

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____ В.И. Гузеев
_____ 2020 г.

Разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления детали
«Вал манипулятора гидравлического»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР

Нормоконтролер
_____ А.В. Выбойщик
_____ 2020 г.

Руководитель работы,
ктн., доцент
_____ П.В. Шаламов
_____ 2020 г.

Автор работы,
студент группы П-451
_____ С.А. Павлов
_____ 2020 г.

АННОТАЦИЯ

Павлов С.А. Разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления детали «Вал манипулятора гидравлического». Выпускная квалификационная работа – Челябинск: ЮУрГУ, 2020, 159 стр., 135 илл., 15 табл., 4 прил., библиографический список – 10 наименований.

В выпускной квалификационной работе проведен анализ операционных карт действующего технологического процесса, применяемого оборудования, технологической оснастки и режущего инструмента, которые используются в процессе изготовления детали «Вал манипулятора гидравлического». На основе данного анализа был разработан проектный вариант технологического процесса, подобрано современное технологическое оборудование, технологическая оснастка, режущий и измерительный инструмент, рассчитаны режимы резания и нормы штучного времени на каждую операцию механической обработки. Проведён размерно-точностной анализ действующего и проектного вариантов технологического процесса. Спроектировано специальное станочное приспособление, специальный режущий инструмент и схват промышленного робота манипулятора. Разработана планировка гибкого производственного участка. Рассмотрены мероприятия безопасных условий труда, мероприятия по электробезопасности и пожарной безопасности.

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР			
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Павлов С.А.			Разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления детали «Вал манипулятора гидравлического»	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Шаламов П.В.					2	159
Рук.		Шаламов П.В.				ЮУрГУ Кафедра ТАМ		
Н. Контр.		Выбойщик А.В.						
Утверд.								

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ	8
1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия	8
1.2 Служебное назначение детали «Вал манипулятора гидравлического» и технические требования, предъявляемые к детали	9
1.3 Анализ технологичности детали «Вал манипулятора гидравлического»	12
1.3.1 Определение коэффициента точности размеров	12
1.3.2 Определение коэффициента шероховатости.....	13
1.3.3 Определение коэффициента использования материала.....	14
1.3.4 Определение коэффициента унификации элементов детали	15
1.3.5 Определение коэффициента прогрессивности формообразования	15
1.3.6. Определим комплексный показатель технологичности детали	15
1.4 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для отрасли грузоподъёмного машиностроения	16
1.5 Формирование целей и задач проектирования.....	17
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	18
2.1 Анализ существующей на предприятии документации по 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	23
2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса	27
2.1.3.1 Расчёт линейной цепи.....	27
2.1.3.2 Расчёт диаметральной цепи	30
2.1.4 Выводы по разделу.....	33
2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «Вал манипулятора гидравлического».....	34
2.2.1 Аналитические обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки	34
2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования	37
2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта.....	40
2.2.4 Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса.....	45
2.2.4.1 Расчёт линейной цепи.....	45
2.2.4.1 Расчёт диаметральной цепи	48

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

2.2.5	Расчет режимов резания и норм времени на все операции проектного варианта технологического процесса.....	51
2.2.6	Выводы по разделу.....	58
3	КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	59
3.1	Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки.....	59
3.2	Проектирование и расчёт специального станочного приспособления.....	62
3.2.1	Формирование технического задания на проектирование станочного приспособления	62
3.2.1.1	Подготовка исходных данных	62
3.2.1.2	Разработка и подробный анализ теоретической схемы базирования	64
3.2.1.3	Определение и уточнение общих сведений об операции	65
3.2.1.4	Итоговое формирование технического задания на проектирование СП	66
3.2.2	Разработка конструкции специального СП.....	67
3.2.2.1	Разработка принципиальной схемы СП.....	67
3.2.2.2	Контструирование направляющих элементов	68
3.2.2.3	Контруирование зажимных элементов приспособления	68
3.2.2.4	Разработка конструкции корпуса приспособления	69
3.2.2.5	Окончательная разработка конструкции СП с учётом дополнительных элементов.....	69
3.2.3	Расчёт сил зажима	70
3.2.3.1	Рассчитываем силы резания.....	70
3.2.3.2	Рассчитываем необходимое усилие зажима.....	70
3.2.4	Расчёт приспособления на точность	72
3.2.5	Описание принципа работы СП.....	75
3.3	Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента	76
3.4	Проектирование и расчёт специального режущего инструмента	83
3.5	Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля	88
3.5.1	Выбор модели КИМ и средств оснащения	88
3.5.2	Выбор средств оснащения.....	91
3.5.3	Выбор схемы установки детали	93
3.5.4	Выбор схемы математического базирования детали в СКМ.....	93
3.5.5	Построение траекторий измерения детали.....	94
3.6	Проектирование схвата промышленного робота.....	95
3.6.2	Разработка 3D модели детали	98
3.6.3	Анализ выбранной схемы схвата.....	101
3.6.3.1	Достоинства и недостатки выбранной схемы схвата	101
3.6.3.2	Анализ основных размеров схвата	102

3.6.4	Расчет основных усилий в схвате. определение основных размеров силового привода.....	103
3.6.4.1	Расчет усилия захватывания заготовки	103
3.6.4.2	Расчет сил, действующих на основные элементы конструкции схвата	104
3.6.4.3	Определение размеров силового привода	106
3.6.5	Создание твердотельной САД модели разработанной конструкции схвата	106
3.6.6	Расчет напряженно-деформированного состояния коромысла	111
3.6.7	Оптимизация геометрии губки	113
3.6.8	Анимирование и динамический анализ модели	115
4.	АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	119
4.1	Анализ возможности автоматизации технологического процесса обработки детали.....	119
4.1.1	Наличие в ТП слесарных, универсальных или специальных операций	119
4.1.2	Возможность встраивания основного оборудования в ГПС	119
4.1.3	Концентрация переходов на операциях механической обработки.....	120
4.1.4	Габаритные размеры детали.....	120
4.1.5	Наличие поверхностей для захвата	120
4.2	Группирование деталей, подлежащих изготовлению на гибком производственном участке	121
4.3	Отработка конструкции детали на технологичность.....	122
4.4	Определение состава и числа оборудования станочного комплекса ГПС..	124
4.5	Определение структуры и состава автоматической транспортно-складской системы ГПС.....	127
4.5.1	Определение характеристик стеллажа-накопителя.....	127
4.5.2	Расчет числа позиций загрузки и разгрузки	128
4.5.3	Расчет числа позиций контроля.....	129
4.5.4	Проектирование предварительной компоновочной схемы ГПС	131
4.6	Определение вспомогательных систем и участков, необходимых для функционирования ГПС	137
4.7	Выбор вспомогательного оборудования.....	138
4.8	Определение схем базирования заготовок в промышленных роботах, транспортных механизмах, промежуточных накопителях	140
4.9	Анализ установочных размерных связей.....	141
4.10	Разработка структурной схемы ГПС	144
5	ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ	146
6	БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ	148
6.1	Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда	148
6.2	Мероприятия по электробезопасности.....	150

6.3 Мероприятия по пожарной безопасности.....	152
7 ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ	154
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	155
ПРИЛОЖЕНИЕ А (Линейная размерная схема заводского ТП)	156
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (Диаметральная размерная схема заводского ТП)	157
ПРИЛОЖЕНИЕ В (Линейная размерная схема проектного ТП).....	158
ПРИЛОЖЕНИЕ Г (Диаметральная размерная схема проектного ТП).....	159

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире, машиностроение занимает одну из ведущих отраслей промышленности, определяющей уровень развития других видов промышленности, таких как: автомобилестроение, судостроение, самолётостроение, ракетостроение, сельхозмашиностроение и многих других.

Технология машиностроения – это комплексная техническая наука, которая изучает теоретические и практические приёмы наиболее производительной механической обработки деталей машин в соответствии с требованиями чертежа детали и сборки из них готовых изделий. Данная наука тесно связана со многими другими техническими дисциплинами, такие как: резание металлов, металлорежущие станки, допуски, посадки и технические измерения, материаловедение, детали машин и основы конструирования, современные инструментальные материалы в процессах резания, теория проектирования режущего инструмента. Благодаря этой науке, становится возможным изготавливать машины требуемого качества в определённом количестве, в заданный период времени при наименьшей себестоимости.

В основе организации производства лежит технологический процесс.

Он связывает между собой все этапы технологической подготовки производства, поэтому проектирование технологического процесса является ответственной задачей, требующей от технолога высокого уровня знаний, не только в своей области, но и в смежных областях науки и техники.

Необходимость развития гибких и подходов в проектировании технологических процессов, обуславливает актуальность темы выпускной квалификационной работы – разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления детали «Вал манипулятора гидравлического».

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия

Работа детали в сборочном узле представлена на рисунке 1

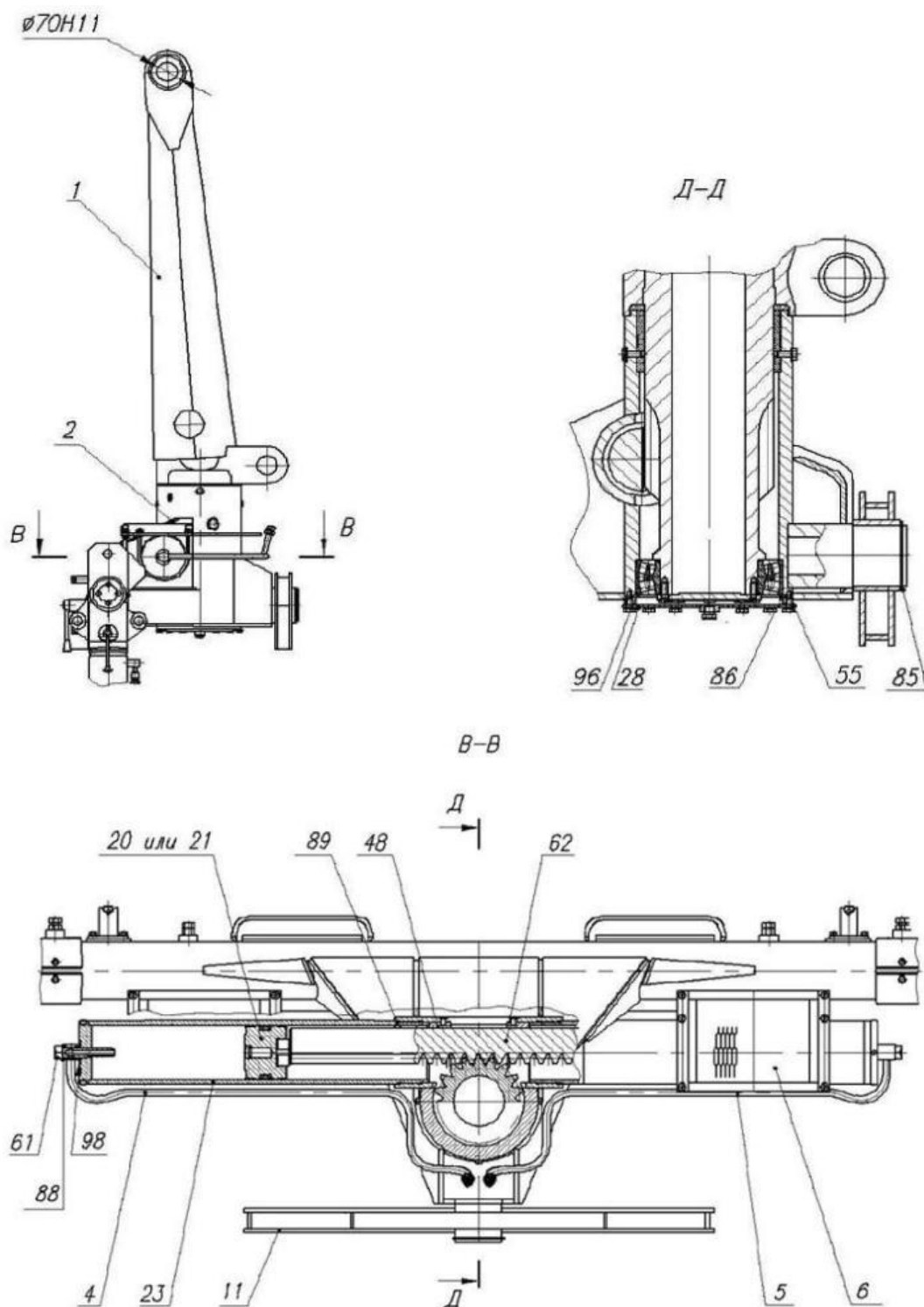


Рисунок 1 – Сборочный чертёж опорно-поворотного узла гидроманипулятора

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР

Лист

8

Кинематическая схема опорно-поворотного устройства показана на рисунке 2.

