для чернового точения рекомендуется выбирать пластину с наибольшим значением радиуса (1,2-1,6 мм).

С учетом всех требований к обработке по каталогу компании Seco принимаем пластину CNMG120412-MF2 (рисунок 3.14, б), материал пластины TP0501. Вместе с черновой пластиной рекомендуется использовать державку DCLNR2020K09-M (рисунок 3.14, а). Размеры представлены в таблице 3.3.

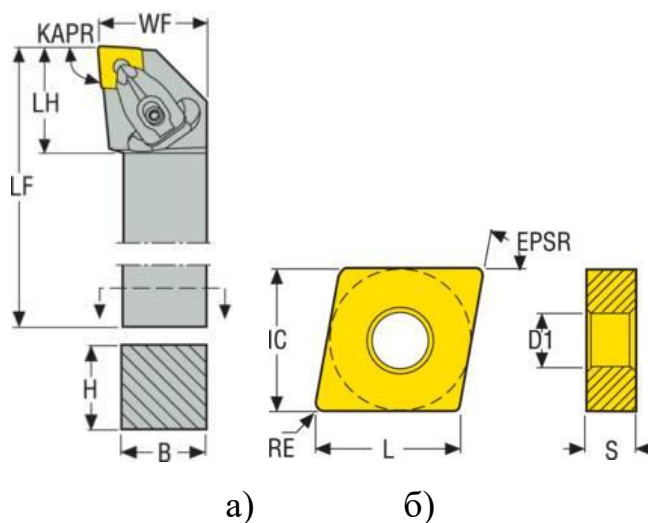


Рисунок 3.14 – Эскизы а) державки, б) СМП

Таблица 3.3 – Размеры державки и СМП

Державка					Пластина			
H	B	LF	WF	LH	IC	L	S	D1
20	20	125	25	23	12,7	12,9	4,76	5,15

Расшифровка державки DCLNR2020K09-M:

D – тип крепления: двойной зажим;

C – форма пластины: ромбическая с углом при вершине равным 80°;

L – форма державки и угол в плане: $\varphi = 95^\circ$;

N – задний угол пластины: 0°;

R – направление обработки: направо;

20 – высота резца;

20 – ширина резца;

K – длина резца: 125;

09 – длина режущей кромки.

Расшифровка пластины CNMG120412-MF2:

C – форма пластины: ромбическая с углом при вершине равным 80°;

N – задний угол: 0°;

M – класс допуска;

G – обозначение фиксации и/или стружколома: двусторонний стружколом с цилиндрическим отверстием;

12 – размер пластины;

04 – толщина пластины: 4,76;

12 – угловой радиус пластины: 1,2;

MF2 – обозначение стружколома.

Для чистовой обработки поверхностей 1, 2, 3, 4 (рисунок 3.13) из каталога компании Seco выбираем пластину DCMT11T308-FF1 (рисунок 3.15, б) и державку к ней SDHCR2020K11 (рисунок 3.15, а). Размеры представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Размеры державки и СМП

Державка					Пластина			
H	B	LF	WF	LH	IC	L	S	D1
20	20	125	25	20	9,53	11,6	3,97	4,5

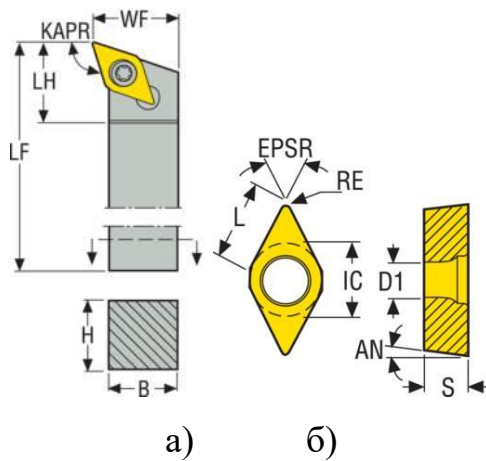


Рисунок 3.15 – Эскизы а) державки, б) СМП

Для обработки внутренней поверхности 5 (рисунок 3.13) из каталога компании Seco выбираем пластину WCMT06T308-F1 (рисунок 3.16, б) и державку к ней A20Q-SWLCR06 (рисунок 3.16, а). Размеры представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Размеры державки и СМП

Державка							Пластина			
DMM	H	B	LF	WF	LH	DCINN	IC	L	S	D1
20	20	20	125	25	20	25	9,53	6,5	3,97	4,5

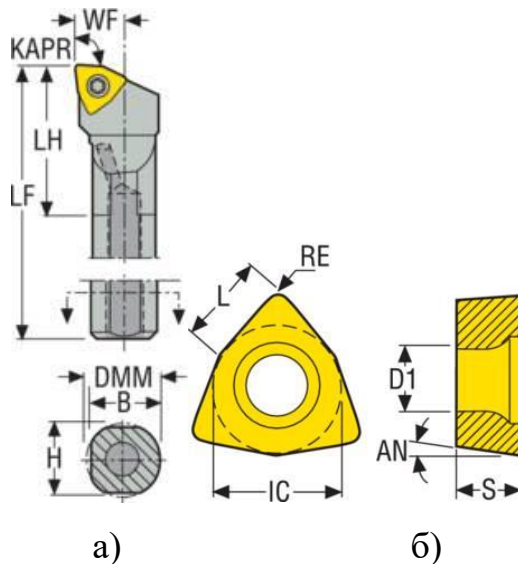


Рисунок 3.16 – Эскизы а) державки, б) СМП

Для обработки внутренней поверхности и фаски 7 (рисунок 3.13) из каталога компании Seco выбираем пластину DNMU110408-FF2 (рисунок 3.17, б) и державку к ней A20Q-SDUNR11 (рисунок 3.17, а). Размеры представлены в таблице 3.6.

										Лист
										75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.304.00 ПЗ ВКР					

Таблица 3.6 – Размеры державки и СМП

Державка								Пластина			
DMM	H	B	LF	CDRX	WF	DCINN	LH	IC	L	S	D1
20	18	19	180	2,5	13	25	30	9,53	11,6	4,76	3,81

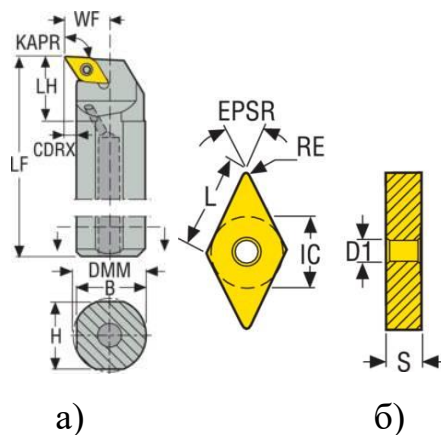


Рисунок 3.17 – Эскизы а) державки, б) СМП

Для обработки канавки 8 (рисунок 3.13) из каталога компании Seco выбираем пластину LCGN160302-0340-FG (рисунок 3.18, б) и державку к ней CFIR2020K03JET (рисунок 3.18, а). Размеры представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Размеры державки и СМП

Державка						Пластина			
H	B	LF	WF	LH	CDX	CW	IGL	S	
20	20	125	21,5	33	9	3,4	16	4,5	

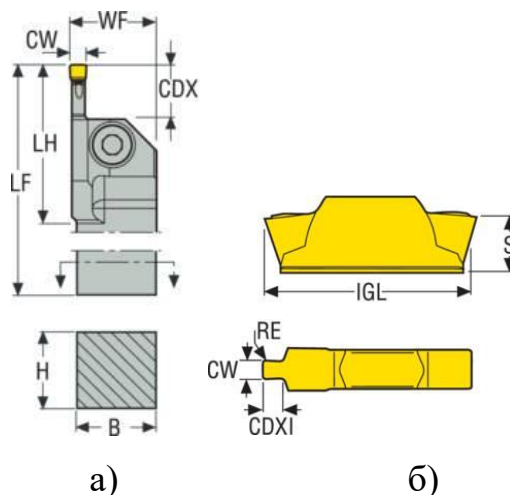


Рисунок 3.18 – Эскизы а) державки, б) СМП

Для обработки зубьев 1 (рисунок 3.13) необходимо подобрать фрезу $m=5$. Выбираем червячную фрезу 2-2-5-2А (рисунок 3.19) из ГОСТ 9324-2015. Размеры представлены в таблице 3.8.

Фреза 2-2-5-2А:

2 – тип;

2 – исполнение;

5 – модуль;

2А – класс точности.

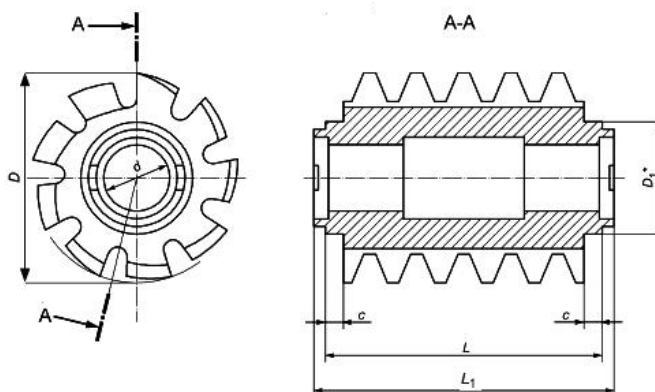


Рисунок 3.19 – Эскиз фрезы

Таблица 3.8 – Основные параметры фрезы 2-2-5-2А

Модуль	D	d	L	L ₁	c, не менее	Число стружечных канавок
5	95	32	90	105	4	14

Для шлифования шлицев необходимо подобрать шлифовальный круг. Выбираем шлифовальный круг 5-50×40×13 2А 40 СМ2 К 35м/с из ГОСТ 2424-83 (рисунок 3.20). Размеры представлены в таблице 3.9.

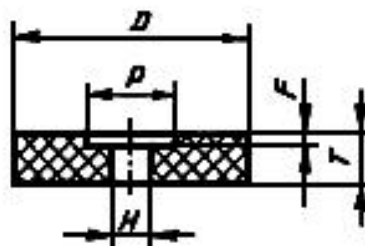


Рисунок 3.20 – Шлифовальный круг

									Лист
									77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.304.00 ПЗ ВКР				

Шлифовальный круг 5-50×40×13 2А 40 СМ2 К 35м/с:

5 – тип;

50 – наружный диаметр;

40 – высота;

13 – диаметр посадочного отверстия;

2А – марка белого электрокорунда;

40 – зернистость;

СМ2 – степень твердости;

на керамической связке К с рабочей скоростью 35 м/с.

Таблица 3.9 – Основные параметры шлифовального круга

D	H	F	T
50 мм	13 мм	40 мм	40 мм

Для шлифования зубьев проектируется специальный абразивный червяк (рисунок 3.21).

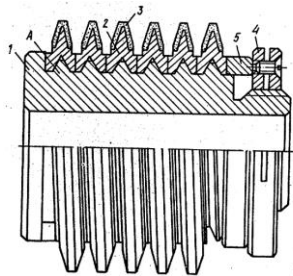


Рисунок 3.21 – Абразивный червяк

3.4 Проектирование и расчёт специального режущего инструмента

3.4.1 Расчет и проектирование эвольвентной шлицевой протяжки

Исходные данные.

1. Заготовка: материал – Сталь 12ХНЗА ГОСТ 4543-71, 241...388 НВ, вид заготовки: поковка разработана по ГОСТ 7505-89, отверстие по внутреннему диаметру обработано окончательно, внутренний диаметр шлицев $d_0=d=52,205H12^{(+0,3)}$, наружный диаметр шлицев $D=60H11^{(+0,19)}$, модуль $m=3,5$,

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

число шлицев $z=16$, профильный угол исходного контура $\alpha_d=30^\circ$, параметр шероховатости боковых поверхностей паза $Ra=5\text{мкм}$ и поверхностей впадин $Ra=10\text{мкм}$, длина протягивания $l=40\text{мм}$, делительная окружная ширина впадины $e=5,585\ 11\text{H}_{(+0,06}^{+0,16})$.

2. Станок: тип – вертикально-протяжной, мод. 7Б56; тяговая сила 20кН; диапазон скоростей $V=1,5\dots 11,5$ м/мин; длина хода штока $L_{\text{max}}=1600$ мм; патрон – быстросменный автоматический.

3. Характер производства – серийный.

Расчет протяжки для обработки шлицевых отверстий с эвольвентным профилем.

Производится установление группы обрабатываемости по марке и твердости материала заготовки. Марка обрабатываемого материала 12ХН3А, следовательно, группа – хромоникелевая или хромоникелевая с бором группа II.

Установление группы качества протянутой поверхности – 1.

Материал режущей части протяжки – Р6АМ5.

Протяжки диаметром от 40 мм и более изготавливают сварными. Сваривают хвостовик со стержнем протяжки по шейке на расстоянии 15-25 мм от начала переходного конуса.

Материал хвостовика – сталь 40Х. Тип хвостовика выбирают в зависимости от имеющегося на станке патрона. Для стандартных хвостовиков размеры принимают по ГОСТ 4044-70 (рисунок 3.22).

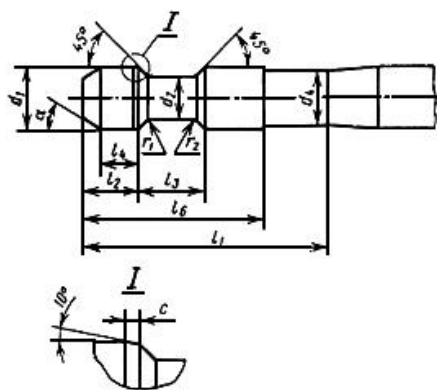


Рисунок 3.22 – Хвостовик тип 2 исполнение 1

									Лист
									79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.304.00 ПЗ ВКР				

Чтобы хвостовик свободно проходил через отверстие в заготовке и в то же время был достаточно прочным, диаметр его выбирают ближайшим меньшим к диаметру отверстия до протягивания. Сила, допустимая прочностью хвостовика, рассчитывают по формуле (3.1):

$$P_{\text{хв}} = [\sigma]_p F_{\text{оп}}, \quad (3.1)$$

где $[\sigma]_p$ – допустимое напряжение при растяжении, МПа;

$F_{\text{оп}}$ – площадь опасного сечения хвостовика, мм².