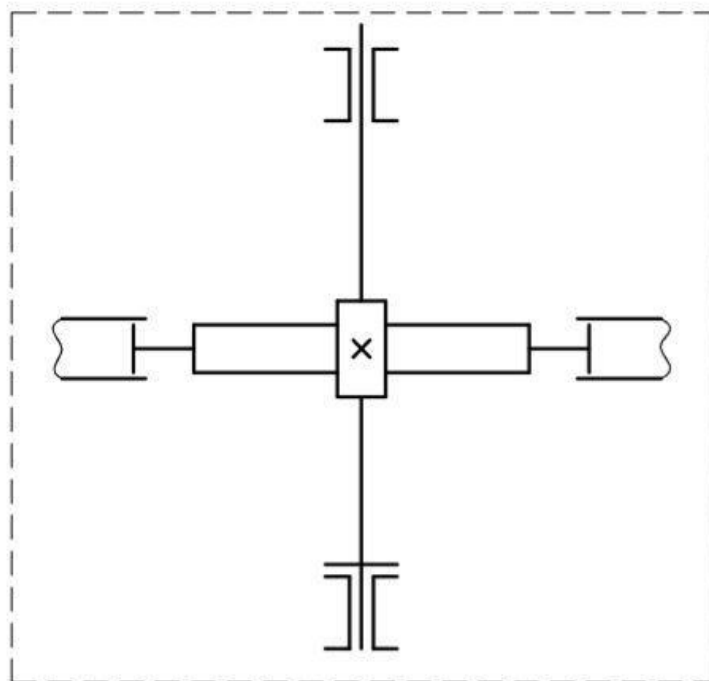


Рисунок 2 – Кинематический узел опорно-поворотного устройства гидроманипулятора

Принцип работы узла заключается в передаче крутящего момента. Толкатели гидроцилиндров 1 и 2 передают продольное движение зубчатой рейке 4. Рейка находясь в зубчатом зацеплении с валом 3 сообщает ему вращательное движение. Рейка находится в направляющих, а вал жёстко закреплён в подшипниках 5 и 6.

1.2 Служебное назначение детали «Вал манипулятора гидравлического» и технические требования, предъявляемые к детали

Деталь передаёт крутящий момент с зубчатой рейки 4 на вал 3 и далее с вала на стойку 1. Вал, жёстко закреплённый в подшипниках, несёт на себе очень большую нагрузку. Со стороны стойки 1 и всей конструкции, включая навесное оборудование, на вал 3 передаётся огромный по величине изгибающий момент, поэтому данная деталь является особо ответственной в узле.

Изображение рабочего чертежа детали «Вал манипулятора гидравлического» показано на рисунке 3.

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

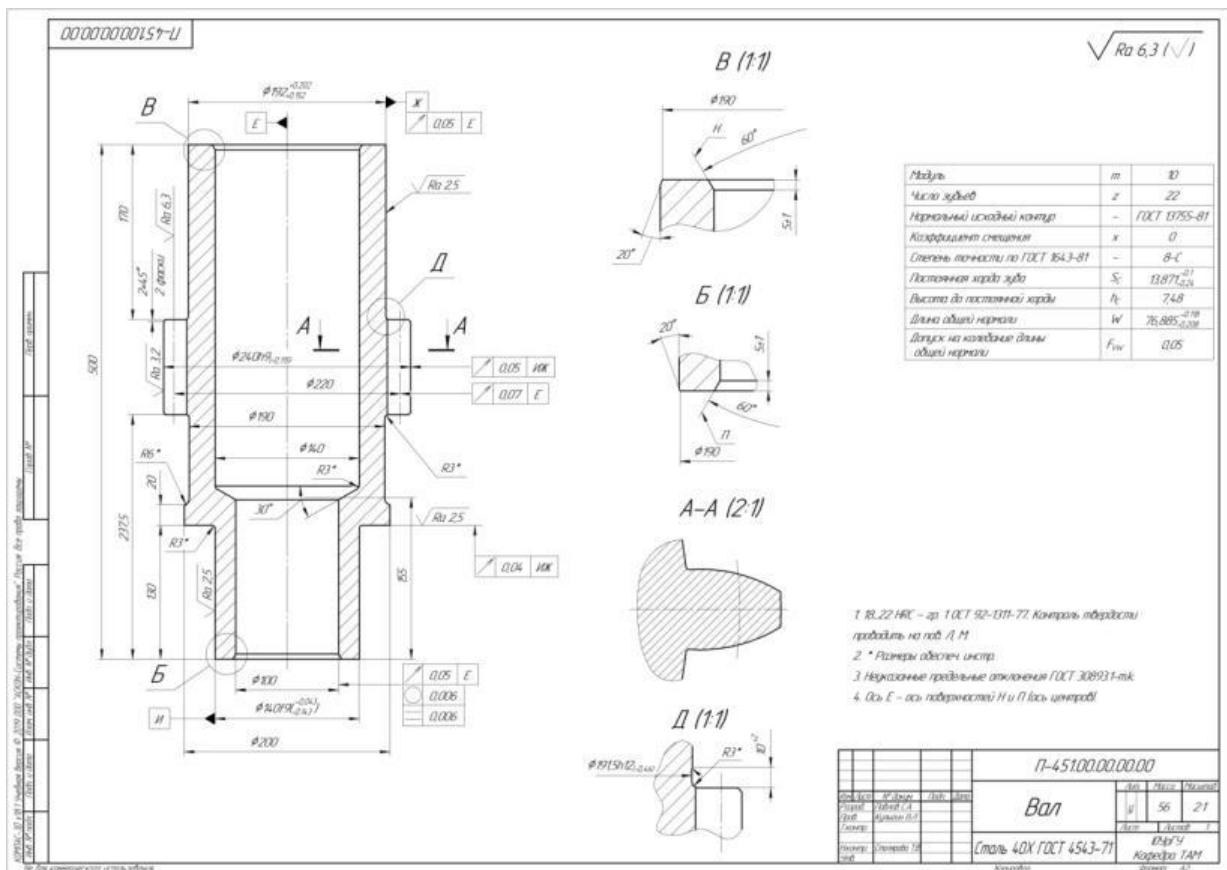


Рисунок 3 – Рабочий чертёж детали «Вал манипулятора гидравлического»

Штамп чертежа содержит следующие сведения о детали:

- наименование детали (Вал манипулятора гидравлического);
- марка материала (Сталь 40Х ГОСТ 4543-71);
- масса детали (56 кг);
- масштаб (2:1).

Деталь вал имеет правильную геометрическую форму в виде полого цилиндра на наружной поверхности которого имеется зубчатый венец (m=10, z=22).

Габаритные размеры детали: Ø 240, L=500.

Наружные размеры вала по ступеням (снизу-вверх):

I ступень Ø 140 L=130

II ступень Ø 200 L=20

III ступень Ø190 L=87,5

IV ступень Ø240_{-0,1} L=92,5 шероховатость $\sqrt{Ra 3,2}$

V ступень Ø192^{+0,202} L=170 шероховатость $\sqrt{Ra 2,5}$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Внутренние размеры отверстий вала (сверху-вниз):

I отверстие $\varnothing 140$ L=333,4

II отверстие $\varnothing 100$ L=155

Общая шероховатость неуказанных поверхностей \sqrt{Ra} 6,3

Между отверстием I и II расположена переходная поверхность под углом к горизонтали $\alpha=30^\circ$, L=11,6, радиус скругления R3*.

На чертеже изображены галтели, радиуса скругления и плавные поверхности перехода, которые служат для снижения концентрации напряжений в опасных точках детали. Также предусматриваются фаски, которые уменьшают число травмоопасных заусенцев и облегчают последующую сборку деталей между собой.

На местном виде отдельно показана канавка, предназначенная для выхода шлифовального круга при соответствующей обработке на шлифовальном станке.

Все размеры, отмеченные звёздочкой, обеспечиваются геометрией самого инструмента. Размеры, заключённые в скобки, подгоняются в механосборочном цехе на этапе предварительной сборки.

На чертеже в разрезе вычерчен профиль зуба с подрезанным (на конце) эвольвентным профилем. Это сделано для уменьшения затирания поверхностей в кинематической паре «вал – рейка».

При изготовлении деталей машин поверхности элементов детали получают с отклонениями, как по форме, так и по расположению одновременно. Поэтому на поле чертежа, помимо прочего, указаны базы (поверхности), относительно которых определяются допускаемые радиальные биения других поверхностей, а именно:

- Биение пов-ти $\varnothing 192^{+0,202}$ относительно базы E допускается не более 0,05 мм.
- Биение поверхности $\varnothing 220$ относительно базы E допускается не более 0,07 мм.
- Биение поверхности $\varnothing 240_{-0,1}$ относительно общей базы EЖ не более 0,05 мм.

Деталь подвергают термообработке по ОСТ 92-1311-77, с последующим контролем твёрдости 18...22 HRC на поверхностях Л и М.

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

1.3 Анализ технологичности детали «Вал манипулятора гидравлического»

Конструктор, при разработке нового изделия или усовершенствования старого, должен помнить о том, что вновь разрабатываемая конструкция должна удовлетворять требованиям технологичности, т.е. быть «удачной» с точки зрения обеспечения наименьшей трудоёмкости и себестоимости при её изготовлении.

Оценку технологичности изделия можно осуществить, как качественно, так и количественно. В данной работе предлагается произвести оценку технологичности количественным методом, по 5-ти различным коэффициентам.

Итоговой оценкой технологичности, при этом будет служить комплексный показатель K_{Σ} , который равен среднему арифметическому частных показателей. Значение комплексного показателя должно лежать в пределах $0 \leq K_{\Sigma} \leq 1$.

1.3.1 Определение коэффициента точности размеров $K_{Тч}$

Значение коэффициента точности рассчитывается по формуле 1

$$K_{Тч} = \frac{2}{\frac{1}{K_{лин}} + \frac{1}{K_{фр}}} \quad (1)$$

где $K_{лин}$ – коэффициент учитывающий точность линейных размеров; $K_{фр}$ – коэффициент учитывающий точность формы и расположения поверхностей детали по чертежу.

Числовые значения этих коэффициентов рассчитываются по формулам 2 и 3.

$$K_{лин} = \frac{\sum z_i \cdot IT_i}{IT_k \cdot \sum z_i} \quad (2)$$

где z_i – количество размеров, имеющих допуски с одинаковым (соответствующим) качеством IT_i ;

IT_i – качества допусков линейных размеров i обрабатываемой поверхности данной детали; IT_k – наибольший качество (номер качества) допусков линейных размеров обрабатываемых поверхностей данной детали.

$$K_{фр} = \frac{\sum z_i \cdot S_i}{S_k \cdot \sum z_i} \quad (3)$$

где z_i – количество допусков формы и расположения, имеющих степень S_i ;

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

S_i – степень точности допусков формы и расположения i поверхности данной детали; S_k – наибольшая степень (номер) точности допусков формы и расположения поверхностей данной детали.

Подставив соответствующие значения в формулу 2 определим $K_{\text{лин}}$

$$K_{\text{лин}} = \frac{6 + 7 + 9 + 12 + 14 \cdot 10}{14 \cdot 14} = 0,89$$

Подставив соответствующие значения в формулу 3 определим $K_{\text{фр}}$

$$K_{\text{фр}} = \frac{2 \cdot 7 + 2 \cdot 8 + 2 \cdot 4}{6 \cdot 8} = 0,79$$

Подставив рассчитанные значения $K_{\text{лин}}$ и $K_{\text{фр}}$ в формулу 1, определим $K_{\text{тч}}$

$$K_{\text{тч}} = \frac{2}{\frac{1}{0,89} + \frac{1}{0,79}} = 0,84$$

1.3.2 Определение коэффициента шероховатости

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

Для цилиндрических, конических и 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 $K_{\text{ш}}$ определяем по формуле 4:

$$K_{\text{ш}} = \frac{2}{\frac{1}{K_{\text{цкс}}} + \frac{1}{K_{\text{пт}}}} \quad (4)$$

где $K_{\text{цкс}}$ – коэффициент шероховатости цилиндрических, конических и сферических поверхностей; $K_{\text{пт}}$ – коэффициент шероховатости плоских и торцевых поверхностей.

Рассчитаем каждый коэффициент по отдельности. Для этого запишем формулы 5 и 6.

$$K_{\text{цкк}} = \frac{\sum Ra_i}{1,25 \cdot N_{\text{цкк}}} \quad (5)$$

где Ra_i – показатели шероховатостей i цилиндрических, конических и сферических поверхностей, мкм; $N_{\text{цкк}}$ – общее количество цилиндрических, конических и сферических поверхностей, имеющих шероховатость $Ra \leq 1,25$ мкм (поверхностей с шероховатостью Ra более 1,25 мкм не учитываем).

$$K_{\text{пт}} = \frac{\sum Ra_i}{2,5 \cdot N_{\text{пт}}} \quad (6)$$

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).

Подставляем числовые значения и определяем значения $K_{\text{цкк}}$ и $K_{\text{пт}}$.

$$K_{\text{цкк}} = \frac{0,8 + 0,8}{1,25 \cdot 2} = 0,64$$

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

Теперь, по формуле 4 рассчитываем коэффициент шероховатости

$$K_{\text{ш}} = \frac{2}{\frac{1}{0,64} + \frac{1}{1}} = 0,78$$

1.3.3 Определение коэффициента использования материала

Коэффициент использования материала рассчитывается по формуле 7:

$$K_{\text{им}} = \frac{m_{\text{д}}}{m_{\text{з}}} = \frac{56}{169} = 0,33$$

Из конструкторского чертежа детали, возьмём массу детали $m_{\text{д}} = 56$ кг, а из технологического процесса определим массу заготовки $m_{\text{з}} = 169$ кг.