Площадь опасных сечений стандартных хвостовиков приведены в ГОСТ 4044-70 $F_{\text{оп}}=1134,1$ мм², для хвостовиков из стали 40X $[\sigma]_p = 300$ МПа.

$$P_{\text{хв}} = 300 \cdot 1134,1 = 340\,230 \text{ Н.}$$

Выбор переднего γ и заднего α углов. Передний угол выбирают в зависимости от группы обрабатываемости и вида зубьев. Передний угол черновых и переходных зубьев $\gamma = 15^\circ$, а чистовых и калибрующих $\gamma_1 = 18^\circ$. Задний угол черновых и переходных зубьев $\alpha_0 = 3^\circ$, чистовых $\alpha_{\text{ч}} = 2^\circ$, калибрующих $\alpha_{\text{к}} = 1^\circ$.

Скорость резания выбирают в зависимости от типа производства, группы качества и группы обрабатываемости и проверяют по характеру станка. $V = 5$ м/мин. Согласно примечанию, к таблице П6 [8] приложения уменьшаем скорость резания на 25%: $V = 5 \cdot 0,25 = 3,75$ м/мин. Такая скорость может быть обеспечена на станке.

Подъем черновых зубьев S_{zc} определяем из условий равной стойкости черновой и чистовой частей для группы II обрабатываемости. Вначале для скорости резания $V = 3,75$ м/мин и подачи чистовых зубьев $S_{\text{zc}}=0,02$ мм и устанавливаем наработку чистовой части: $T=84,5$ м. По той же скорости резания и стойкости черновых зубьев $T=84,5$ м находим подъем черновых зубьев $S_{\text{zc}}=0,20$ мм на зуб на сторону. Для II группы обрабатываемости и 1-й группы качества при скорости резания $V = 3,75$ м/мин ограничиваем подъем черновых зубьев до $S_{\text{zc}}=0,125$ мм. Поправочные коэффициенты на наработку принимаем: $K_{\text{Тв}}=0,5$; $K_{\text{Тр}}=1,0$; $K_{\text{Тз}}=1,0$; $K_{\text{Тд}}=1,0$; $K_{\text{Т0}}=1,0$; $K_{\text{Тм}}=1,0$; $K_{\text{Тф}}=1,2$ (назначаем СОЖ –

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

сульфофрезол ГОСТ 122-54). Нарботка с поправочными коэффициентами $T_{м.н.} = T_m \cdot K_{T_B} \cdot K_{T_P} \cdot K_{T_3} \cdot K_{T_M} \cdot K_{T_0} \cdot K_{T_\phi} = 84,5 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 50,7$ мм.

Глубину стружечной канавки h , необходимой для размещения стружки при подъеме $S_{zc} = 0,12$ мм, определяем по формуле (3.2):

$$h = 1,1283 \sqrt{K \cdot l_s \cdot S_{z0}}, \quad (3.2)$$

где l_s – суммарная длина протягиваемых участков, мм.

Принимаем коэффициент помещаемости $K=3$.

$$h = 1,1283 \sqrt{3 \cdot 40 \cdot 0,12} = 4,28 \text{ мм.}$$

По таблице [8] выбираем ближайшую большую глубину стружечной канавки $h=4,5$ мм. Ее и принимаем для дальнейшего расчета. Проверку на жесткость протяжки не делаем, так как диаметр по дну стружечной канавки равен $D-2h=60-2 \cdot 4,5=51$ мм, т.е. больше 40 мм.

Шаг черновых зубьев принимаем и таблицы приложения. Так как на глубине $h=4,5$ мм соответствует несколько значений шага, то принимаем меньший $t_0=11$ мм – профиль №8. Шаг и профиль переходных зубьев, такие же, как у черновых. Остальные элементы стружечной канавки $b_0=4,0$ мм; $r=2,3$ мм; $R=7,0$ мм. Число одновременно участвующих в работе зубьев определяем по формуле (3.3):

$$z_p = \frac{l_{max}}{t_0} + 1, \quad (3.3)$$

$$z_p = \frac{40}{11} + 1 = 4,6 \approx 4 \text{ шт.}$$

Так как z_p получилось нецелым числом, то дробную часть не учитываем.

Максимально допустимую силу резания берем минимальной из трех $P_{ст}$, $P_{хв}$, $P_{оп}$. Силу резания станка рассчитываем по формуле (3.4):

$$P_{ст} = (0,8 - 0,9)Q = 0,8 \cdot 200\,000 = 160\,000 \text{ Н}, \quad (3.4)$$

где Q – паспортная тяговая сила станка (200кН).

$$P_{ст} = 0,8 \cdot 200\,000 = 160\,000 \text{ Н},$$

$$P_{хв} = 340\,230 \text{ Н.}$$

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

Силу резания $P_{оп}$ не рассчитываем, так как $D_0 > 40$ мм.

$$P_{max} = 160\,000 \text{ Н.}$$

Определяем число зубьев в секции по формуле (3.5):

$$z_c = \frac{B_{max} z q_0 z_p K_{PM} K_{P0} K_{Pk} K_{Pp}}{P_{max}}, \quad (3.5)$$

где $q_0 = 249$ МПа для $S_z = 0,12$ мм и $\gamma = 15^\circ$;

$$z_p = 4;$$

$$K_{PM} = 1,0; K_{P0} = 1,0; K_{Pk} = 1,0; K_{Pp} = 1,0;$$

$$z = 16.$$

Максимальная толщина шлица $B_{ш\,max} = e_{max} = 5,745$ мм.

$$z_c = \frac{5,745 \cdot 16 \cdot 4 \cdot 249 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{160\,000} = 0,57 \text{ шт.}$$

Для эвольвентных протяжек может быть $z_c = 2$ при минимальной длине режущих кромок $B_{ш\,min} \geq 3$, так как деление выкружками длины режущей кромки невозможно из-за малой ширины зуба.

Распределяем припуск между резными зубьями шлицевой части протяжки. Полный припуск на шлицевые зубья рассчитывается по формуле (3.6):

$$A_{ш} = D_{max} - D_{ш1}, \quad (3.6)$$

$$A_{ш} = 60,19 - 52,205 = 7,985 \text{ мм.}$$

Припуск на чистовые зубья определяем по табл. П22 приложения [6]: $A_{ш.ч.} = 0,14$ мм. Припуск на переходные зубья определяем по табл.23 приложения [8]: $A_{ш.п.} = 0,18$ мм, $z_{ш.п.} = 4$: два зуба с подачей 0,06 мм и два – с 0,03 мм.

Припуск на черновые зубья протяжки определяется по формуле (3.7):

$$A_{ш0} = A_{ш} - (A_{ш.п.} + A_{ш.ч.}), \quad (3.7)$$

$$A_{ш0} = 7,985 - (0,18 + 0,14) = 7,665 \text{ мм.}$$

Определяем число групп черновых зубьев i_0 по формуле (3.8), остаточный припуск $A_{ост}$ и распределяем его:

$$i_0 = \frac{A_{ш0}}{2S_{zc}}, \quad (3.8)$$

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

$$i_0 = \frac{7,665}{2 \cdot 0,12} = 31,94 \text{ шт.}$$

Принимаем $i_0=31$. Тогда остаточный припуск определяется по формуле (3.9):

$$A_{\text{ост}} = A_{\text{ш0}} - 2S_{zc}i_0, \quad (3.9)$$

$$A_{\text{ост}} = 7,665 - 2 \cdot 0,12 \cdot 28 = 0,225 \text{ мм.}$$

На основании рекомендаций методики добавляем этот припуск на последнюю черновую группу. В связи с этим корректируем i_0 : $i_0 = 32$

Число всех зубьев протяжки определяется по формуле (3.10):

$$\sum z_{\text{ш}} = z_{\text{ш0}} + z_{\text{ш.п}} + z_{\text{ш.ч}} + z_{\text{ш.к}}, \quad (3.10)$$

где $z_{\text{ш.п}} = 4$, $z_{\text{ш.ч}} = 5$, $z_{\text{ш.к}} = 5$.

$$\sum z_{\text{ш}} = 2 \cdot 32 + 4 + 5 + 5 = 78 \text{ шт.}$$

Подъемы переходных зубьев: $S_{п1}=0,06$ мм, $S_{п2}=0,03$ мм. Подъемы чистовых зубьев $S_{зч1}=0,02$, $S_{зч2}=0,02$, $S_{зч3}=0,01$, $S_{зч4}=0,01$, $S_{зч5}=0,01$.

Находим длину режущей части протяжки L_p по формуле (3.11), шаг и размеры стружечной канавки чистовых и калибрующих зубьев:

$$L_p = l_{\text{ш}} = t(z_{\text{ш.0}} + z_{\text{ш.п}}) + t_{\text{ч}}(z_{\text{ш.ч}} + z_{\text{ш.к}} - 1), \quad (3.11)$$

где $t_{\text{ч}}$ – шаг чистовых зубьев (табл. П24 приложения), $t_{\text{ч}}=8$, $t=1$.

$$L_p = 11(64 + 4) + 8(5 + 5 - 1) = 820 \text{ мм.}$$

Определяем силу резания на шлицевой части по формуле (3.12), при принятом числе зубьев в секции $z_c=2$:

$$P_{\text{ш}} = \frac{B_{\text{шmax}} \cdot z \cdot q_0 \cdot z_p \cdot K_p}{z_{\text{с.ш}}}, \quad (3.12)$$

где $K_{рм}=1,3$; $K_{рф}=1$; $K_{рм}=1$; $K_{рр}=1$, тогда $K_p=1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1=1,3$.

$$P_{\text{ш}} = \frac{5,745 \cdot 16 \cdot 249 \cdot 4 \cdot 1,3}{2} = 59\,509 \text{ Н.}$$

Находим диаметр калибрующих шлицевых $D_{\text{к.ш.}}$ зубьев. Допуск на диаметры зубьев назначаем по ГОСТ 28442-90:

$$D_{\text{к.ш.}} = 60,19 - 0,012 \text{ мм.}$$

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

Диаметр по впадинам шлицев:

$$D_{\text{в.ш.}} = 52d9_{-0,174}^{-0,100} \text{ мм.}$$

Рассчитаем число, ширину и радиус выкружек. Число выкружек N принимаем равным числу шлицев, т.е. $N=z$. Минимальную ширину шлица определяем по формуле (3.13):

$$B_{\text{ш.мин}} = D_{f\text{max}} \left(\frac{S_p}{d} + \text{inv}\alpha_d - \text{inv}\alpha_i \right), \quad (3.13)$$

где $D_{f\text{max}} = 60,19$ мм.

Делительный диаметр определяется по формуле (3.14):

$$d = m \cdot z, \quad (3.14)$$

$$d = 3,5 \cdot 16 = 56 \text{ мм,}$$

$$S_p = e_{\text{max}} = 5,745 \text{ мм,}$$

$$\text{inv}\alpha_d = 0,0538.$$

Угол давления исходной эвольвенты в i -й точке определяется по формуле (3.15):

$$\alpha_i = \arccos \frac{d \cos \alpha_d}{D_{\text{max}}}, \quad (3.15)$$

$$\alpha_i = \arccos \frac{56 \cdot 0,866}{60,19} = \arccos 0,8057 = 36,32,$$

$$\text{inv}\alpha_i = 0,1012,$$

$$B_{\text{ш.мин}} = 60,19 \left(\frac{5,745}{56} + 0,0538 - 0,1012 \right) = 3,322 \text{ мм.}$$

Находим ширину режущего сектора по формуле (3.16):

$$B_{\text{ш}} = 0,5 \frac{B_{\text{ш.мин}} + B_{\text{ш.макс}}}{2}, \quad (3.16)$$

$$B_{\text{ш}} = 0,5 \frac{3,322 + 5,745}{2} = 2,267 \approx 3 \text{ мм.}$$

Выкружки на чистовых и калибрующих зубьях не делаем.

Ширина выкружек определяется по формуле (3.17):

$$a_{\text{ш}} = \frac{\pi D}{N} - B_{\text{ш}}, \quad (3.17)$$

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

$$a_{ш} = \frac{3,14 \cdot 52,205}{16} - 3 = 7,24 \text{ мм.}$$

Тогда по таблице П27 приложения [8] выбираем: $R_k=25$ мм, $R_v=30$ мм.

Определяем диаметр и длину передней направляющей. Диаметр передней направляющей принимаем равным наименьшему предельному диаметру отверстия до протягивания по формуле (3.18):

$$D_{п.н.} = D_{0min} e8, \quad (3.18)$$

$$D_{п.н.} = 52_{-0,106}^{-0,060} \text{ мм.}$$

Длину передней направляющей по табл. П4 приложения [8] принимаем $l_{п.н.} = 110$ мм.

Длину переднего конуса назначаем по табл. П28 приложения [8]: $l_{п.} = 20$ мм.

Расстояние от переднего торца до первого зуба протяжки определяем по формуле (3.19):

$$L_1 = l_1 + l_2 + l_3 + l + 25, \quad (3.19)$$

где l_1 принимают в зависимости от диаметра хвостовика, $l_1 = 205$ мм;

для протяжного станка 7Б56: $l_2 = 15$ мм, $l_3 = 50$ мм;

$l = l_{п.н.} = 110$ мм.

$$L_1 = 205 + 15 + 50 + 110 + 25 = 405 \text{ мм.}$$

Находим диаметр $D_{з.н.}$ и длину задней направляющей $l_{з.н.}$. Диаметр $D_{з.н.}$ принимаем равным диаметру впадин шлицев протяжки, т.е. $D_{з.н.} = D_{в.ш.}$

$$D_{з.н.} = 52f9_{-0,104}^{-0,030} \text{ мм.}$$

По табл. П29 приложения [8] длина задней направляющей $l_{з.н.} = 40$ мм.

Для работы в автоматическом цикле протяжку снабжаем задним ввертываемым хвостовиком. Диаметр хвостовика 40 мм по ГОСТ 4044-70. Длина заднего хвостовика 125 мм (по таблице П30 приложения [8]).

Общая длина протяжки определяется по формуле (3.20):

$$L = L_1 + L_p + l_{з.н.} + l_{з.хв.}, \quad (3.20)$$

$$L = 405 + 820 + 40 + 125 = 1390 \text{ мм.}$$

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

При шлифовании профиля шлицевых зубьев №1-78 задний хвостовик протяжки поднять на 0,25 мм.

Материал протяжки – сталь Р6АМ5, материал хвостовика – сталь 45Х.

Твердость режущей части и задней направляющей HRC 62-66, у передней направляющей HRC 60-65, у хвостовиков HRC 42-56.

Остальные технические требования по ГОСТ 28442-90.

Диаметры зубьев и их номера указаны в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Диаметры зубьев протяжки

№ зуба	Диаметр, мм	№ зуба	Диаметр, мм
1	52,205	40	56,935
2	52,185	41	57,205
3	52,455	42	57,185
4	52,435	43	57,455
5	52,705	44	57,435
6	52,685	45	57,705
7	52,955	46	57,685
8	52,935	47	57,955
9	53,205	48	57,935
10	53,185	49	58,205
11	53,455	50	58,185
12	53,435	51	58,455
13	53,705	52	58,435
14	53,685	53	58,705
15	53,955	54	58,685
16	53,935	55	58,955
17	54,205	56	58,935
18	54,185	57	59,205

Окончание таблицы 3.10

19	54,455	58	59,185
20	54,435	59	59,455
21	54,705	60	59,435
22	54,685	61	59,705
23	54,955	62	59,685
24	54,935	63	59,94
25	55,205	64	59,92
26	55,185	65	60,0
27	55,455	66	60,06
28	55,435	67	60,09
29	55,705	68	60,12
30	55,685	69	60,14
31	55,955	70	60,16
32	55,935	71	60,17
33	56,205	72	60,18
34	56,185	73	60,19
35	56,455	74	60,19
36	56,435	75	60,19
37	56,705	76	60,19
38	56,685	77	60,19
39	56,955	78	60,19

3.4.2 Расчет скорректированного профиля

Для получения правильного профиля и требуемых размеров впадин шлица, корректируют профиль абразивного круга, с помощью которой шлифуют протяжку.

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

Расчет проводим для трех точек профиля. Первую точку принимаем на диаметре равном диаметру первого зуба $D_1 = 52,205$ мм, диаметр второй точки соответствует диаметру 28 зуба $D_2 = 56,34$ мм, диаметр третьей точки равен диаметру последнего чернового зуба $D_3 = 59,70$ мм.

Расчет производим в системе координат, центр которой совпадает с центром отверстия, ось X проходит по центру впадины между шлицами, ось Y – горизонтальна.

Находим координаты расчетных точек в этой системе координат по формулам (3.21), (3.22) [8]:

$$x_i = R_i \sin(\theta_0 + \theta_i), \quad (3.21)$$

$$y_i = R_i \cos(\theta_0 + \theta_i), \quad (3.22)$$

где θ_0 – угол между осью OY и радиусом-вектором начальной точки эвольвенты. Определяется по формуле (3.23) [8]:

$$\theta_0 = \frac{\pi}{z} - \frac{S_p}{d} - \text{inv}\alpha_d. \quad (3.23)$$

θ_i – полярный угол эвольвенты в точке i_0 . Определяется по формуле (3.24):

$$\theta_i = \text{tg}\alpha_i - \alpha_i = \text{inv}\alpha_i, \quad (3.24)$$

где α_i – угол давления в точке i. Определяется по формуле (3.25) [8]:

$$\cos\alpha_i = \frac{d_B}{D_i}, \quad (3.25)$$

Диаметр основной окружности определяется по формуле (3.26) [8]:

$$d_B = mz \cos\alpha_d, \quad (3.26)$$

$$d_B = 3,5 \cdot 16 \cdot 0,866 = 48,496 \text{ мм.}$$

Сумма угла между осью OY и радиусом-вектором начальной точки эвольвенты и полярного угла эвольвенты в точке i_0 определяется по формуле (3.27) [8]:

$$\theta_0 + \theta_i = 57,29578 \left(\frac{\pi}{z} - \frac{S_p}{d} - \text{inv}\alpha_d + \text{inv}\alpha_i \right), \quad (3.27)$$

$$\cos\alpha_1 = \frac{48,496}{53,24} = 0,91089, \alpha_1 = 24^\circ 22', \text{inv}\alpha_1 = 0,0272,$$

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

$$\cos\alpha_2 = \frac{48,496}{56,34} = 0,86077, \alpha_2 = 30^\circ 35', \operatorname{inv}\alpha_2 = 0,0558,$$

$$\cos\alpha_3 = \frac{48,496}{59,70} = 0,81233, \alpha_3 = 35^\circ 40', \operatorname{inv}\alpha_3 = 0,0928,$$

$$\theta_0 = \frac{3,14}{16} - \frac{5,745}{56} - 0,0538 = 0,03987 \text{ рад},$$

$$\theta_0 + \theta_1 = 57,29578 \left(\frac{3,14}{16} - \frac{5,745}{56} - 0,0538 + 0,0272 \right) = 3,843^\circ,$$

$$\theta_0 + \theta_2 = 57,29578 \left(\frac{3,14}{16} - \frac{5,745}{56} - 0,0538 + 0,0558 \right) = 5,481^\circ,$$

$$\theta_0 + \theta_3 = 57,29578 \left(\frac{3,14}{16} - \frac{5,745}{56} - 0,0538 + 0,0928 \right) = 7,601^\circ.$$

Координаты 1-й точки определяются по формулам (3.28), (3.29) [8]:

$$x_1 = R_1 \sin(\theta_0 + \theta_1), \quad (3.28)$$

$$y_1 = R_1 \cos(\theta_0 + \theta_1), \quad (3.29)$$

$$x_1 = 26,62 \sin 3,843^\circ = 26,62 \cdot 0,067 = 1,784 \text{ мм},$$

$$y_1 = 26,62 \cos 3,843^\circ = 26,62 \cdot 0,998 = 26,567 \text{ мм}.$$

Координаты 2-й точки определяются по формулам (3.30), (3.31) [8]:

$$x_2 = R_2 \sin(\theta_0 + \theta_2), \quad (3.30)$$

$$y_2 = R_2 \cos(\theta_0 + \theta_2), \quad (3.31)$$

$$x_2 = 28,17 \sin 5,481^\circ = 28,17 \cdot 0,096 = 2,704 \text{ мм},$$

$$y_2 = 28,17 \cos 5,481^\circ = 28,17 \cdot 0,995 = 28,029 \text{ мм}.$$

Координаты 3-й точки определяются по формулам (3.32), (3.33) [8]:

$$x_3 = R_3 \sin(\theta_0 + \theta_3), \quad (3.32)$$

$$y_3 = R_3 \cos(\theta_0 + \theta_3), \quad (3.33)$$

$$x_3 = 29,85 \sin 7,601^\circ = 29,85 \cdot 0,132 = 3,941 \text{ мм},$$

$$y_3 = 29,85 \cos 7,601^\circ = 29,85 \cdot 0,991 = 29,581 \text{ мм}.$$

Так как протяжка шлифуется с поднятием заднего центра, то профиль боковых поверхностей одинаков, а толщина зубьев, измеренная в одном сечении, разная. Отклонение дуги окружности от кривой профиля последнего зуба проверяем в двух

										Лист
										89
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.304.00 ПЗ ВКР					

дополнительных промежуточных точках, имеющих координаты, отличающиеся от тех, по которым была построена окружность.

Для определения смещения каждой точки определяем смещение, приходящееся на каждый зуб по формуле (3.34) [8]:

$$\Delta C = \frac{\Delta y}{1000} \frac{l_0}{z_0} = \frac{\Delta y}{1000} t_0, \quad (3.34)$$

$$\Delta C = \frac{0,3}{1000} \cdot 11 = 0,0033 \text{ мм.}$$

Смещение ординаты любого зуба определяем по формуле (3.35) [8]:

$$C_i = \Delta C(z_i - 1). \quad (3.35)$$

За базовый принят последний зуб № 56 – черновой зуб протяжки с диаметром 59,70 мм. Тогда для точек 1, 2, 3 смещения равны:

$$C_1 = 0,0033(56 - 1) = 0,1815 \text{ мм,}$$

$$C_2 = 0,0033(56 - 28) = 0,0924 \text{ мм,}$$

$$C_3 = 0,0033(56 - 56) = 0 \text{ мм.}$$

Новые ординаты точек находим по формулам (3.36), (3.37), (3.38) [8]:

$$\text{точка } 1': y'_1 = y_1 - C_1, \quad (3.36)$$

$$y'_1 = 26,567 - 0,1815 = 26,3855 \text{ мм,}$$

$$\text{точка } 2': y'_2 = y_2 - C_2, \quad (3.37)$$

$$y'_2 = 28,029 - 0,0925 = 27,9365 \text{ мм,}$$

$$\text{точка } 3': y'_3 = y_3 - C_3, \quad (3.38)$$

$$y'_3 = 29,581 - 0 = 29,581 \text{ мм.}$$

Для упрощения расчета переносим систему координат в точку 1' и находим новые координаты точек по формулам.

Новые координаты точек определяем по формулам (3.39), (3.40) [8]:

$$x'_i = x_i - x_1, \quad (3.39)$$

$$y''_i = y'_i - y'_1, \quad (3.40)$$

$$\text{точка } 1': x'_1 = 0, y''_1 = 0,$$

									150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						90

$$\text{точка } 2': x'_2 = 2,704 - 1,784 = 0,92 \text{ мм,}$$

$$y''_2 = 27,9365 - 26,3855 = 1,551 \text{ мм,}$$

$$\text{точка } 3': x'_3 = 3,941 - 1,784 = 2,157 \text{ мм,}$$

$$y''_3 = 29,581 - 26,3855 = 3,1955 \text{ мм.}$$

Определим координаты центра x_0, y_0 и радиус r_1 по формулам (3.41), (3.42) и (3.43) соответственно [8]:

$$y_0 = \frac{x'_2[(x'_3)^2 + (y''_3)^2] - x'_3[(x'_2)^2 + (y''_2)^2]}{2(y''_3 x'_2 - y''_2 x'_3)}, \quad (3.41)$$

$$x_0 = \frac{(x'_2)^2 + (y''_2)^2 - 2y''_2 y_0}{2x'_2}, \quad (3.42)$$

$$r_1 = \sqrt{x_0^2 + y_0^2}. \quad (3.43)$$

После расчетов получим $y_0 = -8,192$ мм; $x_0 = 15,579$ мм; $r_1 = 17,6017$ мм.

Для проверки, необходимо определить отклонения от окружности в двух точках профиля, которые не учитывали при расчете параметров окружности.

$D_4 = 54,66$ мм – наружный диаметр №14 зуба

$D_5 = 58,02$ мм – наружный диаметр №42 зуба

$$\cos\alpha_4 = \frac{48,496}{54,66} = 0,8872, \alpha_1 = 27^\circ 28', \text{inv}\alpha_1 = 0,03957,$$

$$\cos\alpha_5 = \frac{48,496}{58,02} = 0,8358, \alpha_2 = 33^\circ 18', \text{inv}\alpha_2 = 0,07478,$$

$$\theta_0 + \theta_4 = 57,29578 \left(\frac{3,14}{16} - \frac{5,745}{56} - 0,0538 + 0,03957 \right) = 4,554^\circ,$$

$$\theta_0 + \theta_5 = 57,29578 \left(\frac{3,14}{16} - \frac{5,745}{56} - 0,0538 + 0,07478 \right) = 6,569^\circ,$$

$$x_4 = 27,33 \sin 4,554^\circ = 27,33 \cdot 0,0794 = 2,171 \text{ мм,}$$

$$y_4 = 27,33 \cos 4,554^\circ = 27,33 \cdot 0,9968 = 27,243 \text{ мм,}$$

$$x_5 = 29,01 \sin 6,569^\circ = 29,01 \cdot 0,1144 = 3,319 \text{ мм,}$$

$$y_5 = 29,01 \cos 6,569^\circ = 29,01 \cdot 0,9934 = 28,818 \text{ мм,}$$

$$C_4 = 0,0033(56 - 14) = 0,1386 \text{ мм,}$$

$$C_5 = 0,0033(56 - 42) = 0,0462 \text{ мм,}$$

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

$$\text{точка } 4': y'_4 = 27,24 - 0,1386 = 27,101 \text{ мм,}$$

$$\text{точка } 5': y'_5 = 28,82 - 0,0462 = 28,774 \text{ мм,}$$

$$\text{точка } 4': x'_4 = 2,171 - 1,784 = 0,387 \text{ мм,}$$

$$y''_4 = 27,101 - 26,3855 = 0,716 \text{ мм,}$$

$$\text{точка } 5': x'_5 = 3,319 - 1,784 = 1,535 \text{ мм,}$$

$$y''_5 = 28,774 - 26,3855 = 2,389 \text{ мм.}$$

Определяем расстояние этих точек от центра замещающей окружности по формуле (3.44) [8]:

$$p_i = \sqrt{(x'_i - x_0)^2 + (y''_i - y_0)^2}, \quad (3.44)$$

$$p_4 = 17,6068 \text{ мм, } p_5 = 17,5835 \text{ мм.}$$

Определяем искомые отклонения, которые представляют собой разность между p_4 и p_5 и r_1 радиусом заменяющей окружности по формуле (3.45) [8]:

$$\Delta p_i = p_i - r_1, \quad (3.45)$$

$$\Delta p_4 = 0,0051, \quad \Delta p_5 = -0,0182.$$

Величины отклонений удовлетворительные, поэтому замену искомого профиля дугой данной окружности считаем приемлемой.

Находим координаты центра заменяющей окружности в первой системе координат:

$$x'_0 = 15,579 + 1,784 = 17,363 \text{ мм,}$$

$$y'_0 = 26,567 - 8,192 = 18,375 \text{ мм.}$$

3.4.3 Расчет размеров по роликам при коррекции профиля по дуге окружности

Боковой профиль зубьев протяжки контролируют размером по роликам. Контроль производят двумя или тремя роликами разных диаметров, которые касаются точек профиля впадины между двумя соседними зубьями на разной высоте. Размеры по роликам рассчитывают для последнего чернового зуба или

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

зуба, принятого за базовый. Размер по роликам изменяется на удвоенное значение смещения для данного зуба относительно базового.