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

1.3.4 Определение коэффициента унификации элементов детали

Применительно к детали под унификацией её конструктивных элементов понимают приведение их к наименьшему числу типоразмеров, конструктивных форм, назначение размеров на основе рядов предпочтительных чисел (нормальных линейных размеров) и другое.

Коэффициенты стандартизации и унификации конструктивных элементов детали $K_{с.у.э}$ определяем по формуле 7.

$$K_{с.у.э} = \frac{Q_{с.у.э}}{Q} = \frac{21}{21} = 1 \quad (7)$$

где $Q_{с.у.э}$ – количество стандартных и унифицированных конструктивных элементов; Q – общее количество конструктивных элементов детали, включая стандартные и унифицированные.

1.3.5 Определение коэффициента прогрессивности формообразования

Коэффициент прогрессивности формообразования $K_{пфо}$ определяется по формуле (8):

$$K_{пфо} = \frac{N_{пф}}{N} = \frac{0}{21} = 0 \quad (8)$$

где $N_{пф}$ – количество поверхностей образованных на заготовительной операции; N – общее количество поверхностей.

1.3.6. Определим комплексный показатель технологичности детали

Комплексный показатель технологичности детали K_{Σ} определяется по формуле 9.

$$K_{\Sigma} = \frac{K_{Тч} + K_{ш} + K_{им} + K_{с.у.э} + K_{пфо}}{5} = \frac{0,84 + 0,78 + 0,33 + 1 + 0}{5} = 0,59$$

Требуемый показатель технологичности детали $K_{\Sigma Т} = 0,4 \dots 0,7$

Вывод: сравнивая значения K_{Σ} и $K_{\Sigma Т}$, делаем вывод что деталь достаточно технологична для данной группы деталей представителей.

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

1.4 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для отрасли грузоподъемного машиностроения.

Основной целью развития машиностроительной отрасли России в ближайшее время является обеспечение растущего спроса на ее высококачественную продукцию на внутреннем и мировом рынке на основе ускоренного инновационного обновления отрасли, повышения ее экономической эффективности, ресурсо- и энергосбережения, конкурентоспособности продукции.

В настоящее время отечественное машиностроение проигрывает по развитию аналогичным отраслям зарубежного машиностроения. В европейских странах машиностроительная отрасль почти полностью автоматизирована, что нельзя сказать об отечественных отраслях. Однако в последнее время в России ежегодно создается около 300 технологий машиностроения. Из числа созданных за последние пять лет технологий машиностроения около 12% не имеет аналогов в мире, столько же соответствует лучшим зарубежным образцам и потенциально могут быть конкурентоспособными.

Обеспечение второго параметра производится путём изготовления деталей высокой степени (IT6-7) точности. Современное оборудование металлообработки с высокой степенью производительности позволяет добиться требуемого качества. Однако большинство предприятий российской промышленности использует устаревшие модели станков, где обеспечение заданной точности затруднительно.

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

1.5 Формирование целей и задач проектирования.

Цель: спроектировать технологический обработки детали «Вал манипулятора гидравлического».

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать действующий технологический процесс механической обработки;
- составить проектный вариант технологического процесса механической обработки;
- выбрать оборудование, технологическую оснастку и режущий инструмент;
- выбрать измерительное оборудованиеи оснастку для операций технического контроля;
- спроектировать специальный режущий инструмент и специальное станочное приспособление;

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

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

2.1.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса

Технологический процесс оформлен в соответствии с ГОСТ 3.1117-81 «ЕСТД. Титульный лист. Правила оформления», ГОСТ 3.1118-82 «ЕСТД. Форма и правила оформления маршрутных карт», ГОСТ 3.1105-84 «ЕСТД. Формы и правила оформления документов общего назначения», ГОСТ 3.1404-86 «ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием» и ГОСТ 3.1502-85 «ЕСТД. Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов на технический контроль».

На картах эскизов, шероховатости указаны в соответствии с устаревшим ГОСТ 2789-53, который претерпел изменения 01.01.2005 г. В данной работе будет использоваться ГОСТ 2789-73.

Других несоответствий с действующим государственным стандартом и стандартом предприятия нет.

На заготовительной операции 005 (рисунок 4) осуществляется нарезание проката круглого сечения в размер заготовки.

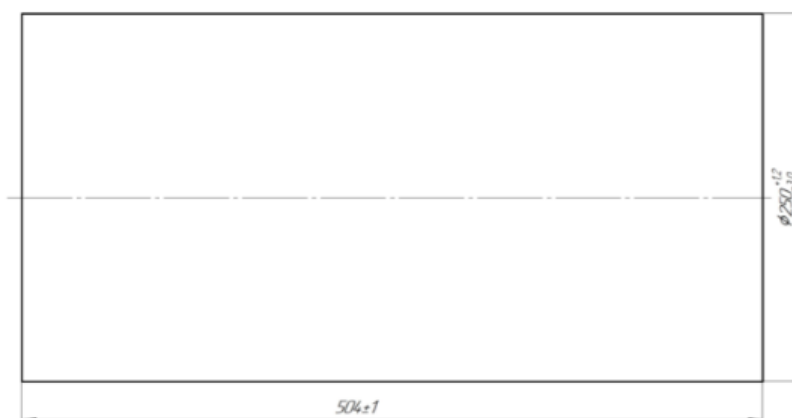


Рисунок 4 – Эскиз исходной заготовки

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

На токарной операции 010 (рисунок 5) производится черновое подрезание торца, сверление и рассверливание внутреннего отверстия.

Комплект баз: опорная база и двойная направляющая. Неопределённость базирования отсутствует.

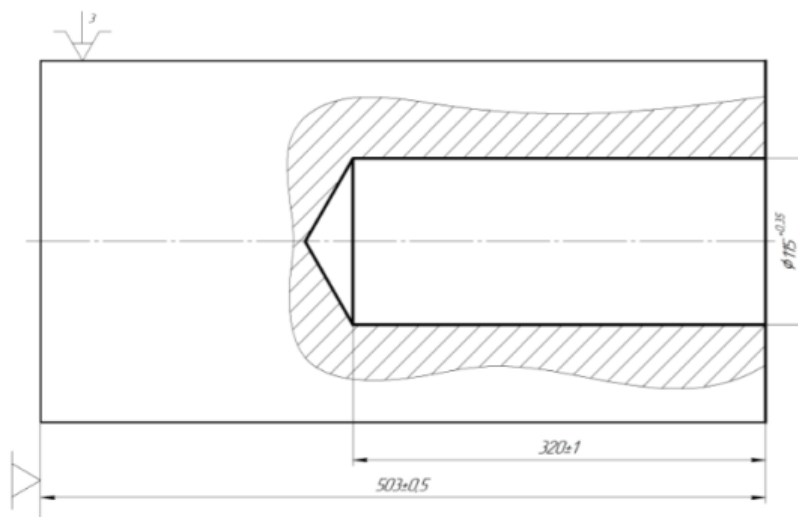


Рисунок 5 – Операционный эскиз на операции 010

На токарной операции 015 (рисунок 6) производится подрезание торца, наружное черновое точение с двух ступеней вала, сверление и рассверливание внутреннего отверстия на проход.

Комплект баз: двойная направляющая база и опорная. Неопределённость базирования отсутствует.

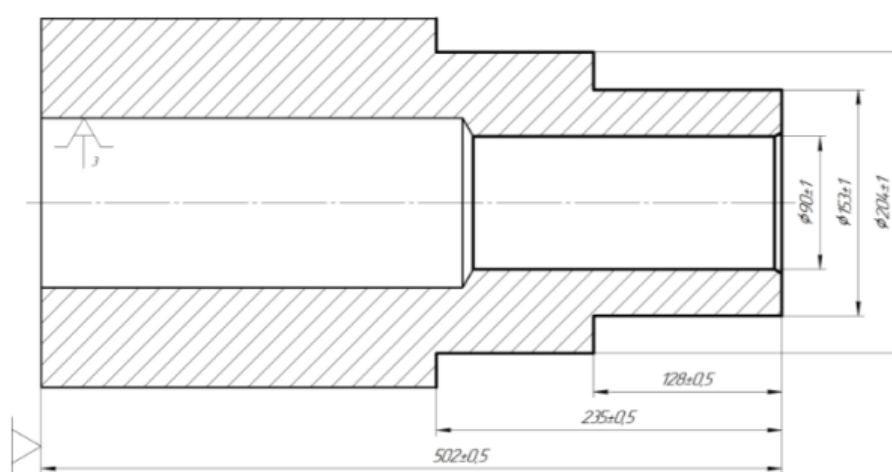


Рисунок 6 – Операционный эскиз на операции 015

На токарной операции 040 (рисунок 7) производится черновое наружное продольное точение двух ступеней со снятием фаски и точение канавки.

									Лист
									19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР				

Комплект баз: двойная направляющая база и опорная. Неопределённость базирования отсутствует.

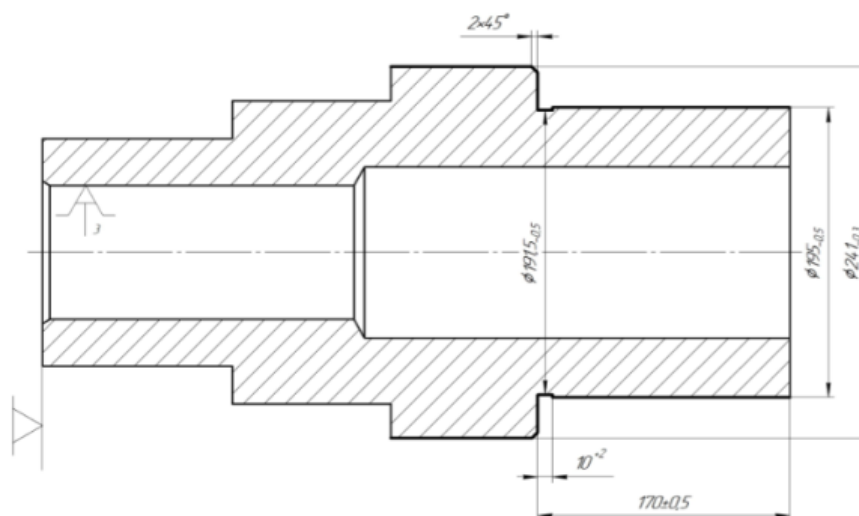


Рисунок 7 – Операционный эскиз на операции 040

На токарной операции 045 (рисунок 8) осуществляется чистовое растачивание внутреннего отверстия и снятие фаски.

Комплект баз: двойная направляющая база и опорная. Неопределённость базирования отсутствует.

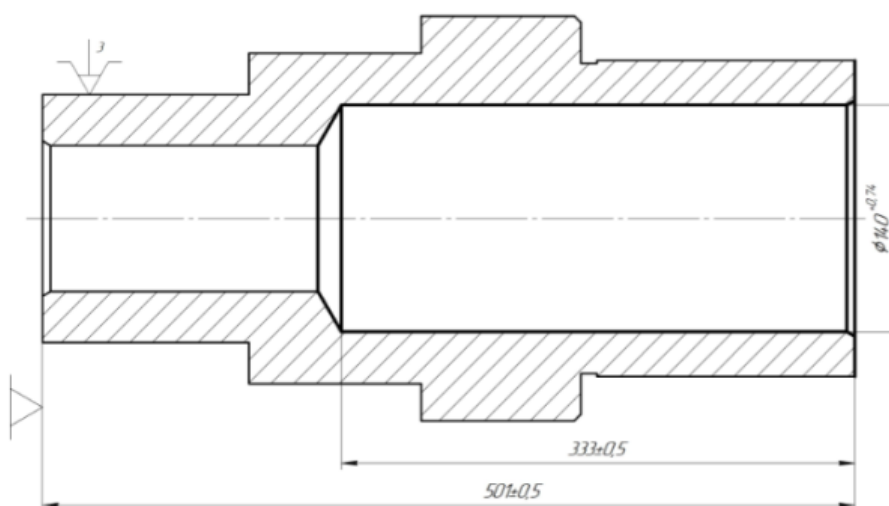


Рисунок 8 – Операционный эскиз на операции 045

На токарной операции 050 (рисунок 9) осуществляется чистовое растачивание внутреннего отверстия и снятие фаски.

Комплект баз: двойная направляющая база и опорная. Неопределённость базирования отсутствует.