Для контроля профиля используют координаты точек 2, 4 и 5, найденные раньше.

$$x_2 = 2,704 \text{ мм}, \quad x_4 = 2,171 \text{ мм}, \quad x_5 = 3,319 \text{ мм}.$$

Расчет роликов по формуле (3.46) [8]:

$$r_{pi} = \frac{r_1 x_i}{x'_0 - x'_i}, \quad (3.46)$$

$$r_{p2} = \frac{17,6017 \cdot 2,704}{17,363 - 2,704} = 3,246 \text{ мм}, \quad d_{p2} = 6,492 \text{ мм},$$

$$r_{p4} = \frac{17,6017 \cdot 2,171}{17,363 - 2,171} = 2,515 \text{ мм}, \quad d_{p2} = 5,03 \text{ мм},$$

$$r_{p5} = \frac{17,6017 \cdot 3,319}{17,363 - 3,319} = 4,159 \text{ мм}, \quad d_{p2} = 8,319 \text{ мм}.$$

Для измерения примем стандартные ролики:

$$d_{p2} = 7 \text{ мм}, \quad d_{p4} = 5 \text{ мм}, \quad d_{p5} = 9 \text{ мм}.$$

Размер по роликам на последнем черновом зубе определяем по формулам (3.47), (3.48) [8]:

– для четного числа зубьев

$$M_i = 2y'_0 + l_i + D_{pi}, \quad (3.47)$$

– для нечетного числа зубьев

$$M_i = 2(y'_0 + l_i) \cos \frac{90^\circ}{z} + D_p. \quad (3.48)$$

Найдем расстояние по вертикали между центрами заменяющей окружности и ролика по формуле (3.49) [8]:

$$l_i = \sqrt{(r_1 + R_{pi})^2 - (x'_0)^2}, \quad (3.49)$$

Для точек 2, 4 и 5:

$$l_2 = 42,35 \text{ мм}, \quad l_4 = 41,44 \text{ мм}, \quad l_5 = 44,43 \text{ мм},$$

$$M_2 = 135,44 \text{ мм}, \quad M_4 = 132,85 \text{ мм}, \quad M_5 = 141,1 \text{ мм}.$$

									Лист
									93
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.304.00 ПЗ ВКР				

Для проверки т.4 возьмем точки близлежащие к диаметрам зубьев №14, используем зуб №18, наружный диаметр больше на 0,48 мм. Для проверки т.2 используем зуб №32, также зуб №46. Для проверки воспользуемся формулой (3.50) [8]:

$$M_z = M_i \pm C_i, \quad (3.50)$$

M_z – размер по роликам на контролируемом зубе протяжки.

Знак «+» – ролик передвигается вдоль протяжки в сторону переднего хвостовика от базового зуба;

Знак «-» – ролик движется на чистовые или калибрующие зубья.

Для зуба №18 в точке, соответствующей точке 4:

$$M_{4-18} = M_4 + 2C_{18} = 132,85 + 2 \cdot 0,0033(56 - 18) = 133,1008 \text{ мм},$$

Для зуба №32:

$$M_{4-32} = M_4 + 2C_{32} = 132,85 + 2 \cdot 0,0033(56 - 32) = 133,0084 \text{ мм},$$

$$M_{2-32} = M_2 + 2C_{32} = 135,44 + 2 \cdot 0,0033(56 - 32) = 135,5984 \text{ мм}.$$

Для зуба №46:

$$M_{4-46} = M_4 + 2C_{46} = 132,85 + 2 \cdot 0,0033(56 - 46) = 132,916 \text{ мм},$$

$$M_{2-46} = M_2 + 2C_{46} = 135,44 + 2 \cdot 0,0033(56 - 46) = 135,506 \text{ мм},$$

$$M_{5-46} = M_5 + 2C_{46} = 141,1 + 2 \cdot 0,0033(56 - 46) = 141,166 \text{ мм}.$$

Проверочный расчет (не касается ли ролик впадины) определяется по неравенству (3.51) [8]:

$$M_i - 2D_p > D_{в.ш.} \quad (3.51)$$

Для зуба №18:

$$133,1008 - 2 \cdot 5 = 123,1008 \text{ мм}$$

$$123,1008 > 52$$

Для зуба №32:

$$135,5984 - 2 \cdot 7 = 121,5984 \text{ мм}$$

$$121,5984 > 52$$

Для зуба №46:

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

$$141,166 - 2 \cdot 9 = 123,166 \text{ мм}$$

$$123,166 > 52$$

На чертеже протяжки указывают подъем заднего центра на длине от точки перехода переднего направления во впадину перед первым зубом до торца заднего направления. Это расстояние определяется по формуле (3.52) [8]:

$$L_y = L - L_1 + (t - b) - l_{з.хв.}, \quad (3.52)$$

$$L_y = 1332 - 405 + (11 - 4) - 125 = 809 \text{ мм.}$$

Подъем заднего хвостовика определяется по формуле (3.53) [8]:

$$C = \frac{\Delta y}{1000} L_y, \quad (3.53)$$

$$C = \frac{0,3}{1000} \cdot 809 = 0,2427 \text{ мм.}$$

3.5 Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля

После выполнения каждой операции проводится контроль размеров. Для контроля линейных и диаметральных размеров используется штангенциркуль ШЦ.-I-125-0,1-1 ГОСТ 166-89 (рисунок 3.23), 05518-22 скоба 34h11, 8118-0025 скоба 206,2h10 ГОСТ2216-84, 8118-0014 скоба 96h11 ГОСТ2216-84, 05602-69 скоба 73h12 (рисунок 3.24).



Рисунок 3.23 – Штангенциркуль



Рисунок 3.24 – Скоба

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95

Для контроля отверстия используется штангенглубиномер ШГ: 160-0,05 ГОСТ 162-90 (рисунок 3.25). Для контроля на протяжной операции используется Т9562-545 калибр 47,486. Также используется межцентромер (рисунок 3.26).



Рисунок 3.25 – Штангенглубиномер



Рисунок 3.26 – Межцентромер

На операции окончательного контроля производится контроль размеров и параметров на координатно-измерительной машине (рисунок 3.27).

Рисунок 3.27 – Координатно-измерительная машина

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		96

Технические характеристики представлены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Технические характеристики

Диапазон модуля, мм	0,5-100
Мин. внешний диаметр колеса, мм	10
Макс. внешний диаметр колеса, мм	600
Макс. ширина колеса, мм	800
Диапазон измерений по оси X/Y/Z, мм	600/800/800
Погрешность линейного измерения МРЕе, мкм	1,7+L/300
	1,7+L/250
	1,7+L/200
Погрешность измерения МРЕр, мкм	1,5

3.6 Расчет и описание работы схвата промышленного робота

Схема схвата выглядит следующим образом (рисунок 3.28):

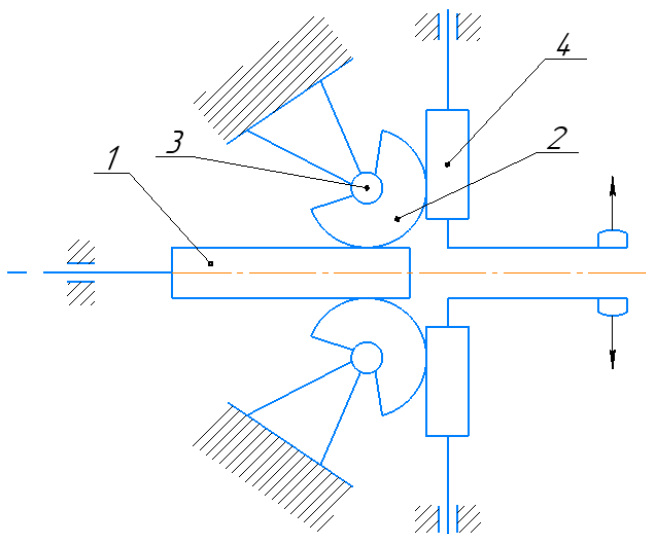


Рисунок 3.28 – Схема схвата

Принцип работы схвата:

Изначально схват находится в сжатом состоянии. Далее в пневмоцилиндр подается сжатый воздух, в следствии чего тяга 1 начинает совершать поступательное движение и двигается вправо. На тяге имеются зубчатые рейки,

которые контактируют с зубчатыми колесами 2, образуя зубчатое зацепление, это заставляет вращаться колеса вокруг шарниров 3. Зубчатые колеса в свою очередь передают движение на губки 4, на которых тоже имеются зубчатые рейки. Губки разжимаются, захватывая заготовку по внутренней поверхности. Для сжатия, из пневмоцилиндра выкачивается сжатый воздух, тяга двигается влево, а губки возвращаются в свое исходное положение.

Достоинства:

1. Простота конструкции;
2. Сравнительно высокая точность позиционирования заготовки в схвате.

Недостатки:

1. Износ рабочих поверхностей губок;
2. Возможность захватывать заготовки только по внутренней поверхности.

Расчет усилия зажима для максимального и минимального размеров заготовки.

Внутренний диаметр транспортируемой заготовки 51 мм.

Масса заготовки 12,75 кг.

Принятое максимальное ускорение при переносе заготовки, $a=5 \text{ м/с}^2$.

Принятая схема схвата приведена на рисунке 4.1.

Определим потребное усилие для удержания транспортируемой заготовки, считая, что удержание заготовки происходит за счет сил трения по формуле (3.54) [13]:

$$P_1 = m \cdot (g + a)K_1 \cdot K_2, \quad (3.54)$$

где m – наибольшая масса заготовки, $m=11,6 \text{ кг}$;

g – ускорение свободного падения, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$;

a – ускорение центра масс, $a = 5 \text{ м/с}^2$;

K_1 – коэффициент, зависящий от положения детали относительно губок b формы губок схвата, для выбранной схемы $K_1 = \frac{1}{2}$ (рисунок 3.29);

K_2 – коэффициент запаса, $K_2 = 1,5$.

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		98

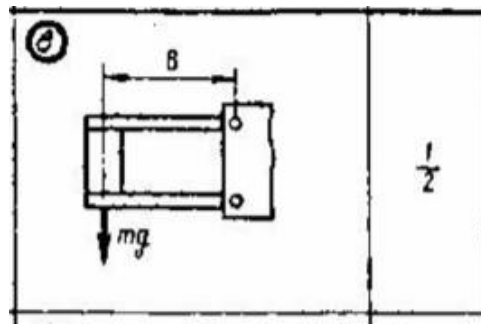


Рисунок 3.29 – Схема удержания заготовки

$$P_1 = 11,6 \cdot (9,8 + 5) \cdot \left(\frac{1}{2}\right) \cdot 1,5 = 128,76 \text{ Н.}$$

Рассчитаем усилие привода P_2 , необходимое для захвата заготовки по формуле (3.55) [13]:

$$P_2 = \frac{2 \cdot P_1 \cdot a}{b}, \quad (3.55)$$

$$P_2 = \frac{2 \cdot 128,76 \cdot 60}{62,45} = 247,42 \text{ Н,}$$

где a – расстояние от оси зубчатого сектора до оси, по которой перемещается губка (рисунок 3.30), $a=60$ мм;

b – расстояние от оси зубчатого сектора до оси, по которой перемещается тяга (рисунок 3.29), $b=62,45$ мм.

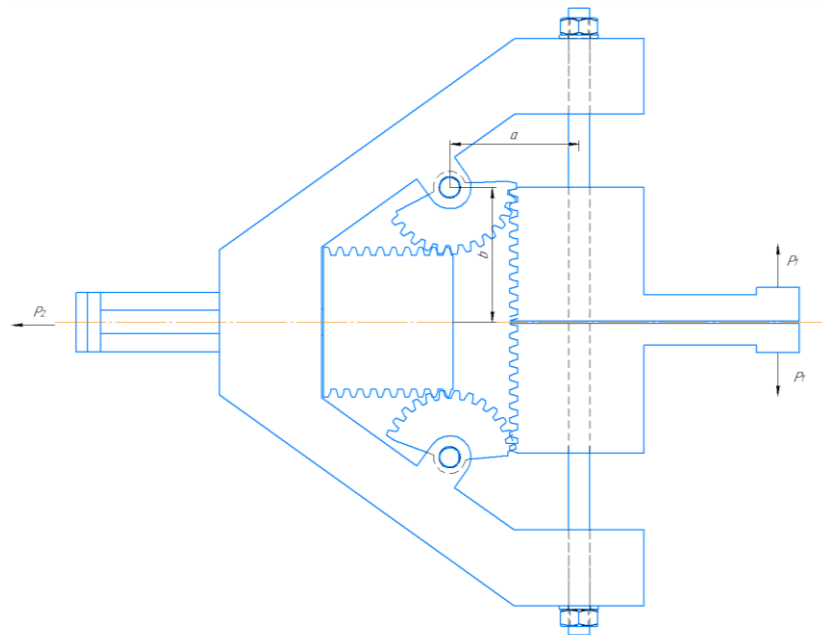


Рисунок 3.30 – Эскиз схвата

									Лист
									99
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.304.00 ПЗ ВКР				

Определим необходимый диаметр пневмоцилиндра привода схвата по формуле (3.56) [13]:

$$d = \sqrt{\frac{4P_2}{P\pi}}, \quad (3.56)$$

где P – давление в пневмосистеме, $P=800$ кПа.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 247,42}{0,8 \cdot 3,14}} = 19,84 \text{ мм.}$$

Исходя из ГОСТ 15608-81 [2], значение диаметра пневмоцилиндра равно 25 мм, диаметр штока равен 12 мм.

Найдем усилия, действующие на шарниры схвата по формуле (3.57):

$$F_{\text{ш}} = \frac{P_1 \cdot a}{b}, \quad (3.57)$$

где $F_{\text{ш}}$ – сила, действующая на шарнир, $P_1 = 128,76$ Н;

$a=60$ мм;

$b=62,45$ мм.

$$F_{\text{ш}} = \frac{128,76 \cdot 0,06}{0,06245} = 123,71 \text{ Н.}$$

Выбираем диаметр шарнира из расчета на срез по формуле (3.58):

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{ш}}}{\pi \cdot \tau_{\text{ср}}}}, \quad (3.58)$$

где $\tau_{\text{ср}}$ – допускаемое напряжение на срез, $\tau_{\text{ср}} = 120$ МПа.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 123,71}{3,14 \cdot 120}} = 1,14 \text{ мм.}$$

Исходя из конструкторских параметров, целесообразно сделать $d=10$ мм.