										Лист
										20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР					

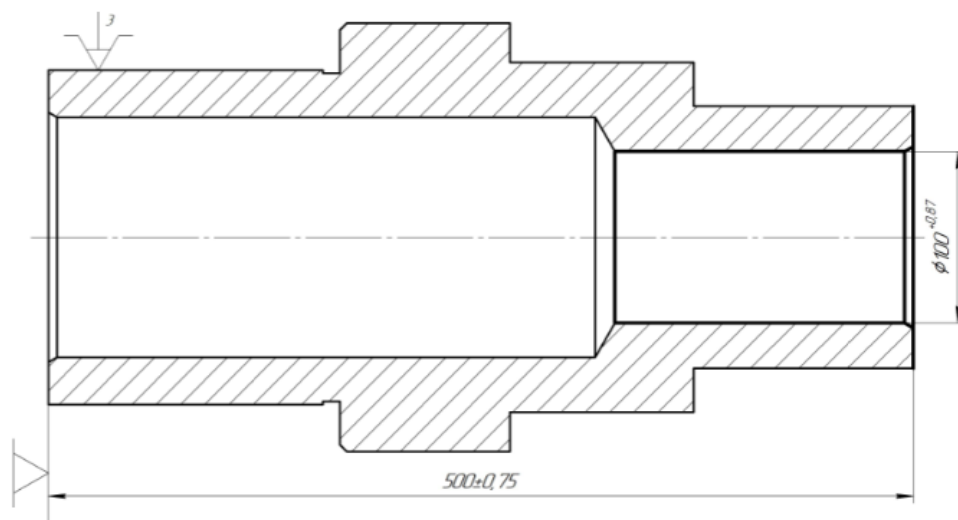


Рисунок 9 – Операционный эскиз на операции 050

На токарной операции 055 (рисунок 10) осуществляется чистовое наружное продольное точение двух ступеней, формируется обнизка и фаска.

Комплект баз: двойная опорная, двойная опорная и опорная.

Неопределённость базирования отсутствует

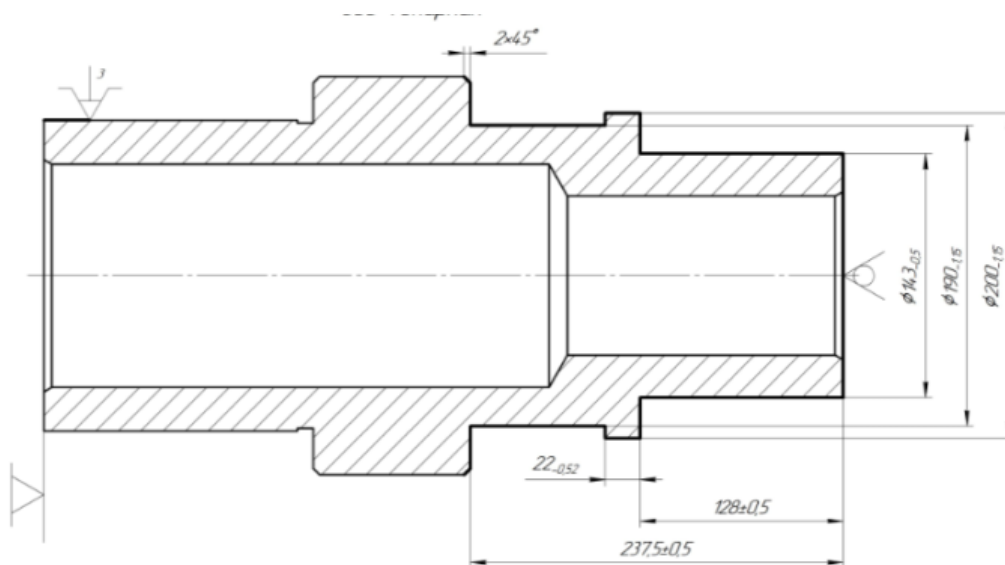


Рисунок 10 – Операционный эскиз на операции 055

На зубофрезерной операции (рисунок 11) производится нарезание зубьев зубчатого венца червячной фрезой. Используется метод обкатки.

Комплект баз: двойная опорная, двойная опорная и опорная.

Неопределённость базирования отсутствует.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

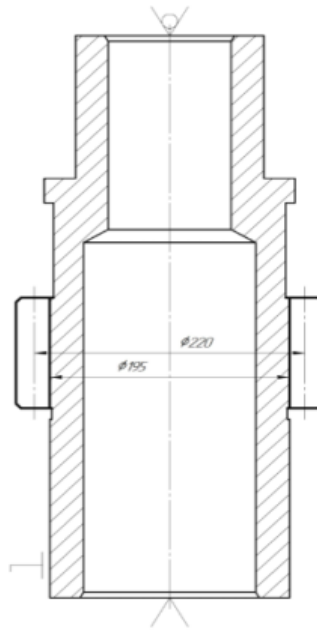


Рисунок 11 – Операционный эскиз на операции 055

На токарной операции 100 (рисунок 12) осуществляется чистовое наружное продольное точение двух ступеней, формируется обнизка и фаска.

Комплект баз: двойная опорная, двойная опорная и опорная.

Неопределённость базирования отсутствует.

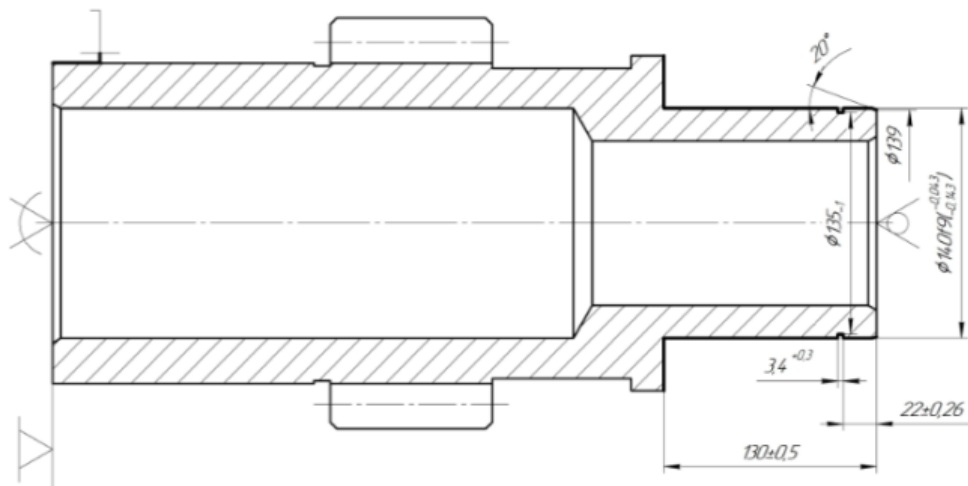


Рисунок 12 – Операционный эскиз на операции 055

На токарной операции 105 (рисунок 13) осуществляется чистовое наружное продольное точение двух ступеней, формируется обнизка и фаска.

Комплект баз: двойная опорная, двойная опорная и опорная.

Неопределённость базирования отсутствует.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

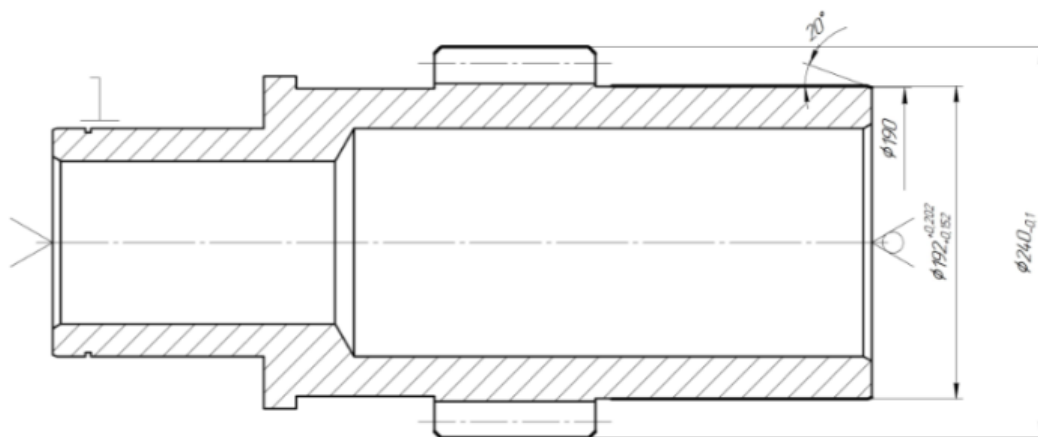


Рисунок 13 – Операционный эскиз на операции 055

2.1.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента

Для выполнения операций механической обработки применяется различное технологическое оборудование, оснастка и режущий инструмент.

На 010 операции, в качестве технологического оборудования применяется токарно-винторезный станок 16К30 изображённый на рисунке 14.



Рисунок 14 – станок токарно-винторезный 16К30

Станок предназначен для чернового и чистового точения цилиндрических, конических и фасонных поверхностей деталей типа "вал" в один или несколько проходов, а также сверления, зенкерования, развертывания и нарезания резьб в центровых отверстиях.

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Деталь устанавливается в трёхкулачковый самоцентрирующийся патрон 7100-0015 ГОСТ 2675-80. В качестве режущего инструмента используются стандартный и специальный режущий инструмент – резец проходной упорный с державкой PCLNR 3232 P16 и пластиной CNMG 160616 RT TT3500 (рисунок 15), сверла $\varnothing 25$, $\varnothing 60$, $\varnothing 80$ ГОСТ 10903-77 и сверло ВУ 2304-3011.



Рисунок 15 – Резец проходной упорный PCLNR 3232 P16

Применяемый измерительный инструмент: штангенглубиномер ШГ 400 ГОСТ 162-90; штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89;

На 015 операции, в качестве технологического оборудования применяется токарно-винторезный станок 1М63 (рисунок 16). Станок предназначен для токарной обработки внутренних и наружных поверхностей различной формы. Возможности оборудования позволяют обрабатывать с высокой точностью как простые цилиндрические, так и конические, и различные сложные поверхности. Помимо точения и растачивания, станок позволяет производить операции нарезки различных типов резьб (метрической, дюймовой, питчевой и т. д.), а также сверление, развертку и зенкование с применением резцов и другого инструмента.

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Режущий инструмент аналогичен операции 010. Применяемый измерительный инструмент: штангенглюиномер ШГ 160 ГОСТ 162-90; штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89;



Рисунок 16 – Станок токарно-винторезный 1М63

На токарной операции 040 и 050 обработка производится на токарном станке с ЧПУ РТ 755 (рисунок 17). Деталь устанавливается в патрон трёхкулачковый 250/3/В8 ГОСТ 8742-75. В качестве режущего инструмента используются резцы: проходной резец PCLNR 3232 P16 с пластиной CNMG 120408-DRYBC252, резец SDJCR 2020 K11 с пластиной DCMT 11T302HFYBC251. Применяемый измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89; штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89; В 8114-0129, фаскомер универсальный ГОСТ 1364-74, шаблон радиусный №2 ГОСТ 4126-66 .

На токарных операциях 055,100,105 обработка производится на токарных станках с ЧПУ РТ 755 (рисунок 17).

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25



Рисунок 17 – Станок токарный с ЧПУ РТ 755

Данного типа станки предназначены для чернового и чистового точения цилиндрических, конических и фасонных поверхностей деталей типа «вал» в один или несколько проходов по замкнутому автоматическому циклу, а также сверления, зенкерования, развертывания и нарезания резьб в центровых отверстиях. На токарной операции 055 деталь устанавливается в трёхкулачковый патрон 250/3/В8 и поджимается задним центром А-1-5-Н ГОСТ 8742-75. В качестве режущего инструмента используются резцы: проходной резец PCLNR 3232 P16 с пластиной CNMG 120408-DRYBC252, резец TTER 2525-6 с пластиной TDT6 OOE-3.90 TT9030. Применяемый измерительный инструмент: ШЦ-Ш-630-0,1 ГОСТ 166-89, штангенглубиномер ШГ400 ГОСТ ГОСТ 162-90, индикатор ИЧ 10 кл.1 ГОСТ 577-68; ПБМ-500 прибор для контроля биения ТУ2-034-543-81; набор образцов шероховатости 0,05-3,2 ШЦ ГОСТ 9378-93. На токарных операциях 100 и 105 для установки детали на станке используется поводковый патрон 7108-0090 ГОСТ 2571-71, и центр грибовый вращающийся Б-1-4-НП ГОСТ 8742-75. Измерительный инструмент аналогичен операции 050.

На зубофрезерной операции 070 в качестве оборудования применяется зубофрезерный станок модели 5А342П (рисунок 18). Деталь устанавливается в центрах Б-1-4-НП ГОСТ Применяемый измерительный инструмент: штангензубомер 67236-17 ГОСТ 5368-81, штангенциркуль ШЦ-Ш-250-0,05 ГОСТ 166-89, микрометр МК250-1 ГОСТ 6507-90.

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26



Рисунок 18 – Станок зубофрезерный модель 5А342П

2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса

2.1.3.1 Расчёт линейной цепи

Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса необходим для того, чтобы определить возможность получения брака и оценить припуски на механическую обработку.

Для решения этой задачи составим размерную схему (см. приложение А). Из этой схемы определим, что замыкающими, являются звенья: [48...58] и [98...118].