Проверяем шарнир на смятие (рисунок 3.31), если допускаемое напряжение на смятие $\sigma_{\text{см}} = 80$ Мпа по формуле 3.59 [13]:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{F_{\text{ш}}}{\pi \cdot d \cdot b}, \quad (3.59)$$

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		100

где d – диаметр шарнира;

b – длина шарнира, $b=70$ мм.

Рисунок 3.31 – Расчет на срез и смятие

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{123,71}{3,14 \cdot 10 \cdot 62,45} = 0,06 \text{ МПа.}$$

В результате расчета напряжение на смятие получилось гораздо меньше допустимого.

Промышленного робота выбираем исходя из требований грузоподъемности (рисунок 3.32).

Рисунок 3.32 – Массовые свойства

Масса схвата и заготовки равна 22,4 кг. Тогда, принимаем промышленного робота с грузоподъемностью выше 25 кг.

Выбранный промышленный робот – KUKA KR 60-3 CR (рисунок 3.33). Основные характеристики робота приведены в таблице 3.12.

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		101



Рисунок 3.33 – Промышленный робот KUKA KR 60-3 CR

Таблица 3.12 – Технические характеристики робота

Число степеней свободы	6 осей
Максимальный радиус действия	2033 мм
Полезная нагрузка	60 кг
Точность (повторяемость)	$\pm 0,06$ мм
Вес манипулятора	665 кг

График зависимости положения центра масс относительно фланца и максимальной переносимой массы представлен на рисунке 3.34.

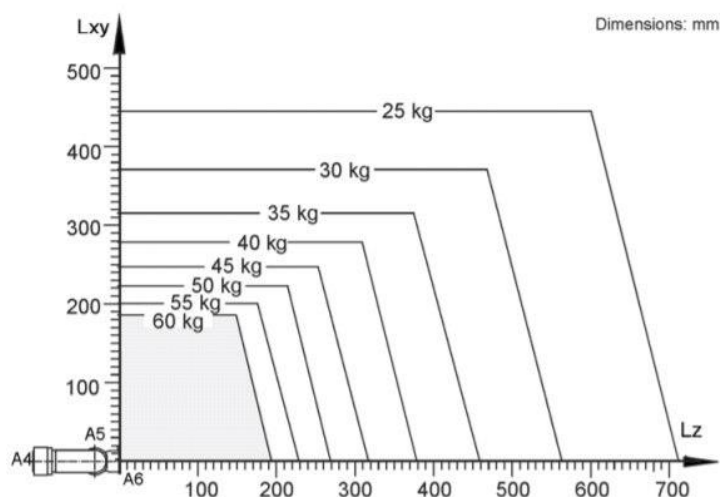


Рисунок 3.34 – Диаграмма полезной нагрузки

Схват крепится к роботу при помощи фланца. Исполнение и размеры фланца (рисунок 3.35, таблица 3.13) берутся по ГОСТ 26063-84 [3].

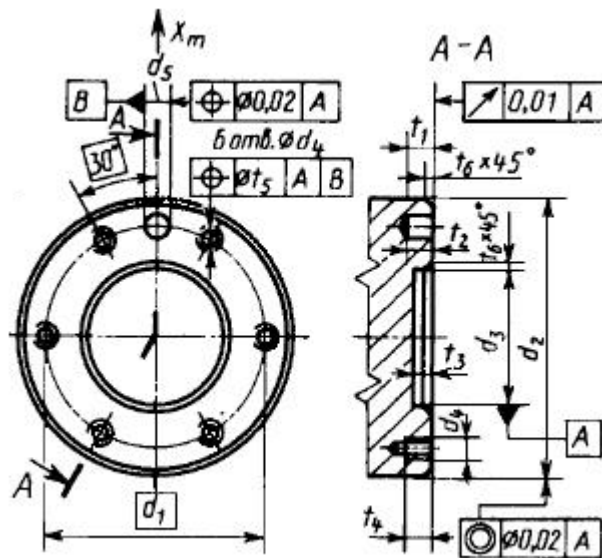


Рисунок 3.35 – Размеры фланца

Таблица 3.13 – Размеры фланца

d_1	100 мм
d_2	125 мм
d_3	63 мм
d_4	M8
t_1	6 мм
t_2	8 мм
t_3	6 мм
Количество отверстий	6

При помощи программы «PTC Creo Parametric» была создана объемная модель выбранной конструкции схвата (рисунок 3.36).

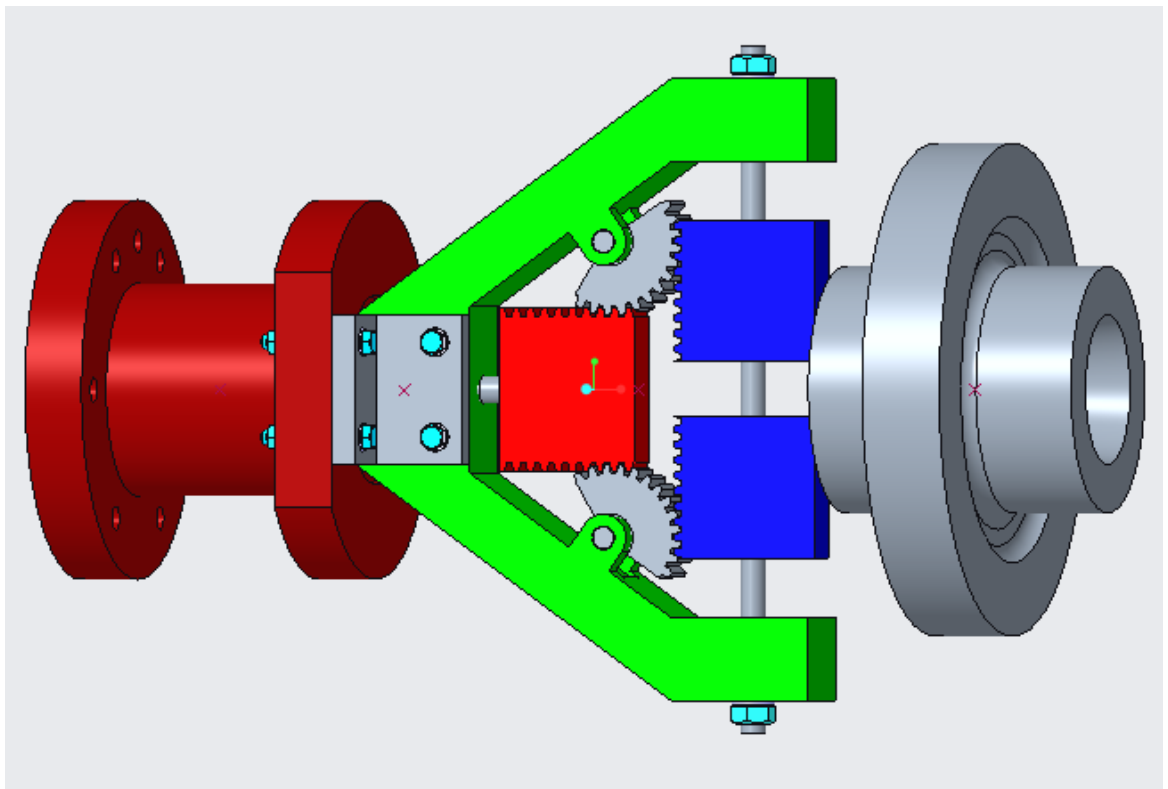


Рисунок 3.36 – Объемная модель схвата

Одним из важнейших условий сборного механизма то, чтобы его компоненты не пересекались и не врезались в друг друга. На рисунке 3.37 представлен отчет о проверке сборки на отсутствие пересечения компонентов.

Глобальное пересечение

Анализ: Конструкторский элемент

Настройка: Только детали
 Только под сборки
 Включить составные поверхности
 Включить фасеты

Вычисление: Точное
 Быстрое

#	Деталь 1	Деталь 2	Объем
1:	ТЯГА	КОЛЕСО	14.2146 ММ ³
2:	ТЯГА	КОЛЕСО	79.5449 ММ ³
3:	КОЛЕСО	ГУБКИ	14.6730 ММ ³
4:	КОЛЕСО	ГУБКИ	8.77611 ММ ³

Показать все Очистить Проверка

Конструкторский элемент: GLOBAL_INTERFERENCE_1

Повторить

Предварительный просмотр ОК Отмена

Рисунок 3.37 – Проверка на пересечение компонентов

Пересечение несущественные, так как выполнено эскизное построение зубьев на рейках тяги и губок, а также зубьев зубчатых колес. В реальной конструкции такого пересечения компонентов не будет.

Динамический анализ модели был выполнен в программе «PTC Creo Parametric». На рисунках 3.38 и 3.39 представлен анализ механизма на разжим губок.

Рисунок 3.38 – Начальные условия для анализа на разжим губок

Рисунок 3.39 – Завершенный анализ на разжим губок

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		105

На рисунках 3.40 и 3.41 изображен динамический анализ механизма на зажим губок.

Рисунок 3.40 – Начальные условия для анализа на зажим губок

Рисунок 3.41 – Завершенный анализ на зажим губок

Разнесенный вид создается для наглядного представления поэтапной сборки схвата (рисунок 3.42):

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		106

Рисунок 3.42 – Разнесенный вид

На рисунке 3.43 представлен график скорости (а) и ускорения (б) губки при разжиме схвата. На рисунке 3.44 представлен график скорости (а) и ускорения (б) при зажиме схвата.

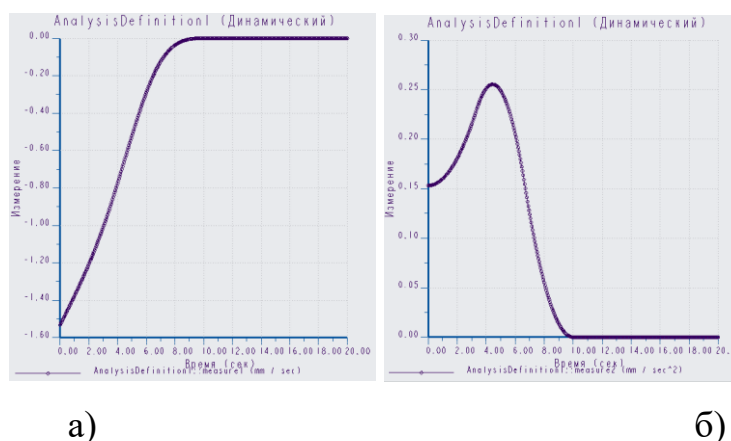


Рисунок 3.43 – Графики скоростей и ускорений при разжиме

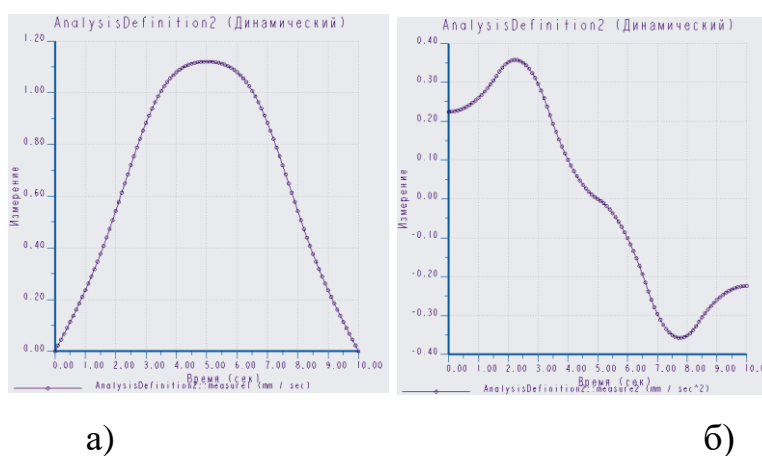


Рисунок 3.44 – Графики скоростей и ускорений при зажиме

Расчет напряженно-деформированного состояния проведем для губки, сжимающей заготовку, так как она будет являться самым нагруженным элементов из всего схвата (рисунок 3.45).

Рисунок 3.45 – Напряжения в губке

Изменим высоту губок с 10 мм до 15 мм и добавим ребро жесткости (рисунок 3.46).

Рисунок 3.46 – Напряжения в губке после изменения размеров

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		108

4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

4.1 Анализ возможных направлений по автоматизации технологического процесса изготовления детали

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

Технологический процесс обработки детали может быть автоматизирован полностью или частично в зависимости от целей, которые стоят перед производством, целесообразности и возможности автоматизации. Поскольку технологический процесс состоит из основных и вспомогательных операций, то, соответственно, и автоматизировать можно основные и/или вспомогательные операции.

С целью получения наибольшей информации о возможности полной или частичной автоматизации необходимо произвести анализ проектного варианта технологического процесса. При проведении анализа необходимо учесть следующие факторы:

- наличие в технологическом процессе слесарных операций или операций, выполняемых на универсальном оборудовании;
- наличие специальных методов обработки и прерывистость технологического процесса;
- возможность встраивания основного оборудования в ГПС;
- концентрация переходов на операциях, выполняемых на станках с ЧПУ;
- габаритные размеры и вес детали;
- возможность использования автоматизированных средств загрузки-выгрузки детали в основное оборудование, промежуточный накопитель или тактовый стол, на робокар, основной или промежуточный склад.

В проектном варианте технологического процесса используются:

- универсальный токарный станок с ЧПУ DMG MORI CTX alpha 500;

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		109

- протяжной станок 7Б56;
- внутришлифовальный станок 3К228;
- шлифовальный станок Reishauer AZA-K.

К выбранному в проектном варианте технологического процесса основному оборудованию можно добавить модули автоматической уборки стружки и автоматического открывания-закрывания дверей станков, а также имеется возможность добавления датчиков для наладки и диагностики оборудования и режущего инструмента.

По возможности можно использовать принцип концентрации операций. Необходимо объединить простые операции (например, токарные, протяжные или зубофрезерные) в одну более сложную операцию. Концентрация позволяет сократить трудоемкость изготовления детали, увеличить производительность труда.

Габариты детали «Колесо зубчатое»: $\varnothing 206,3$ мм и 114 мм. Масса детали 8,5 кг.

Деталь «Колесо зубчатое» имеет наружную (1) и внутреннюю (2) поверхности для захвата (рисунок 4.1).