Запишем уравнение номиналов замыкающего звена [48...58]:

$$[48...58]=+(58...48)+(48...18)-(18...48) \quad (1)$$

Запишем уравнения верхнего и нижнего отклонения замыкающего звена:

$$\text{в.о.}[48...58]=(\text{в.о.}(58...48)+\text{в.о.}(48...18))-\text{н.о.}(18...48) \quad (2)$$

$$\text{н.о.}[48...58]=(\text{н.о.}(58...48)+\text{н.о.}(48...18))-\text{в.о.}(18...48) \quad (3)$$

Подставляя соответствующие значения в уравнения (1), (2) и (3) получим:

$$[48...58]=+22+128-130=20 \text{ мм}$$

$$\text{в.о.}[48...58]=(0+0,5)-(-0,5)=+1 \text{ мм}$$

						Лист
					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\text{н.о. } [48...58] = (-0,52 + (-0,5)) - 0,5 = -1,52 \text{ мм}$$

Таким образом фактический размер замыкающего звена лежит в пределах:

$$[48...58]_{\max} = 20 + 1 = 21 \text{ мм}$$

$$[48...58]_{\min} = 20 + (-1,52) = 18,48$$

На рисунке 19 наглядно показаны зоны получения размеров.



Рисунок 19– Зоны возможных размеров

Так как окончательный технологический размер выходит за границы конструкторского, с обеих сторон, то можно сделать вывод о наличии исправимого и неисправимого брака.

В размерном анализе действующего технологического процесса, припуски на механическую обработку сравниваются с минимально необходимыми, присущие тому или иному виду механической обработки.

Для оценки припуска, запишем уравнение номиналов (4):

$$[47...48] = +(48...18) - (18...47) \quad (4)$$

где $(48 \dots 18) = 130 \pm 0,5 \text{ мм}$;

$(18 \dots 47) = 128 \pm 0,5 \text{ мм}$.

Фактический припуск на обработку равен:

$$[47 \dots 48] = +(48 \dots 18) - (18 \dots 47) = 130 - 128 = 2 \text{ мм.}$$

Минимально необходимый припуск для данной операции равен:

$$A_i = A_{i \min} + \frac{TA_i}{2} - \Delta_0 A_i, \quad (6)$$

где TA_i – допуск замыкающего звена, мм;

$\Delta_0 A_i$ – координата середины поля допуска замыкающего звена, мм.

Минимально необходимый припуск рассчитывается по формуле:

$$A_{i \min} = Rz + Df, \quad (5)$$

где Rz – шероховатость поверхности с предыдущей операции, мм.

Df – величина дефектного слоя с предыдущей операции, мм;

Для токарной операции : $Df = 0,16$ мм, $Rz = 0,1$ мм, тогда:

$$A_{i \min} = 0,16 + 0,1 = 0,26 \text{ мм.}$$

Допуск замыкающего звена определяется по формуле (13):

$$TA_i = \sum T_i \quad (13)$$

$$TA_i = 1 + 1 = 2 \text{ мм.}$$

Координата середины поля допуска замыкающего звена определяется по формуле (14):

$$\Delta_0 A_i = \sum \Delta_0 A_{i \text{ув.}} - \sum \Delta_0 A_{i \text{ум.}} \quad (14)$$

где $\Delta_0 A_{i \text{ув.}}$ – координата середины поля допуска i увеличивающего звена, мм;

$\Delta_0 A_{i \text{ум.}}$ – координата середины поля допуска i уменьшающего звена, мм.

Координату середины поля допуска i -го увеличивающего звена, определяют по формуле (15):

$$\Delta_0 A_{i \text{ув.}} = \frac{\text{В. о. } A_{i \text{ув.}} + \text{Н. о. } A_{i \text{ув.}}}{2} \quad (15)$$

$$\Delta_0 A_{i \text{ув.}} = \frac{0,5 + (-0,5)}{2} = 0 \text{ мм.}$$

Координату середины поля допуска i уменьшающего звена, определяют по формуле (16):

$$\Delta_0 A_{i \text{ум.}} = \frac{\text{В. о. } A_{i \text{ум.}} + \text{Н. о. } A_{i \text{ум.}}}{2} \quad (16)$$

$$\Delta_0 A_{i \text{ум.}} = \frac{0,5 + (-0,5)}{2} = 0 \text{ мм}$$

Подставляя рассчитанные значения в формулу (14), получим:

$$\Delta_0 A_i = 0 - 0 = 0 \text{ мм.}$$

Подставляя рассчитанные значения в формулу (11), получим:

$$A_i = 0,26 + \frac{2}{2} - 0 = 1,26 \text{ мм.}$$

$2 \text{ мм} > 1,26 \text{ мм}$ – припуск завышен на $0,74 \text{ мм}$.

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

Аналогично посчитаем все операционные размеры и припуски.

Расчёты остальных звеньев размерной цепи проведём в ПО КурсАР.

Таблица с результатами расчётов представлена на рисунке 20.

- Цепи размерные.
Уравнения решены методом Максимума-Минимума:
1. [48#58]=+(47+58)+(18+47)-(18+48)
 2. [98#118]=+(17+118)-(17+117)+(98+117)
 3. [47#48]=+(18+48)-(18+47)
 4. [46#47]=+(18+47)-(18+118)+(17+118)-(17+46)
 5. [87#88]=+(18+88)-(18+118)+(17+118)-(17+87)
 6. [17#18]=-(18+118)+(17+118)
 7. [78#77]=-(77+117)+(17+117)-(17+118)+(78+118)
 8. [118#117]=+(17+117)-(17+118)
 9. [16#17]=-(17+117)+(16+117)
 10. [117#116]=+(16+116)-(16+117)

Таблица

Результаты расчета размерной схемы (см.)

Гр	Номера левой и правой поверхностей звена	Номинал. значение	Верхнее отклон.	Нижнее отклон.	Средний номинальный размер звена	Запасы расчетн. предельных значений исходного звена по Min и по Max
п	Если нет номинала	Предельн. значен. Min и Max				
1#	48 58	20,000	1,000	-1,520	19,740	-1,000 -1,000
1#	98 118	170,000	0,500	-2,500	169,000	-2,000 0,000
1#	47 48		1,000	3,000	2,000	0,740
1#	46 47		-1,250	3,250	1,000	-1,510
1#	87 88		1,250	5,750	3,500	0,990
1#	17 18		-0,250	2,250	1,000	-0,510
1#	78 77		11,500	16,500	14,000	11,240
1#	118 117		0,000	2,000	1,000	-0,260
1#	16 17		0,000	2,000	1,000	-0,310
1#	117 116		35,500	38,500	37,000	35,190

Рисунок 20 – результаты расчёта размерной цепи в ПО КурсАР

В ходе расчетов выявлено, что замыкающие звенья по данному технологическому процессу не выполняются, что приводит к появлению брака.

Припуски завышены и не соответствуют минимально необходимым.

2.1.3.2 Расчёт диаметральной цепи

Для решения этой задачи составим размерную схему в диаметральной виде (см. приложение Б). Из неё определим, что замыкающие звенья в этой цепи отсутствуют. Поэтому нет необходимости проверять выполнение конструкторских размеров, а необходимо лишь оценить завышенность или заниженность припусков на механическую обработку.

Для оценки припуска, запишем уравнение номиналов (4):

$$[57...58]=-(58...18)+(18...57) \quad (4)$$

где $(58 \dots 18) = 140_{-0,143}^{-0,043}$ мм;

$$(18 \dots 47) = \varnothing 143_{-0,5} \text{ мм.}$$

Фактический припуск на обработку равен:

$$[57 \dots 58] = -(58 \dots 18) + (18 \dots 57) = -140 + 143 = 3 \text{ мм.}$$

Минимально необходимый припуск для данной операции равен:

$$A_i = A_{i \text{ min}} + \frac{TA_i}{2} - \Delta_0 A_i, \quad (6)$$

где TA_i – допуск замыкающего звена, мм;

$\Delta_0 A_i$ – координата середины поля допуска замыкающего звена, мм.

Минимально необходимый припуск рассчитывается по формуле:

$$A_{i \text{ min}} = Rz + Df, \quad (5)$$

где Rz – шероховатость поверхности с предыдущей операции, мм.

Df – величина дефектного слоя с предыдущей операции, мм;

Для токарной операции : $Df = 0,16$ мм, $Rz = 0,1$ мм, тогда:

$$A_{i \text{ min}} = 0,16 + 0,1 = 0,26 \text{ мм.}$$

Допуск замыкающего звена определяется по формуле (13):

$$TA_i = \sum T_i \quad (13)$$

$$TA_i = 0,1 + 0,5 = 0,6 \text{ мм.}$$

Координата середины поля допуска замыкающего звена определяется по формуле (14):

$$\Delta_0 A_i = \sum \Delta_0 A_{i \text{ ув.}} - \sum \Delta_0 A_{i \text{ ум.}} \quad (14)$$

где $\Delta_0 A_{i \text{ ув.}}$ – координата середины поля допуска i увеличивающего звена, мм;

$\Delta_0 A_{i \text{ ум.}}$ – координата середины поля допуска i уменьшающего звена, мм.

Координату середины поля допуска i увеличивающего звена, определяют по формуле (15):

$$\Delta_0 A_{i \text{ ув.}} = \frac{\text{В. о. } A_{i \text{ ув.}} + \text{Н. о. } A_{i \text{ ув.}}}{2} \quad (15)$$

$$\Delta_0 A_{i \text{ ув.}} = \frac{0 + (-0,5)}{2} = -0,25 \text{ мм.}$$

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Координату середины поля допуска i уменьшающего звена, определяют по формуле (16):

$$\Delta_0 A_{i \text{ у.м.}} = \frac{\text{в. о. } A_{i \text{ у.м.}} + \text{н. о. } A_{i \text{ у.м.}}}{2} \quad (16)$$

$$\Delta_0 A_{i \text{ у.м.}} = \frac{-0,043 + (-0,143)}{2} = -0,093 \text{ мм}$$

Подставляя рассчитанные значения в формулу (14), получим:

$$\Delta_0 A_i = -0,25 - 0,093 = -0,157 \text{ мм.}$$

Подставляя рассчитанные значения в формулу (11), получим:

$$A_i = 0,26 + \frac{0,6}{2} - 0,157 = 0,717 \text{ мм.}$$

3 мм > 0,717 мм – припуск завышен на 2,283 мм.

Остальные расчёты звеньев цепи проведём в ПО КурсАР.

Таблица с результатами расчётов представлена на рисунке 21.

Цепи размерные.

Уравнения решены методом Максимума-Минимума:

1. [108#107]=+(18+107)-(18+108)
2. [88#87]=+(18+87)-(18+88)
3. [58#57]=+(18+57)-(18+58)
4. [57#56]=+(18+56)-(18+57)
5. [98#97]=+(18+97)-(18+98)
6. [27#28]=+(18+28)-(18+27)
7. [47#48]=+(18+48)-(18+47)
8. [107#106]=+(18+106)-(18+107)

Таблица

Результаты расчета размерной схемы (см.)

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	исходного звена
па	стей звена	номинала	Min и	Max	звена	по Min и по Max
---	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1#	108 107		0,700	1,100	0,900	0,440
1#	88 87		2,298	2,848	2,573	2,038
1#	58 57		2,543	3,143	2,843	2,283
1#	57 56		9,000	11,500	10,250	8,740
1#	98 97		3,000	6,150	4,575	2,740
1#	27 28		9,000	11,870	10,435	8,740
1#	47 48		24,650	25,740	25,195	24,390
1#	107 106		6,000	10,500	8,250	5,700

Рисунок 21 – результаты расчёта размерной цепи в ПО КурсАР

В ходе расчетов выявлено, что припуски завышены и не соответствуют минимально необходимым, что ведёт к перерасходу металла в стружку.

2.1.4 Выводы по разделу

В качестве заготовки на предприятии используется горячекатаный прокат, коэффициент использования материала при этом равен 0,55, что свидетельствует о том, что половина материала идет в стружку. Можно сделать вывод, что производство не экономно использует материал, и это отражается на себестоимости детали.

В ходе размерного анализа выявлено, что габаритный размер детали не выполняется (получается меньше указанного на чертеже), что свидетельствует о неправильном назначении припусков и операционных размеров.

На предприятии используется как стандартный режущий инструмент, так и специально разработанный для ряда операций. Разработка и производство специального РИ потребует привлечения соответствующих специалистов, что нетехнологично. Но этого не избежать ввиду сложности формы детали и труднодоступности некоторых элементов.

Для установки заготовки на операциях используются как стандартные приспособления при станке, так и специально разработанные. Проектирование специальных приспособлений необходимо ввиду сложности базирования детали и для обеспечения заданных параметров.

Закрепление на всех операциях ручное, что приводит к лишним затратам сил рабочих. Это неэффективно при серийном производстве.

Размерный анализ показал наличие заниженных и завышенных припусков, что также приводит как к низкому коэффициенту использования материала, так и к высокой составляющей брака.

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «Вал манипулятора гидравлического»

2.2.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки

Известно, что в себестоимости машиностроительной продукции большую долю составляют затраты на материалы. Для их снижения стремятся в максимальной степени приблизить размеры и форму заготовок к габаритам и форме готовых деталей. Поэтому в современном производстве одним из основных направлений развития технологии механической обработки является использование заготовок с экономичными конструктивными формами, обеспечивающими обработку с наибольшей производительностью и наименьшими отходами материалов.