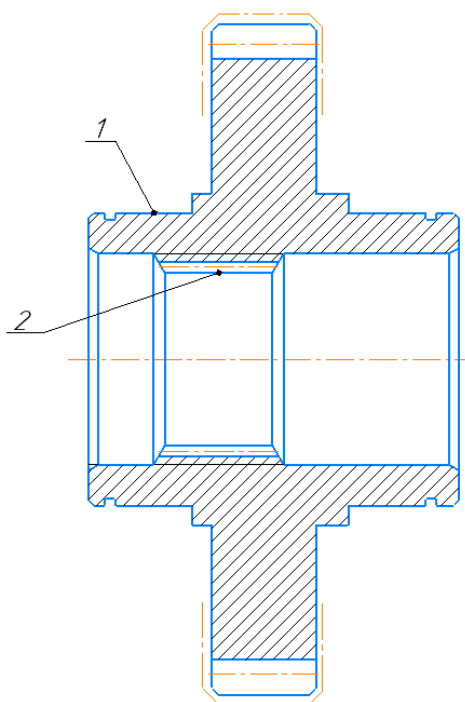


Рисунок 4.1 – Поверхности для захвата

									Лист
									110
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.304.00 ПЗ ВКР				

При дипломном проектировании достаточно провести качественную оценку технологичности детали. Результаты оценки представляются в виде таблицы 4.1.

Таблица 4.1 – Качественная оценка технологичности детали

№ п.п.	Критерий оценки	Значение/ Показатель/ Сравнительная характеристика	Характеристика оценки
1	Унифицированность элементов форм детали	Есть канавки, шлицы	Технологично
2	Простота формы детали	Сложная, так как имеются зубья и шлицы	Нетехнологично
3	Возможность обработки максимального количества поверхностей детали за один установ	Всего 29 поверхностей. За один установ можно обработать 13 поверхностей	Технологично
4	Доступность поверхностей детали для обработки	Все поверхности доступны	Технологично
5	Наличие труднообрабатываемых поверхностей детали (глубокие отверстия, глухие отверстия и др.)	На детали не имеется труднообрабатываемых поверхностей	Технологично
6	Возможность совмещения конструкторских и технологических баз	Возможен принцип совмещения баз	Технологично

Продолжение таблицы 4.1

7	Обеспечение конструкцией детали нормальный подвод и отвод режущего инструмента	Конструкцией детали обеспечивается нормальный подвод и отвод реж. инстр.	Технологично
8	Возможность достижения наиболее точных размеров детали на основном оборудовании	Наиболее точный размер детали, который обеспечивается на основном оборудовании – $\varnothing 90k6 \begin{matrix} +0,0025 \\ +0,003 \end{matrix}$	Технологично
9	Возможность достижения минимальной заданной шероховатости поверхности детали на основном оборудовании	Минимальная шероховатость поверхности детали, обеспеченная на основном оборудовании – Ra1,25	Технологично
10	Высокая обрабатываемость основного материала	12ХНЗА – хорошая обрабатываемость	Технологично
11	Возможность обработки детали универсальным режущим инструментом	Возможна обработка детали универсальным реж. инструментом	Технологично
12	Минимальная номенклатура режущего инструмента необходимая для обработки всех поверхностей детали при обеспечении заданной точности и шероховатости	Используется 9 РИ: 5 резцов, протяжка, червячная фреза, шлифовальный круг, абразивный червяк. Это кол-во минимально, т.к. обеспечивается заданная точность и шероховатость	Технологично

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

150305.2020.304.00 ПЗ ВКР

Лист

112

Окончание таблицы 4.1

13	Наибольший коэффициент использования материала	$K_{\text{им}} = \frac{8,5}{12,75} = 0,7$ <p>Данный показатель лежит в пределах технологичности материала (ГОСТ 14.322-83)</p>	Технологично
14	Наличие поверхностей для захвата детали промышленным роботом и базирования на промежуточных накопителях и в основном оборудовании	Есть поверхности для захвата: внутренняя и наружная	Технологично

Можно сделать вывод, что деталь технологична.

Анализ показал, что технологический процесс детали «Колесо зубчатое» можно автоматизировать.

4.2 Разработка структурной схемы гибкого производственного участка

4.2.1 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 (4.1) [1]:

$$K = \frac{C_{\text{ср}}}{T_{\text{ср}}}, \quad (4.1)$$

где $C_{\text{ср}}$ – средняя станкоемкость (показатель затрат времени работы оборудования на производство определенного объема продукции), приходящаяся на каждый станок, мин, определяется по формуле (4.2);

									Лист
									113
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.304.00 ПЗ ВКР				

T_{cp} – средний такт выпуска деталей, мин;

K – число станков по виду оборудования.

$$C_{cp} = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i, \quad (4.2)$$

где n – число типовых деталей;

C_i – станкоемкость, приходящаяся на каждый станок по обработке i -ого представителя типовых деталей, мин. Определяется по формуле (4.3) [1]:

$$C_i = \sum_{j=1}^p t_{опi}, \quad (4.3)$$

где $t_{опi}$ – оперативное время по выполнению перехода на рассматриваемом станке, мин, определяется по формуле (4.4);

p – число всех переходов, выполняемых на рассматриваемом станке по обработке деталей.

$$t_{опi} = t_{0i} + t_{м-вi} + t_{yi}, \quad (4.4)$$

где t_{0i} – основное время на выполнение перехода, мин;

$t_{м-вi}$ – машинно-вспомогательное время, связанное с выполнением перехода (ускоренный подвод инструмента, автоматическая смена инструмента и т.д.), мин;

t_{yi} – вспомогательное время на снятие-установку заготовки, мин.

$$t_{оп1} = 9,54 + 0,5 + 4,91 = 14,95 \text{ мин},$$

$$C_{cp} = \frac{1}{1} \cdot 14,95 = 14,95 \text{ мин}.$$

Средний такт выпуска деталей определяется по формуле (4.5) [1]:

$$T_{cp} = \frac{60\Phi_0 K_{исп}}{N_{год}}, \quad (4.5)$$

где Φ_0 – годовой фонд времени оборудования, ч ($\Phi_0=2012$ ч при односменном режиме работы оборудования);

$K_{исп}$ – коэффициент использования оборудования по машинному времени ($K_{исп}=0,85$);

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		114

$N_{\text{год}}$ – годовая программа выпуска деталей, шт ($N_{\text{год}}=1500$ шт).

$$T_{\text{ср}} = \frac{60 \cdot 2012 \cdot 0,85}{1500} = 68,4 \text{ мин},$$

$$K_1 = \frac{14,95}{68,4} = 0,22 \approx 1 \text{ шт.}$$

Округляем получившееся значение K до наибольшего целого, чтобы предотвратить нехватку станков.

Для всех операций в проектируемом технологическом процессе результаты вычислений приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Результаты выбора количества станков для каждой операции

Наименование операции	Средняя станкочасовая норма, мин	Расчетное количество оборудования, шт	Принятое количество оборудования, шт
005 Токарная	14,95	0,17	1
010 Протяжная	1,94	0,02	1
015 Зубофрезерная	25,66	0,37	1
025 Шлифовальная	4,6	0,07	1
030 Шлифовальная	12,1	0,18	1

4.2.2 Определение структуры и состава автоматической транспортно-складской системы ГПС

Максимальное число детали-установок различных наименований (число серий), которые могут быть обработаны на комплексе в течение месяца, рассчитывается по формуле (4.6) [1]:

$$K_{\text{наим}} = \frac{60 \Phi_{\text{ст}} n_{\text{ст}}}{t_{\text{об}} N}, \quad (4.6)$$

									Лист
									115
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.304.00 ПЗ ВКР				

где $\Phi_{\text{ст}}$ – месячный фонд отдачи станка, ч ($\Phi_{\text{ст}} = 153$ ч);

$n_{\text{ст}}$ – число станков, входящих в ГПС ($n=5$ шт);

$t_{\text{об}}$ – средняя трудоемкость обработки одной деталиустановки, мин;

N – средняя месячная программа выпуска деталей одного наименования.

$$K_{\text{наим}} = \frac{60 \cdot 153 \cdot 5}{9 \cdot 500} = 10,2 \text{ шт.}$$

Полученное число деталиустановок определяет количество ячеек в стеллаже или ином накопителе. Для обеспечения нормальной работы ГПС необходим запас ячеек в накопителе, равный примерно 10 % от $K_{\text{наим}}$. Увеличим до 11 шт.

Будем использовать наиболее рациональную компоновку стеллажа – многоярусную двухрядную схему, которая позволяет значительно сократить размеры автоматизированного склада и в то же время обеспечить удобное обслуживание его, расположив соответствующие транспортные механизмы и отделения с обеих сторон [1].

Расчет необходимого числа позиций загрузки и разгрузки производят по формуле (4.7) [1]:

$$n_{\text{поз}} = \frac{t \cdot K_{\text{дет}}}{\Phi_{\text{поз}} \cdot 60}, \quad (4.7)$$

где t – средняя трудоемкость операций на позиции, мин;

$K_{\text{дет}}$ – число деталиустановок, проходящих через позицию в течение месяца, шт., рассчитывается по формуле (4.8);

$\Phi_{\text{поз}}$ – месячный фонд времени работы позиции, ч.

$$K_{\text{дет}} = K_{\text{наим}} \cdot N, \quad (4.8)$$

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

$$K_{\text{дет}} = 11 \cdot 500 = 5\,500 \text{ шт.}$$

Для расчетов можно использовать следующие значения трудоемкостей операций по загрузке (t_z) и разгрузке (t_p) деталей:

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		116

$$t_3 = 5 \text{ мин}; t_p = 3 \text{ мин.}$$

Величина $\Phi_{\text{поз}} = \Phi_{\text{ст}} = 153 \text{ ч}$ (при односменной работе оборудования).

$$n_{\text{поз}} = \frac{8 \cdot 5500}{153 \cdot 60} = 4,79 \approx 5 \text{ шт.}$$

Необходимое число позиций контроля $n_{\text{поз.к}}$ в ГПС рассчитывается по формуле (4.9):

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{t_{\text{к}} \cdot K_{\text{дет.к}}}{\Phi_{\text{поз}} \cdot 60}, \quad (4.9)$$

где $t_{\text{к}}$ – суммарное время контроля одной деталиустановки, мин;

$K_{\text{дет.к}}$ – число деталиустановок, проходящих контроль за месяц, шт., рассчитывается по формуле (4.10);

$\Phi_{\text{поз}}$ – месячный фонд времени работы позиции контроля, ч.

$$K_{\text{дет.к}} = \frac{K_{\text{дет}}}{n}, \quad (4.10)$$

где $K_{\text{дет}}$ – число деталиустановок, обрабатываемых на комплексе за месяц, шт.;

n – число деталиустановок, через которое деталь выводится на контроль, шт.

Рассчитывается по формуле (4.11) [1]:

$$n = \frac{n_1}{k_1 \cdot k_2}, \quad (4.11)$$

где n_1 – плановое число деталиустановок, через которое деталь выводится на контроль по требованию технолога, шт.;

k_1 и k_2 – поправочные коэффициенты, связанные с выводом деталей на контроль по требованию наладчика соответственно для первой деталиустановки в начале смены ($k_1 = 1,15$) и сразу же после установки нового инструмента ($k_2 = 1,05$).

Суммарное время контроля одной деталиустановки определяется по формуле (4.12) [1]:

$$t_{\text{к}} = t_{\text{к}_1} + t_{\text{к}_2} + \dots + t_{\text{к}_i}, \quad (4.12)$$

						150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			117

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 ГПС.

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

$$t_{\Pi} = 5 \text{ мин.}$$

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

$$t_{\text{к.ок.}} = 30 \text{ мин,}$$

$$t_{\text{к}} = 5 + 30 = 35 \text{ мин.}$$

Плановый вывод деталей на контроль рекомендуется осуществлять через каждые 5–8 деталиустановок, т.е.:

$$n_1 = 5 \dots 8 \text{ шт,}$$

$$n = \frac{5}{1,15 \cdot 1,05} = 4,14 \approx 5 \text{ шт,}$$

$$K_{\text{дет.к}} = \frac{5500}{5} = 1100 \text{ шт,}$$

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{35 \cdot 1100}{153 \cdot 60} = 4,19 \approx 5 \text{ шт.}$$

4.2.3 Проектирование предварительной компоновочной схемы ГПС

Технологический процесс обработки данной детали включает в себя токарную, протяжную, зубофрезерную и две шлифовальные операции. Количество операций соответствует количеству станков, участвующих в обработке. Маршрутный технологический процесс обработки детали «Колесо зубчатое»:

- операция 005 – Токарная с ЧПУ;
- операция 010 – Протяжная;
- операция 015 – Зубофрезерная с ЧПУ;
- операция 025 – Шлифовальная;
- операция 030 – Шлифовальная.

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		118

Для последующего анализа спроектируем предварительную компоновку ГПС (рисунок 4.2) и рассмотрим для нее два варианта расположения основного оборудования: первый – группирование оборудования по конструктивному признаку; второй – расположение оборудования по ходу выполнения технологического процесса. Циклограммы для обоих вариантов представлены на рисунках 4.3, 4.4.

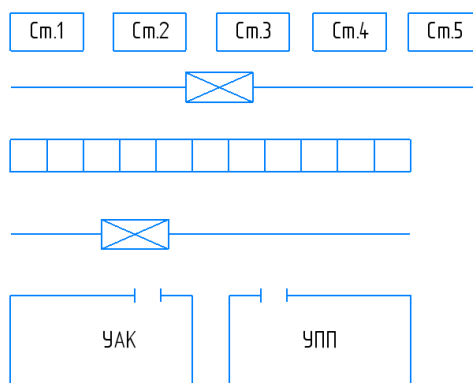


Рисунок 4.2 – Предварительная компоновка ГПС

Для выявления всех перемещений ТС и последующего расчета суммарных перемещений составим матрицы и графы перемещений подвижных механизмов АТСС.

В соответствии с разработанными ранее циклограммами станочной системы ГПС (см. рисунки 4.3, 4.4) и учетом «норм технологического проектирования 18 предприятий машиностроения, приборостроения и металлообработки» (ОНТП14-93) построим матрицы перемещений деталиустановок (таблицы 4.3, 4.4).