Одним из показателей экономичности использования материала в машиностроении, является коэффициент материалоемкости (КИМ), который рассчитывается по формуле (7):

$$\text{КИМ} = \frac{m_{\text{дет}}}{m_{\text{заг}}}, \quad (7)$$

где $m_{\text{дет}}$ – масса готовой детали, кг

$m_{\text{заг}}$ – масса заготовки, кг.

Материал детали – сталь конструкционная легированная 40Х ГОСТ 4543-71.

Химический состав материала представлен в таблице 1.

Таблица 1 – химический состав материала сталь 40Х

С	Cr	Mn	S	P
0,4%	1%	0.37%	до 0.15%	до 0.2%

Механические свойства материала:

прочность $\sigma_{\text{в}}=785\text{МПа}$, твердость $\text{HB } 10^{-1} = 230 - 280 \text{ Мпа}$

Деталь имеет полуцилиндрическую форму со ступенями и зубчатым венцом.

Для изготовления детали «Вал манипулятора гидравлического» рассмотрим два способа получения заготовок: горячекатаный прокат и многоручьевая штамповка. На рисунке 22 представлен эскиз заготовки из горячекатаного проката.



Рисунок 22 – Эскиз заготовки из горячекатанного проката

На рисунке 23 представлен эскиз заготовки штамповки.

Преимущество штамповки заключается в том, что можно получить заготовку, максимально приближенную по форме к детали.

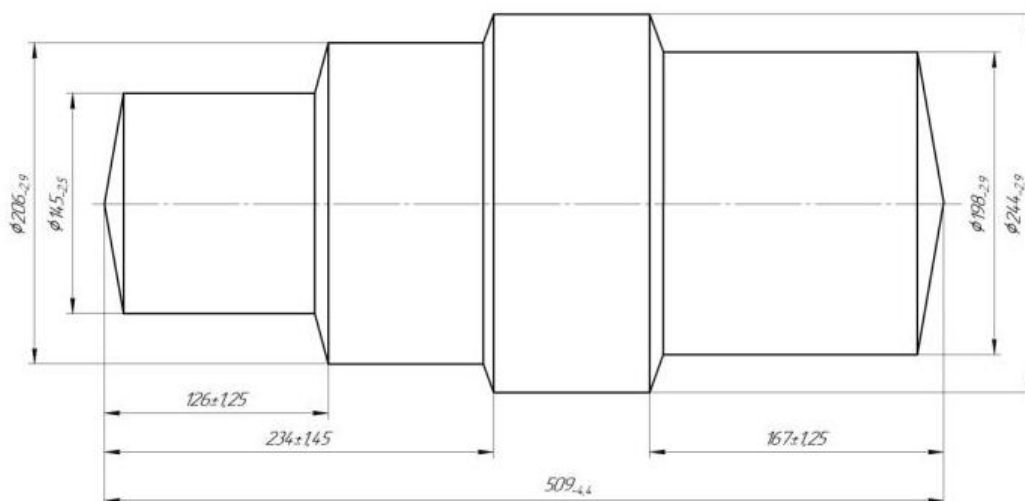


Рисунок 23 – Эскиз заготовки штамповки

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Для обоих случаев рассчитываем коэффициент использования материала.

Масса детали по чертежу составляет 56 кг.

Массу заготовки полученной методом мерной нарезки проката круглого сечения, определим по формуле (8):

$$m_{\text{заг.пр.}} = 0,785D^2L \cdot \rho \cdot 10^{-9}, \quad (8)$$

где D – диаметр заготовки, мм;

L – длина заготовки, мм;

ρ – плотность стали, $\rho = 7820$ кг/м³.

$$m_{\text{заг.пр.}} = 0,785 \cdot 250^2 \cdot 504 \cdot 7820 \cdot 10^{-9} = 193 \text{ кг}$$

КИМ1 для заготовки полученной методом мерной нарезки проката равен:

$$\text{КИМ1} = \frac{56}{193} = 0,29$$

Массу заготовки полученной методом многоручьевой штамповки, определим по формуле (9):

$$m_{\text{заг.шт.}} = 0,785\rho(D_1^2L_1 + D_2^2L_2 + D_3^2L_3 + D_4^2L_4) \cdot 10^{-9}, \quad (9)$$

где D_1, D_2, D_3, D_4 – диаметры 1,2,3,4 ступени соответственно;

L_1, L_2, L_3, L_4 – длины 1,2,3,4 ступени соответственно.

$$m_{\text{заг.шт.}} = 6138,7 \cdot (145^2 \cdot 126 + 198^2 \cdot 167 + 206^2 \cdot 108 + 244^2 \cdot 108) \cdot 10^{-9} = 124 \text{ кг}$$

КИМ2 для заготовки полученной методом многоручьевой штамповки равен:

$$\text{КИМ2} = \frac{56}{124} = 0,45.$$

Так как $\text{КИМ2} > \text{КИМ1}$, то количество металла уходящего в стружку будет меньше, если выбрать заготовку полученную методом многоручьевой штамповки.

Таким образом, в качестве заготовки принимаем штамповку потому, что она имеет наибольший коэффициент материалоемкости КИМ.

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования

Выбор оборудования для механической обработки является сложной многовариантной задачей, от решения которой зависит эффективность технологического процесса производства детали.

Деталь «вал манипулятора гидравлического» относится к деталям типа тела вращения, и поэтому основная обработка детали – это токарная обработка наружных цилиндрических и внутренних поверхностей. Кроме этого, данная деталь имеет зубчатый венец с прямыми цилиндрическими зубьями.

Основными исходными данными для выбора технологического оборудования являются следующие:

- 1) Габаритные размеры детали – $\varnothing 250$ мм L=500;
- 2) Маршрутно-операционный техпроцесс (п. 2.2.3);
- 3) Тип производства – среднесерийное;
- 4) Годовая программа выпуска год N=500 шт/год;

Для токарной обработки на все токарные операции выбираем станок DMG MORI CTX beta 2000 (рисунок 24). Данный станок удобен в обслуживании, и имеет длительный срок эксплуатации с сохранением точностных характеристик.

Станок оснащён встроенным мотор-шпинделем с водяным охлаждением, в результате система имеет низкий уровень вибраций, неблагоприятно влияющих на обработку. Высокая жёсткость и конструкции станка, а также большая мощность привода главного движения позволяет производить обработку на высоких режимах резания без каких-либо ограничений. Станок имеет возможность автоматического управления режимами обработки прямо в течение цикла. Благодаря блочно-модульному строению конструкции, станок имеет возможность установки и замены различных компонентов, так или иначе дополняя основной функционал станка. Также имеется возможность автоматизации обработки и встраивание в гибкие производственные системы.

Всё вышперечисленное повышает производительность обработки и снижает номенклатуру применяемого оборудования.

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

Основные технические характеристики станка приведены в таблице 1.



Рисунок 24 – DMG MORI CTX beta 2000

Таблица 1 – Технические характеристики станка DMG CTX beta 2000.

Технические характеристики	CTX beta 2000
Максимальный диаметр обработки, мм	600
Максимальная частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	4000
Мощность шпинделя, кВт	40
Максимальный диаметр зажимного патрона, мм	500
Диаметр отверстия шпинделя, мм	110
Ёмкость инструментального магазина	V12
Достижимая точность токарной обработки, мм	±0,005
Быстрая подача, м/мин	X:30/ Z:40
Габариты: длина/ширина/высота, мм	6467/3410/2530

Для обработки зубчатого венца используем универсальный вертикальный зубофрезерный станок 5K328A (рисунок 25).



Рисунок 25 – вертикальный зубофрезерный станок 5К328А

Зубофрезерный станок 5К328А предназначен для фрезерования цилиндрических зубчатых колёс, а также червячных колёс в условиях индивидуального и среднесерийного производства. Нарезание зубчатых колёс производится по способу обкатки попутного и встречного зубофрезерования с диагональной и обычной подачей. Станок снабжен универсальным суппортом, который позволяет обрабатывать червячные колеса с радиальной и тангенциальной подачей. Конструкция станка предусматривает возможность радиального врезания фрезы в заготовку, что тоже сокращает машинное время обработки. Зубофрезерный станок 5К328А может работать по полуавтоматическому циклу. Жесткая литая станина и закаленные направляющие обеспечивают долговечность в эксплуатации станка.

Настройка станка для нарезки различных зубьев на станке, производится путем настройки гитары деления.

Технические характеристики станка 5К328А, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – технические характеристики станка 5К328А

Наименование параметра	Значение
Наибольший модуль нарезаемого колеса, мм	12
Диаметр нарезаемых цилиндрических прямозубых колес, мм	160...800
Длина венца цилиндрических прямозубых колес, мм	560
Расстояние от оси шпинделя до направляющих суппорта, мм	390
Диаметр стола, мм	935
Частота вращения фрезы, об/мин	63...318
Пределы продольных подач фрезы на один оборот, мм/об	0,25...4
Пределы радиальных подач на один оборот стола, мм/об	0,1...1
Количество электродвигателей на станке	3
Электродвигатель главного привода, кВт	10
Электродвигатель ускоренного хода, кВт	4
Электродвигатель насосного охлаждения, кВт	0,6
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	14,6

2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта

Маршрутный технологический процесс представлен в таблице 3.

Таблица 4 – Маршрутный технологический процесс

Название и номер операции	Оборудование
000 Заготовительная	—
005 Токарная с ЧПУ	DMG MORI CTX beta 2000
010 Токарная с ЧПУ	DMG MORI CTX beta 2000
015 Токарная с ЧПУ	DMG MORI CTX beta 2000
020 Токарная с ЧПУ	DMG MORI CTX beta 2000
025 Зубофрезерная	5К328А

Операция 000 Заготовительная

На данной операции производится многоручьевая штамповка заготовки.

Операционный эскиз заготовки представлен на рисунке 26.

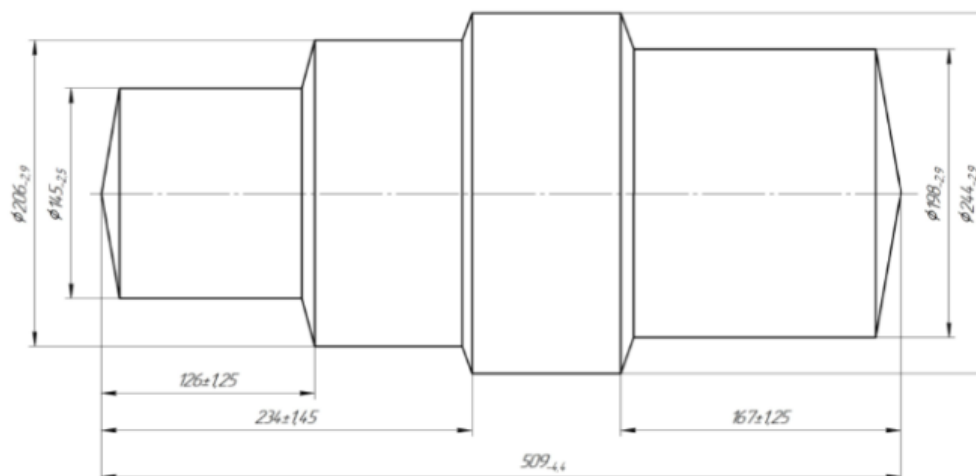


Рисунок 26 – Операционный эскиз заготовительной операции 000

Операция 005 Токарная с ЧПУ

На данной операции производится подготовка чистовых баз: подрезается торец, протачивается наружная цилиндрическая поверхность, сверлится и растачивается внутреннее отверстие, снимается фаска (рисунок 27).

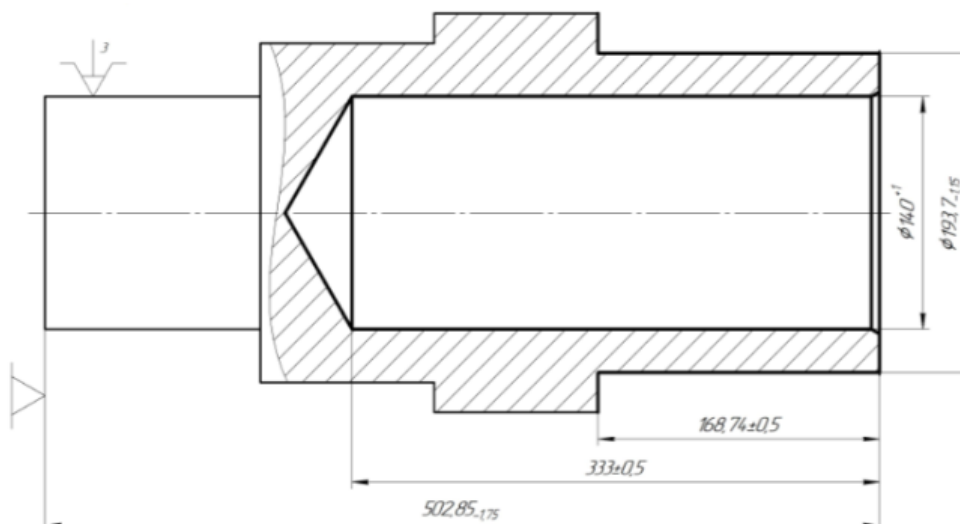


Рисунок 27 – Операционный эскиз операции 005

Комлект черновых технологических баз: наружная необработанная цилиндрическая поверхность и торец – двойная направляющая и опорная.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Операция 010 Токарная с ЧПУ

На данной операции подрезается торец, протачиваются две наружные цилиндрические поверхности, формируется канавка (обнизка), сверлится и растачивается внутреннее отверстие, снимается фаска.