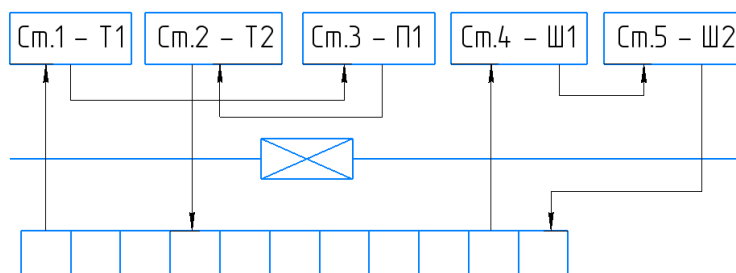


Рисунок 4.3 – Циклограмма станочной системы ГПС с группированием основного оборудования по конструктивному признаку

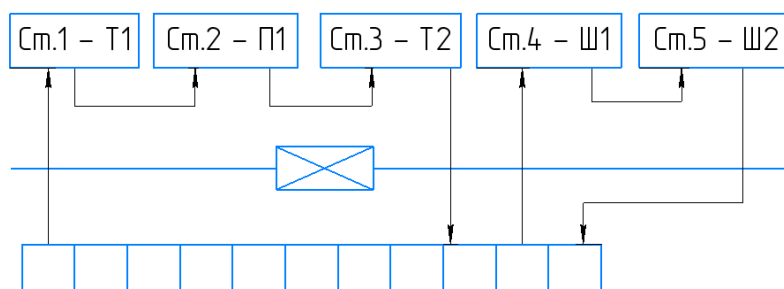


Рисунок 4.4 – Циклограмма станочной системы ГПС с расположением основного оборудования по ходу выполнения технологического процесса

Таблица 4.3 – Матрица перемещений деталиустановок для ГПС с группированием основного оборудования по конструктивному признаку

Оборудование, к которому движется транспортное средство	Оборудование, от которого движется транспортное средство					
	T1	T2	П1	Ш1	Ш2	Стеллаж
	Расстояние, пройденное транспортным средством, м					
T1	-	-	-	-	-	3
T2	-	-	3,5	-	-	-
П1	7	-	-	-	-	-
Ш1	-	-	-	-	-	13,5
Ш2	-	-	-	3,5	-	-
Стеллаж	-	4,5	-	-	9	-

Таблица 4.4 – Матрица перемещений деталиустановок для ГПС с расположением основного оборудования по ходу выполнения технологического процесса

Оборудование, к которому движется транспортное средство	Оборудование, от которого движется транспортное средство					
	T1	П1	T2	Ш1	Ш2	Стеллаж
	Расстояние, пройденное транспортным средством, м					
T1	-	-	-	-	-	3

Окончание таблицы 4.4

П1	3,5	-	-	-	-	-
Т2	-	3,5	-	-	-	-
Ш1	-	-	-	-	-	9
Ш2	-	-	-	3,5	-	-
Стеллаж	-	-	4,5	-	13,5	-

Анализ матриц и графов перемещений для рассматриваемых вариантов компоновок ГПС показал:

– суммарные перемещения транспортного механизма в компоновке с группированием основного оборудования по конструктивному признаку составляют 44 м, в компоновке с расположением основного оборудования по ходу выполнения технологического процесса составляют 40,5 м;

– в компоновке с группированием основного оборудования по конструктивному признаку большее количество пересекающихся грузопотоков. Таким образом, вариант компоновки ГПС с расположением основного оборудования по ходу выполнения технологического процесса является наиболее предпочтительным.

Графы перемещений транспортного механизма, в ходе выполнения технологического процесса, представлены на рисунках 4.5 и 4.6.

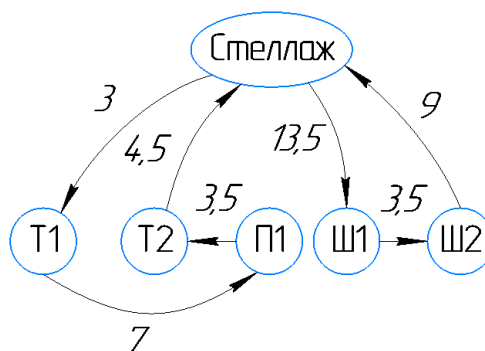


Рисунок 4.5 – Граф перемещений транспортного механизма в ГПС с группированием основного оборудования по конструктивному признаку

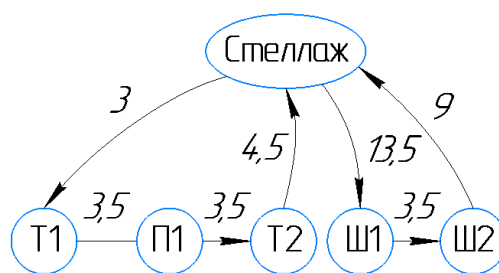


Рисунок 4.6 – Граф перемещений транспортного механизма в ГПС с расположением основного оборудования по ходу выполнения технологического процесса

4.2.4 Определение числа подвижных транспортных механизмов АТСС

Транспортный механизм, расположенный со стороны станков, должен обеспечить передачу спутника с заготовками со стеллажа на станок, со станка на станок и со станка на стеллаж. Передача может осуществляться как непосредственно на станок, так и через промежуточные накопители, приемораздаточные столы.

Зная расстояние между станками и скорость движения транспортного механизма, можно рассчитать суммарное время $T_{обсл}$ работы штабелера со стороны станков по формуле (4.13) [1]:

$$T_{обсл} = \frac{K_{стел-ст} \cdot t_{стел-ст} + K_{ст-ст} \cdot t_{ст-ст}}{60}, \quad (4.13)$$

где $K_{стел-ст}$ – число перемещений между стеллажом и станками;

$K_{ст-ст}$ – число перемещений между станками;

$t_{стел-ст}$ – среднее время, затрачиваемое на передачу спутника со стеллажа на станок и обратно, мин;

$t_{ст-ст}$ – среднее время, затрачиваемое на передачу спутника со станка на станок, мин.

Время выполнения транспортным механизмом одной передачи спутника ($t_{стел-ст}$ или $t_{ст-ст}$) определяется по формуле (4.14) [1]:

$$t_{стел-ст} = t_{ст-ст} = t_1 + t_2, \quad (4.14)$$

где t_1 – время подход и взятие спутника, мин, определяется по формуле (4.15);

t_2 – время, затрачиваемое на подход и установку спутника, мин, определяется по формуле (4.16).

$$t_1 = t_k + t_{\text{под}} + t_{\text{в.с}}, \quad (4.15)$$

$$t_2 = t_k + t_{\text{под}} + t_{\text{п.с}}, \quad (4.16)$$

где t_k – время расчета и передачи команды от системы управления устройству ЧПУ транспортного механизма, мин;

$t_{\text{под}}$ – время подхода транспортного механизма к заданной точке, мин;

$t_{\text{в.с}}$ – время работы цикловой автоматики по выполнению команды о взятии спутника, мин;

$t_{\text{п.с}}$ – время работы цикловой автоматики по выполнению команды о установке спутника, 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 транспортного механизма к заданной точке определяется по формуле (4.17 [1]):

$$t_{\text{под}} = \frac{L_x}{V_x} + \frac{L_y}{V_y}, \quad (4.17)$$

где L_x и L_y – соответственно длина перемещения транспортного механизма по осям X и Y, м;

V_x и V_y – соответственно скорость перемещения транспортного механизма по осям X и Y, м/мин. Для расчетов можно принимать: $V_x = 60$ м/мин и $V_y = 6$ м/мин.

$$t_{\text{под}} = \frac{10,5}{60} + \frac{30}{6} = 5,175 \text{ мин},$$

$$t_1 = t_2 = 2 + 5,175 + 0,2 = 7,375 \text{ мин},$$

$$t_{\text{стел-ст}} = t_{\text{ст-ст}} = 7,375 + 7,375 = 14,75 \text{ мин},$$

$$T_{\text{обсл}} = \frac{4 \cdot 7,5 + 3 \cdot 3,5}{60} = 0,675 \text{ мин}.$$

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		123

Рассчитав суммарное время обслуживания станков, можно определим число транспортных механизмов для выполнения этой работы по формуле (4.18) [1]:

$$K_{TM1} = \frac{T_{обсл}}{\Phi_{TM} \cdot 60}, \quad (4.18)$$

где Φ_{TM} – фонд работы транспортного механизма, ч.

$$K_{TM1} = \frac{0,675}{153 \cdot 60} = 7 \cdot 10^{-5} \approx 1 \text{ шт.}$$

Округляем полученное значение K_{TM1} до 1, так как на производстве необходимо использовать робокар для выполнения работы по перемещению заготовок и готовых деталей.

В разработанной компоновке ГПС для изготовления детали «Колесо зубчатое» основное оборудование расположено по ходу выполнения технологического процесса (рисунок 4.7).

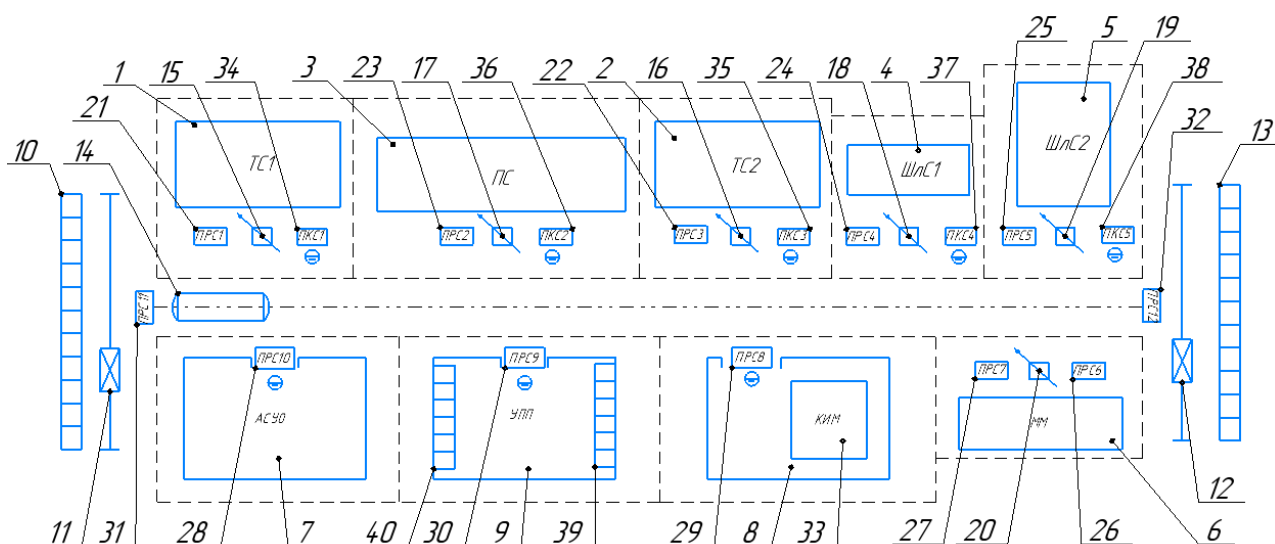


Рисунок 4.7 – Структурная схема ГПС

1-Токарный станок DMG MORI CTX alpha 500; 2-Токарный станок DMG MORI CTX alpha 500; 3-Горизонтально-протяжной станок 7Б56; 4-Внутришлифовальный станок 3К228В; 5-Reishauer AZA-K; 6-Моечная машина; 7- Автоматизированная система уборки отходов; 8-Участок контроля; 9-Участок подготовки производства; 10-Склад заготовок; 11, 12-Кран-штабелер; 13-Склад готовой продукции; 14-Робокар; 15-20-промышленный робот; 21-32-Приемно-раздаточный стол; 33-

										Лист
										124
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.304.00 ПЗ ВКР					

Контрольно-измерительная машина; 34-38-Промежуточный контрольный стол; 39-Склад режущих инструментов; 40-Склад приспособлений.

Кран-штабелер 11 достает заготовку из ячейки склада заготовок 10 и помещает на приемно-раздаточный стол 31. Робокар 14 забирает заготовку со стола и переносит на приемно-раздаточный стол 21. Оттуда промышленный робот 15 устанавливает заготовку на токарный станок 1. После обработки промышленный робот 15 переносит заготовку на промежуточный контрольный стол 34. Затем робот 15 передает заготовку робокару 14. Аналогично происходит перемещение на протяжной станок 3, токарный станок 2, шлифовальный станок 4, шлифовальный станок 5. После окончания механической обработки робокар 14 переносит деталь на приемно-раздаточный стол 26. Оттуда промышленный робот 20 передает деталь на моечную машину 6. После мойки промышленный робот 20 переносит деталь на приемно-раздаточный стол 27. После этого робокар 14 переносит деталь на участок контроля 8. После контроля робокар 14 забирает деталь с приемно-раздаточного стола 29 и переносит ее на приемно-раздаточный стол 32. Со стола 32 кран-штабелер 12 переносит деталь в ячейки склада готовой продукции 13.

4.3 Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы

В качестве вспомогательного оборудования выбираем промышленного робота, исходя из требований грузоподъемности (рисунок 4.8).

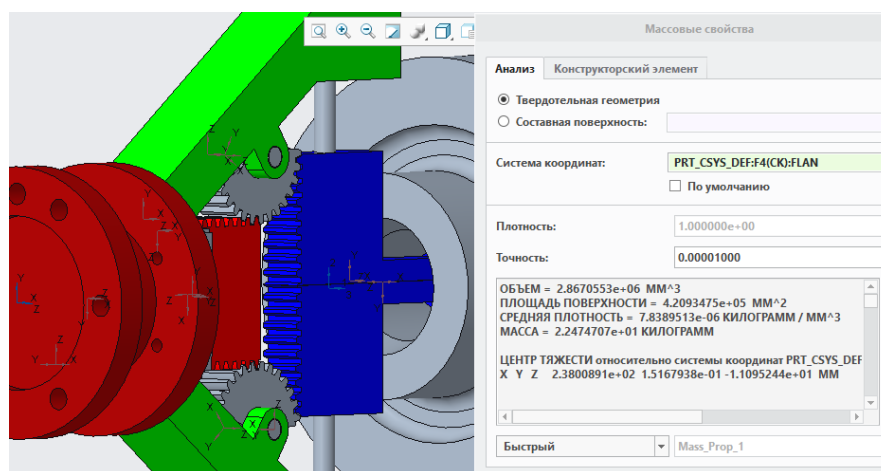


Рисунок 4.8 – Массовые свойства

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					125
150305.2020.304.00 ПЗ ВКР									

Масса схвата и заготовки равна 22,4 кг. Тогда, принимаем промышленного робота с грузоподъемностью выше 25 кг.

Выбранный промышленный робот – KUKA KR 60-3 CR (рисунок 4.9). Основные характеристики робота приведены в таблице 4.5.



Рисунок 4.9 – Промышленный робот KUKA KR 60-3 CR

Таблица 4.5 – Технические характеристики робота

Число степеней свободы	6 осей
Максимальный радиус действия	2033 мм
Полезная нагрузка	60 кг
Точность (повторяемость)	$\pm 0,06$ мм
Вес манипулятора	665 кг

График зависимости положения центра масс относительно фланца и максимальной переносимой массы представлен на рисунке 4.10.

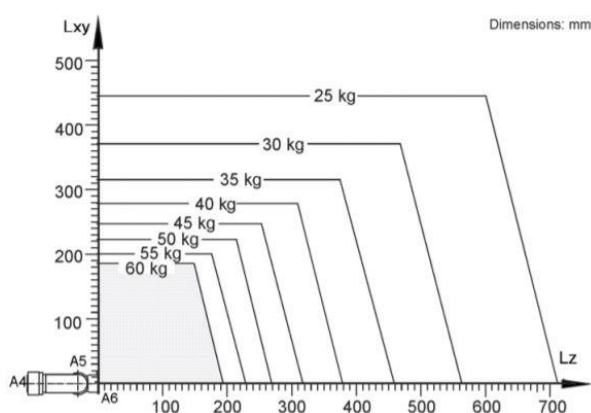


Рисунок 4.10 – Диаграмма полезной нагрузки

Также проектируется схват для перемещения заготовки между операциями (рисунок 4.11).

Рисунок 4.11 – Объемная модель схвата

Также необходим робокар для осуществления транспортировки между складом и производственным цехом заготовок и готовых изделий. Выбираем робокар фирмы ROCLA AGV (рисунок 4.12) с максимальной грузоподъемностью 1600 кг, лазерным ориентированием, высотой подъема груза – 1,2 м.

Рисунок 4.12 – Робокар

Выбираем моечную машину Niagara MO 480 (рисунок 4.13). Параметры указаны в таблице 4.6. Система очистки: мойка с заполнением камеры и распылением с форсунками для подачи плоской струи.

Конструкция: вращающееся ренское колесо и неподвижная рама с форсунками.

Кол-во баков: 2.

Загрузка: фронтальная с захватом на роликах.

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		127

Корпус машины и баков: нержавеющая сталь.

Управление: Siemens Simatic с сенсорной панелью Siemens.

Контроль состояния моечного раствора в баке: Liebelle Fluid Control.

Рисунок 4.13 – Моечная машина

Таблица 4.6 – Технические характеристики моечной машины

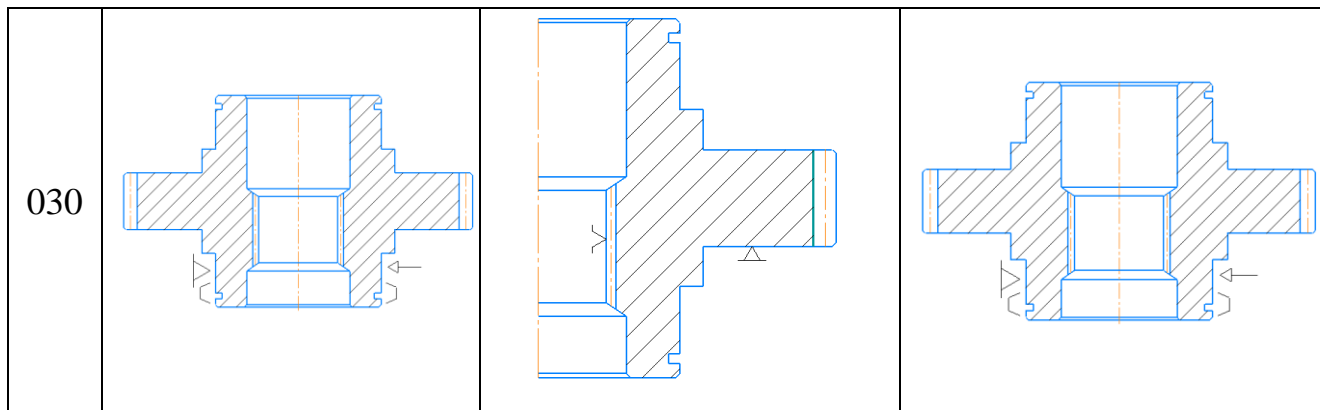
Параметры	МО 480
Длина камеры, мм	480
Ширина камеры, мм	320
Высота камеры, мм	200
Макс. нагрузка на стол, кг	50
Объем бака 1, л	370
Объем бака 2, л	360

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

В соответствии с маршрутом перемещения заготовки/полуфабриката в ГПС и используемым вспомогательным оборудованием разработали схемы базирования заготовки при закреплении в схвате промышленного робота непосредственно перед установкой на станок, на самом станке и при закреплении в схвате

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		128

Окончание таблицы 4.7



4.5 Анализ производительности автоматизированной системы

Производительность автоматизированной системы, при анализе позволяет определить эффективность мероприятия автоматизации производства.

При повышении производительности производства детали «Колесо зубчатое» за счет внедрения в производство гибкого автоматизированного участка, уменьшается штучное время и увеличивается такт выпуска, что позволяет повысить конкурентоспособность производства в сравнении с другими методами организации производства.

Происходит снижение трудоемкости благодаря автоматизации и механизации труда, повышение безопасности и снижение рисков для человека, уменьшается утомляемость. Повышается качество изготовления и объективность контроля изготовленной продукции за счет снижения человеческого фактора, уменьшается риск появления ошибок.

Также использование современного оборудования позволяет увеличить технические, технологические и экономические показатели производства.

5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ

5.1 Разработка планировки участка механической обработки для спроектированного варианта технологического процесса

В данной работе разработана планировка автоматизированного участка механической обработки, встроенного в основной цех для спроектированного варианта технологического процесса. Планировка представлена на плакате, где изображено транспортное оборудование, металлорежущие станки, пути перемещения заготовки до готового изделия, участок контроля, участок инструментального обеспечения, участок подготовки производства и т. д.

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		132

6 БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ

6.1 Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда

Комплекс мероприятий охраны труда на предприятиях, который может снизить вредное воздействие опасных производственных факторов является одним из важнейших задач и обязанностей администрации.

На производстве имеется специальная служба безопасности, подчиненная главному инженеру, разрабатывающая мероприятия, которые должны обеспечить рабочему безопасные условия работы, контролирующая состояние техники безопасности на производстве и следящая за тем, чтобы все поступающие на предприятие рабочие были обучены безопасным приемам работы.

Также систематически проводятся мероприятия, обеспечивающие снижение травматизма и устранение возможности возникновения несчастных случаев. Мероприятия эти сводятся в основном к следующему:

- улучшение конструкции действующего оборудования с целью предохранения работающих от ранений;
- устройство новых и улучшение конструкции действующих защитных приспособлений к станкам, машинам и нагревательным установкам, устраняющим возможность травматизма;
- улучшение условий работы: обеспечение достаточной освещенности, хорошей вентиляции, отсосов пыли от мест обработки, своевременное удаление отходов производства, поддержание нормальной температуры в цехах, на рабочих местах и у теплоизлучающих агрегатов;
- устранение возможностей аварий при работе оборудования, разрыва шлифовальных кругов, поломки быстро вращающихся дисковых пил, разбрызгивания кислот, взрыва сосудов и магистралей, работающих под высоким давлением, выброса пламени или расплавленных металлов и солей из

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		133

нагревательных устройств, внезапного включения электроустановок, поражения электрическим током и т. п.;

- организованное ознакомление всех поступающих на работу с правилами поведения на территории предприятия и основными правилами техники безопасности, систематическое обучение и проверка знания работающими правил безопасной работы;

- обеспечение работающих инструкциями по технике безопасности, а рабочих участков плакатами, наглядно показывающими опасные места на производстве и меры, предотвращающие несчастные случаи.

Однако в результате пренебрежительного отношения со стороны самих рабочих к технике безопасности возможны несчастные случаи. Чтобы уберечься от несчастного случая, нужно изучать правила техники безопасности и постоянно соблюдать их.

6.2 Мероприятия по электробезопасности

Для работы в действующих электроустановках должны допускаться рабочие, которые прошедшие инструктаж и обучение безопасным методам труда, проверку знаний правил безопасности и инструкций в соответствии с занимаемой должностью применительно к выполняемой работе с присвоением соответствующей квалификационной группы по технике безопасности и не имеющие медицинских противопоказаний.

Существуют следующие организационные мероприятия:

- назначение лиц, ответственных за организацию и безопасность производственных работ;
- оформления наряда, распоряжения или перечня работ;
- выдача разрешения на подготовку рабочего места и на допуск к работе в случаях, предусмотренными правилами;
- допуск к работе;

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		134

- надзор во время работы;
- оформление перерыва в работе, изменения в составе бригады, перевода на другое место, окончания работы.

Исходя из перечня основных организационных мероприятий по электробезопасности, они в первую очередь регламентируют порядок оформления работ. При оформлении работ любым из перечисленных способов определяется круг лиц ответственных за безопасное проведение работ, технические и специальные мероприятия, обеспечивающие безопасность во время работы.

6.3 Мероприятия по пожарной безопасности

Для каждого производства особенно важно обеспечить безопасность каждому сотруднику. Одним из главных пунктов считается пожарная безопасность. Это очень сложный комплекс мероприятий, включающий в себя множество различных мер. Для обеспечения пожарной безопасности ее правила должны исполняться всеми рабочими предприятия без исключения. Это позволит избежать многих несчастных случаев, сохранить здоровье и жизнь людей, предотвратить тяжелые последствия возгорания.

Основы противопожарной защиты предприятий определены стандартами ГОСТ 12.1.004 – 76 «Пожарная безопасность», ГОСТ 12.1.010 – 76 «Взрывобезопасность. Общие требования».

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на организационные, технические, режимные, строительно-планировочные и эксплуатационные.

Организационные мероприятия – правильная эксплуатация машин и внутризаводского транспорта, правильное содержание зданий, территории, противопожарный инструктаж и тому подобное.

Режимные мероприятия – запрещение курения в неустановленных местах, запрещение сварочных и других огневых работ в пожароопасных помещениях и тому подобное.

											Лист
											135
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.304.00 ПЗ ВКР						

Эксплуатационные мероприятия – своевременная профилактика, осмотры, ремонты и испытание технологического оборудования.

Строительно-планировочные определяются огнестойкостью зданий и сооружений (выбор материалов конструкций: сгораемые, несгораемые, трудно сгораемые) и предел огнестойкости – это количество времени, в течение которого под воздействием огня не нарушается несущая способность строительных конструкций вплоть до появления первой трещины.

Технические мероприятия – это соблюдение противопожарных норм при эвакуации систем вентиляции, отопления, освещения, эл. обеспечения и т.д.

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		136

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе был разработан проектный вариант технологического процесса изготовления детали «Колесо зубчатое», выбран способ получения заготовки (штамповка на КГШП), выбрано основное станочное оборудование.

Также были проанализированы и выбраны технологическая оснастка и режущий инструмент, был рассчитан специальный режущий инструмент (протяжка), выбрано измерительное оборудование. Была спроектирована гибкая производственная система, разработаны варианты структурных схем ГПС, из которых в последующем выбрана наиболее оптимальная. Для автоматизации участка механической обработки детали выбрано вспомогательное оборудование необходимое для функционирования ГПС, также разработана планировка участка механической обработки.

Сформирована операционно-маршрутная технология, произведён расчетно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса, рассчитаны режимы резания и нормы времени на все операции. Штучное время изготовления одной детали сократилось в 3 раза по сравнению с действующим технологическим процессом, за счет объединения операций и использования более производительных режимов резания.

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		137

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Автоматизация производственных процессов в машиностроении учебное пособие к курсовому проекту / В.В. Батуев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – 40 с.

2 ГОСТ 15608-81. Пневмоцилиндры поршневые. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3). Утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 15 января 1981 г. N 4.

3 ГОСТ 26063-84. Роботы промышленные. Устройства захватные. Типы, номенклатура основных параметров, присоединительные размеры (с Изменениями N 1, 2, 3). Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 26 июня 1984 г. N 2122 срок введения установлен с 01.01.85.

4 Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением / Москва Экономика, 1990 – Ч1. – 206 с.

5 Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением / Москва Экономика, 1990 – Ч2. – 472 с.

6 Основы технологии машиностроения: учебное пособие для вузов по направлению "Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств", специальности "Технология машиностроения" направления "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств" / Кулыгин, В. Л., И. А. Кулыгина. - М. : БАСТЕТ, 2011 . – 168 с.

7 Оформление технологической документации: Методические указания / сост. В.В. Батуев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2019. – 61 с.

8 Протяжки для обработки отверстий/Д.К. Маргулис, М.М. Тверской, В.Н. Ашихмин и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 232 с., ил. – (Б-ка инструментальщика)

									150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						138

9 Режущий инструмент. Курсовое и дипломное проектирование. Учебное пособие. / Под ред. Е.Э. Фельдштейна. – Мн.: Дизайн ПРО, 2002. – 320 с., ил.

10 Справочник конструктора – инструментальщика / Под общ. ред. В.А. Гречишникова и С.В. Кирсанова. – 2-е изд., перераб. доп. – М.: Машиностроение, 2006. – 542 с. 13

11 Справочник технолога – машиностроителя. В 2 т. / под общ. ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерикова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. –Т.2. – 542 с.

12 СТО ЮУрГУ 04 – 2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению/ составители: Т.И. Парубочная, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2008

13 Схваты промышленных роботов: Учебное пособие для курсового проектирования/Попов Л.М. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2001. – 39 с.

14 Теория и практика решения конструкторских и технологических размерных цепей [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. Ю. Шамин ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Технология машиностроения; ЮУрГУ 2013

15 Шамин, В. Ю. Теория и практика размерно-точностного проектирования Текст монография В. Ю. Шамин ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Технология машиностр.; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2007. - 520 с. ил.12

					150305.2020.304.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		139