Операционный эскиз представлен на рисунке 28.

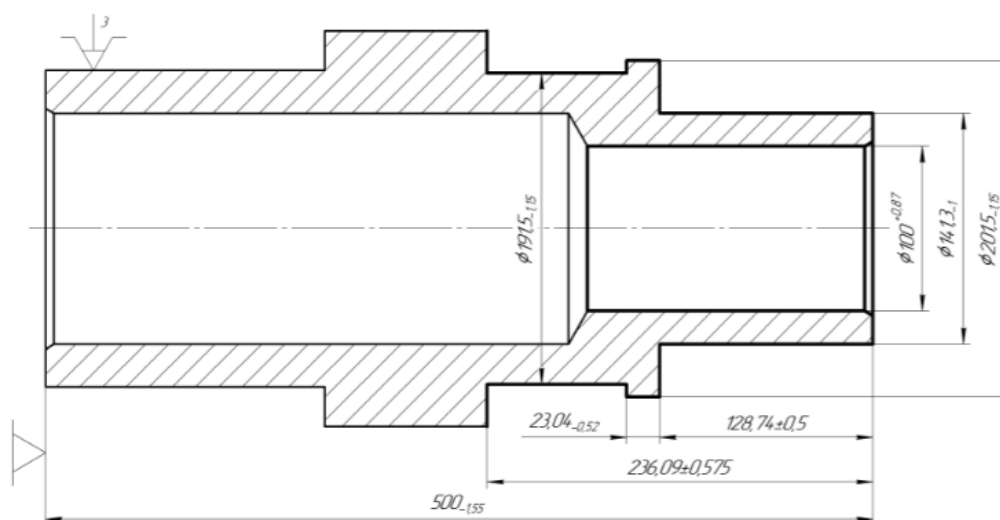


Рисунок 28 – Операционный эскиз операции 010

Базирование заготовки осуществляется по чистовым наружным поверхностям, обработанных на предыдущей операции.

Комплект чистовых технологических баз: двойная направляющая и опорная.

Операция 015 Токарная с ЧПУ

На данной операции производится чистовая обработка наружных цилиндрических поверхностей, формируется канавка и снимаются фаски.

Операционный эскиз представлен на рисунке 29.

Базирование заготовки осуществляется по центровым фаскам с упором в левый торец. Передача вращательного движения от шпинделя к заготовке осуществляется с помощью специального поводкового патрона (п.).

Комплект чистовых технологических баз:

- двойная опорная, запрещает перемещение вдоль осей O_x и O_y ;
- двойная опорная, запрещает вращение вокруг осей O_x и O_y ;
- опорная, запрещает перемещение по оси O_z .

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

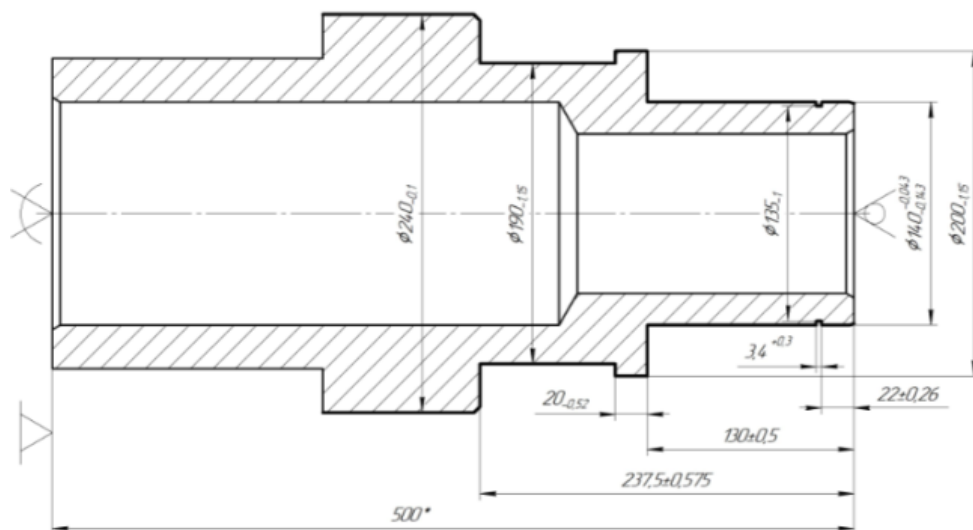


Рисунок 29 – Операционный эскиз операции 015

Операция 020 Токарная с ЧПУ

На данной операции производится чистовая обработка наружной цилиндрической поверхности, формируется канавка и снимается фаска.

Операционный эскиз представлен на рисунке 30.

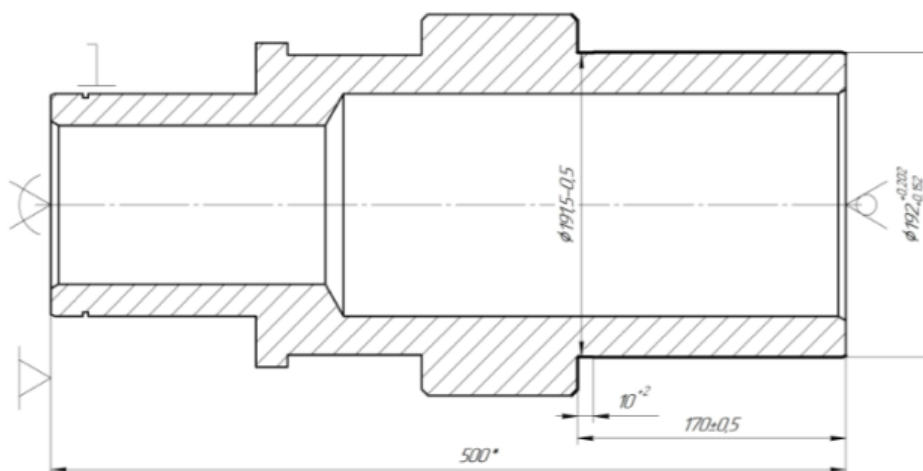


Рисунок 30 – Операционный эскиз операции 020

Комплект чистовых технологических баз:

- двойная опорная, запрещает перемещение вдоль осей Ox и Oy ;
- двойная опорная, запрещает вращение вокруг осей Ox и Oy ;
- опорная, запрещает перемещение по оси Oz .

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Операция 020 Зубофрезерная

На данной операции производится нарезание зубьев методом обката.

Модуль нарезаемого колеса $m=10$, число зубьев $z=22$, степень точности 8–С.

Операционный эскиз представлен на рисунке 31.

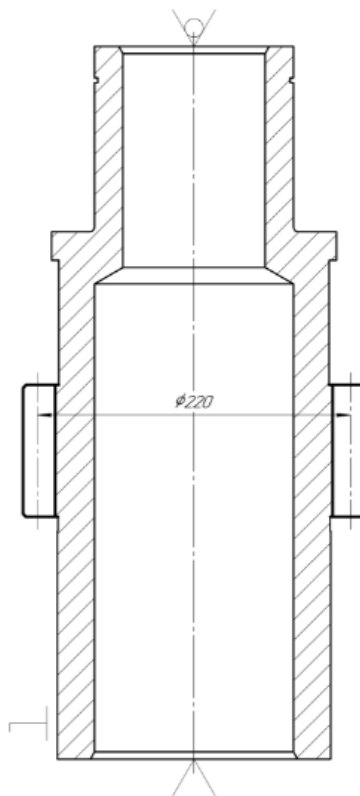


Рисунок 31 – Операционный эскиз операции 025

Установка заготовки в приспособление происходит в центрах, а передача вращательного движения осуществляется с помощью поводка. Нижняя центровая фаска одновременно является двойной опорной и опорной технологической базой, так как дополнительно лишает возможности перемещаться вдоль оси Oz . Верхняя центровая фаска является двойной опорной технологической базой.

В результате получаем следующий комплект технологических баз:

- двойная опорная, запрещает перемещение вдоль осей Ox и Oy ;
- двойная опорная, запрещает вращение вокруг осей Ox и Oy ;
- опорная, запрещает перемещение по оси Oz .

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР

Лист

44

2.2.4 Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса

2.2.4.1 Расчёт линейной цепи

В размерном анализе действующего технологического процесса решается обратная задача, заключающаяся в проверке обеспечения точности выполнения конструкторских размеров и сравнении фактических припусков на обработку с минимально необходимыми. Данный анализ был выполнен в пункте 2.1.3.

При проектировании нового технологического процесса решается прямая (проектная) задача, которая заключается в определении допусков на составляющие звенья, входящие в уравнение замыкающего звена, определении окончательных и промежуточных операционных размеров и минимально необходимых припусков на операции механической обработки.

Размерная схема проектного варианта технологического процесса механической обработки для линейных размеров приведена в приложении В.

Из размерной схемы видно, что спроектированный технологический процесс составлен таким образом, что в нём отсутствуют замыкающие звенья. Это значит, что все окончательные операционные размеры соответствуют конструкторским и следовательно в таком случае, расчёт размерной цепи, сводится лишь к определению минимально необходимых припусков, промежуточных операционных размеров и размеров заготовки.

Определим промежуточный операционный размер (17...118).

Для его определения составим уравнение (10), в котором припуск [17...18] будет являться замыкающим звеном.

$$[17...18] = - (18...118) + (118...17) \quad (10)$$

В данном уравнении известен номинал и предельные отклонения составляющего звена $(18...118) = 500_{-1,55}$, а для искомого операционного размера $(118...17) = ?_{-1,75}$, известен только допуск и предельные отклонения.

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

Номинальное значение припуска [17...18] можно определить по формуле (11):

$$A_i = A_{i \min} + \frac{TA_i}{2} - \Delta_0 A_i, \quad (11)$$

где TA_i – допуск замыкающего звена, мм;

$\Delta_0 A_i$ – координата середины поля допуска замыкающего звена, мм.

$A_{i \min}$ – минимально необходимый припуск на обработку, мм.

Минимально необходимый припуск рассчитывается по формуле (12):

$$A_{i \min} = Rz + Df, \quad (12)$$

где Rz – шероховатость поверхности с предыдущей операции, мм.

Df – величина дефектного слоя с предыдущей операции, мм;

Для заготовительной операции (штамповка): $Df = 0,6$ мм, $Rz = 0,5$ мм. Тогда

$$A_{i \min} = 0,6 + 0,5 = 1,1 \text{ мм.}$$

Допуск замыкающего звена определяется по формуле (13):

$$TA_i = \sum T_i \quad (13)$$

$$TA_i = 1,55 + 1,75 = 3,3 \text{ мм.}$$

Координата середины поля допуска замыкающего звена определяется по формуле (14):

$$\Delta_0 A_i = \sum \Delta_0 A_{i \text{ув.}} - \sum \Delta_0 A_{i \text{ум.}} \quad (14)$$

где $\Delta_0 A_{i \text{ув.}}$ – координата середины поля допуска i увеличивающего звена, мм;

$\Delta_0 A_{i \text{ум.}}$ – координата середины поля допуска i уменьшающего звена, мм.

Координату середины поля допуска i увеличивающего звена, определяется по формуле (15):

$$\Delta_0 A_{i \text{ув.}} = \frac{\text{В. о. } A_{i \text{ув.}} + \text{Н. о. } A_{i \text{ув.}}}{2} \quad (15)$$

$$\Delta_0 A_{i \text{ув.}} = \frac{0 + (-1,75)}{2} = -0,875 \text{ мм.}$$

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

Координату середины поля допуска i уменьшающего звена, определяется по формуле (16):

$$\Delta_0 A_{i \text{ ум.}} = \frac{\text{в. о. } A_{i \text{ ум.}} + \text{н. о. } A_{i \text{ ум.}}}{2} \quad (16)$$

$$\Delta_0 A_{i \text{ ум.}} = \frac{0 + (-1,55)}{2} = -0,775 \text{ мм.}$$

Подставляя рассчитанные значения в формулу (14), получим:

$$\Delta_0 A_i = -0,875 - (-0,775) = -0,1 \text{ мм.}$$

Подставляя рассчитанные значения в формулу (11), получим:

$$A_i = 1,1 + \frac{3,3}{2} - (-0,1) = 2,85 \text{ мм.}$$

Подставляя в уравнение (10) посчитанные значения, получим выражение (17):

$$2,85 = -500 + (118 \dots 17) \quad (17)$$

Далее, из выражения (17) найдём искомый размер (118...17):

$$(118 \dots 17) = 500 + 2,85 = 502,85 \text{ мм}$$

В результате проведённых расчётов, мы определили промежуточный операционный размер (17...118) и величину минимально необходимого припуска.

Остальные операционные размеры и припуски посчитаны с использованием программы КурсАР. Данные этих расчётов приведены на рисунке 32.

Группа	Номера левой и правой поверхностей звена	Номинал	Верхнее отклонение	Нижнее отклонение	Средний номинальный размер звена	Запасы расчетных предельных значений относит. к исходного звена по Min и по Max
п/п	поверхностей звена	Если нет номинала	Предельн.значен.: Min и Max		размер звена	исходного звена по Min и по Max
2=	98 97		0,260	2,260	1,260	0,000
2=	58 57		0,260	3,300	1,780	0,000
2=	47 48		0,260	2,260	1,260	0,000
2=	87 88		0,260	2,560	1,410	0,000
2=	46 47		2,090	8,890	5,490	0,990
2=	86 87		1,165	8,515	4,840	0,065
2=	17 18		1,100	4,400	2,750	0,000
2=	97 96		1,740	11,390	6,565	0,640
2=	118 117		1,750	7,900	4,825	0,650
6+	97 118	168,740	0,500	-0,500	168,740	
6+	47 57	23,040	0,000	-0,520	22,780	
6+	18 47	128,740	0,500	-0,500	128,740	
6+	18 87	236,090	0,575	-0,575	236,090	
6+	17 46	126,000	1,250	-1,250	126,000	
6+	17 86	234,000	1,450	-1,450	234,000	
6+	17 118	502,850	0,000	-1,750	501,975	
6+	96 117	167,000	1,250	-1,250	167,000	
6+	17 117	509,000	0,000	-4,400	506,800	

Рисунок 32 – результаты расчётов в ПО КурсАР

2.2.4.1 Расчёт диаметральной цепи

В спроектированном технологическом процессе отсутствуют замыкающие звенья. Это значит, что все окончательные операционные размеры соответствуют конструкторским и следовательно в таком случае, расчёт размерной цепи, представленной в приложении Г, сводится лишь к определению минимально необходимых припусков, промежуточных операционных размеров и размеров заготовки.

Определим промежуточный операционный размер (18...57).

Для его определения составим уравнение (10), в котором припуск [57...58] будет являться замыкающим звеном:

$$[57...58] = - (58...18) + (18...57) \quad (10)$$

В данном уравнении известен номинал и предельные отклонения составляющего звена $(58...18) = 140_{-0,143}^{-0,043}$, а для искомого операционного размера $(18...57) = ?_{-1}$, известен только допуск и предельные отклонения.

Номинальное значение припуска [57...58] можно определить по формуле (11):

$$A_i = A_{i \min} + \frac{TA_i}{2} - \Delta_0 A_i, \quad (11)$$

где TA_i – допуск замыкающего звена, мм;

$\Delta_0 A_i$ – координата середины поля допуска замыкающего звена, мм.

$A_{i \min}$ – минимально необходимый припуск на обработку, мм.

Минимально необходимый припуск рассчитывается по формуле (12):

$$A_{i \min} = Rz + Df, \quad (12)$$

где Rz – шероховатость поверхности с предыдущей операции, мм.

Df – величина дефектного слоя с предыдущей операции, мм;

Для заготовительной операции (штамповка): $Df = 0,1$ мм, $Rz = 0,16$ мм. Тогда

$$A_{i \min} = 0,1 + 0,16 = 0,26 \text{ мм.}$$

Допуск замыкающего звена определяется по формуле (13):

$$TA_i = \sum T_i \quad (13)$$

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

$$TA_i = 0,1 + 1 = 1,1 \text{ мм.}$$

Координата середины поля допуска замыкающего звена определяется по формуле (14):

$$\Delta_0 A_i = \sum \Delta_0 A_{i \text{ув.}} - \sum \Delta_0 A_{i \text{ум.}} \quad (14)$$

где $\Delta_0 A_{i \text{ув.}}$ – координата середины поля допуска i увеличивающего звена, мм;

$\Delta_0 A_{i \text{ум.}}$ – координата середины поля допуска i уменьшающего звена, мм.

Координату середины поля допуска i увеличивающего звена, определяется по формуле (15):

$$\Delta_0 A_{i \text{ув.}} = \frac{\text{В. о. } A_{i \text{ув.}} + \text{Н. о. } A_{i \text{ув.}}}{2} \quad (15)$$

$$\Delta_0 A_{i \text{ув.}} = \frac{0 + (-1)}{2} = -0,5 \text{ мм.}$$

Координату середины поля допуска i уменьшающего звена, определяется по формуле (16):

$$\Delta_0 A_{i \text{ум.}} = \frac{\text{В. о. } A_{i \text{ум.}} + \text{Н. о. } A_{i \text{ум.}}}{2} \quad (16)$$

$$\Delta_0 A_{i \text{ум.}} = \frac{-0,043 + (-0,143)}{2} = -0,093 \text{ мм.}$$

Подставляя рассчитанные значения в формулу (14), получим:

$$\Delta_0 A_i = -0,5 - 0,093 = -0,407 \text{ мм.}$$

Подставляя рассчитанные значения в формулу (11), получим:

$$A_i = 0,26 + \frac{1,1}{2} - 0,407 = 1,217 \text{ мм.}$$

Подставляя в уравнение (10) посчитанные значения, получим выражение (17):

$$1,217 = -140 + (18 \dots 57) \quad (17)$$

Далее, из выражения (17) найдём искомый размер (118...17):

$$(18 \dots 57) = 140 + 1,217 = 141,217 \approx 141,3 \text{ мм}$$

Остальные расчёты звеньев цепи проведём в ПО КурсАР.

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

Таблица с результатами расчётов представлена на рисунке 33.

Уравнения решены методом Максимума-Минимума:

1. $[88=87]=+(18-87)-(18+88)$
2. $[58=57]=+(18-57)-(18+58)$
3. $[68=67]=+(18-67)-(18+68)$
4. $[98=97]=+(18-97)-(18+98)$
5. $[108=107]=+(18-107)-(18+108)$
6. $[57=56]=+(18-56)-(18-57)$
7. $[97=96]=+(18-96)-(18-97)$
8. $[87=86]=+(18-86)-(18-87)$

1

Таблица

Результаты расчета размерной схемы (см.)

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
па	стей звена	номинала	Min и	Max	звена	по Min и по Max
--	----	-----	-----	-----	-----	-----
2=	88 87		0,348	1,548	0,948	0,088
2=	58 57		0,343	1,443	0,893	0,083
2=	68 67		0,350	2,650	1,500	0,090
2=	98 97		0,350	1,600	0,975	0,090
2=	108 107		1,100	4,100	2,600	0,450
2=	57 56		1,200	4,700	2,950	0,550
2=	97 96		1,600	5,650	3,625	0,950
2=	87 86		1,400	5,450	3,425	0,750
6+	18 87	193,700	0,000	-1,150	193,125	
6+	18 57	141,300	0,000	-1,000	140,800	
6+	18 67	191,500	0,000	-1,150	190,925	
6+	18 97	201,500	0,000	-1,150	200,925	
6+	18 107	244,000	0,000	-2,900	242,550	
6+	18 56	145,000	0,000	-2,500	143,750	
6+	18 96	206,000	0,000	-2,900	204,550	
6+	18 86	198,000	0,000	-2,900	196,550	

Рисунок 33 – результаты расчёта размерной цепи в ПО КурсАР

Расчёт размерных цепей для проектного варианта технологического процесса выполнен с целью определения номинальных операционных размеров и размеров заготовки с учётом требований минимально необходимого припуска на каждый вид механической обработки.

В представленных расчётах, выполненных по методу (максимума – минимума), все операционные размеры определены таким образом, чтобы исключить возможность появления брака.

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

Расчет режимов резания для токарной операции.

Исходные данные:

Деталь:

- вал манипулятора гидравлического;
- материал –сталь 40Х (210...230 НВ);
- параметр шероховатости поверхности $Ra=6,3$ мкм.

Заготовка:

- штамповка 16 квалитет точности;
- масса: 124 кг;
- состояние поверхности: с коркой;
- припуск на обработку: 3 мм.

Оборудование: DMG MORI CTX beta 2000.

Паспортные данные:

- частота вращения шпинделя: до 4000 об/мин;
- диапазон допустимых подач 0,01...5 мм/об

Операция: 005 токарная

- приспособление: трёхкулачковый патрон;
- содержание операции: подрезать торец выдерживая размер по чертежу

Размер между обработанными торцами соответствует 14 квалитету. По карте 54 [1]определяем, что для получения размера $502,85h14_{(-1,75)}$ необходимо выполнение черновой стадии обработки.

Из приложения 3, 10, 11 [1] выбираем следующие параметры инструмента: резец проходной упорный, материал режущей части T15K6, , главный угол в плане $\phi=95^\circ$, вспомогательный угол в плане $\phi_1=15^\circ$, угол наклона главной режущей кромки $\lambda=5^\circ$, передний угол $\gamma=10^\circ$; задний угол $\alpha=8^\circ$;

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

Выбор подачи:

Подача на оборот для черновой стадии обработки выбирается по карте 59 [1]:
 $S_{0T} = 1,2$ мм/об.

Выбираем поправочные коэффициенты для подачи [1, карты 60 и 66] в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала $K_{SM} = 0,9$;
- материала режущей части резца $K_{Si} = 1,0$;
- переднего угла $K_{S\gamma} = 1,35$;
- главного угла в плане $K_{S\varphi} = 0,85$;
- способа крепления пластины $K_{Sp} = 1,15$;
- схемы установки резца $K_{Sc} = 0,75$;
- выбранного критерия износа резца $K_{Shz} = 0,6$;
- группы обрабатываемости материала $K_{So} = 0,95$.

С учетом поправочных коэффициентов подачу определяют следующей формуле:

$$S_o = S_{0T} K_{SM} K_{Si} K_{S\gamma} K_{S\varphi} K_{Sp} K_{Sc} K_{Shz} K_{So}$$

Подставив числовые значения, получим:

$$S_o = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1,35 \cdot 0,85 \cdot 1,15 \cdot 0,75 \cdot 0,6 \cdot 0,95 = 0,6 \text{ мм/об.}$$

Для черновой стадии обработки проводят проверку выбранной подачи по обеспечению мощности оборудования. Подача, допустимая по мощности станка $S_o = 1,05$ мм/об [1, карта 61].

Выбор скорости резания:

Скорость резания выбирают по карте 65 [1]: $V_T = 352$ м/мин.

Выбранные скорости резания корректируют с учетом поправочных коэффициентов в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала $K_{VM} = 0,9$;
- материала режущей части фрезы $K_{Vi} = 1$;
- состояния поверхности $K_{Vn} = 0,8$;

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

- главного угла в плане $K_{V\phi} = 0,95$;
- отношения ширины фрезерования к диаметру фрезы $K_{VB} = 1,3$;
- периода стойкости режущей части фрезы $K_{VT} = 1$;
- способа крепления пластины $K_{VP} = 1$;
- наличия охлаждения $K_{VЖ} = 0,6$;
- группы обрабатываемости материала $K_{VO} = 0,85$.

С учетом поправочных коэффициентов скорость резания равна:

$$V = V_T K_{VM} K_{VI} K_{V\Pi} K_{V\phi} K_{VB} K_{VT} K_{VP} K_{VЖ} K_{VO}$$

Подставив числовые значения, получим:

$$V = 352 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,95 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 0,85 = 160,98 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

$$n = \frac{1000V}{\pi D}$$

Подставив числовые значения, получим:

$$n = \frac{1000 \cdot 160,98}{3,14 \cdot 197} = 260 \text{ об/мин.}$$

Минутная подача равна:

$$S_m = S_0 n.$$

Подставив числовые значения, получим:

$$S_m = 0,6 \cdot 260 = 156 \text{ мм/мин.}$$

Норма основного времени определяется по формуле:

$$T_o = \frac{L}{S_m},$$

где L – длина обработки, мм;

S_m – минутная подача, мм/мин.

Таким образом, основное время при фрезеровании торцов равно:

$$T_o = \frac{93 + 5 + 4}{178} = 0,573 \text{ мин.}$$

Норма штучного времени определяется по формуле:

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

$$T_{шт} = (T_O + T_B) \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{обс} + \alpha_{от.л}}{100}\right),$$

где T_O – основное время, мин;

T_B – вспомогательное время, мин;

$\alpha_{обс}$, $\alpha_{от.л}$ – время на обслуживание, отдых и личные надобности, назначается в процентах к оперативному времени ($\alpha_{обс} + \alpha_{от.л} = 8\%$), %.

Подставив числовые значения, получим:

$$T_{шт} = (0,573 + 0,38) \cdot \left(1 + \frac{8}{100}\right) = 1,029 \text{ мин.}$$

Назначим режимы резания для токарной операции с ЧПУ 010.

По карте 1 [1] назначают необходимые стадии обработки. Поверхность 1 будет обрабатываться в три стадии: получистовую, чистовую и отделочную. По карте 2 определяю необходимую глубину резания для отделочной и чистовой стадий обработки. Для отделочной стадии обработки: для поверхности 1, которой соответствует интервал размеров 18...30 мм, рекомендуется $t=0,4$ мм, для чистовой стадии $t=1,6$ мм. Глубину резания для получистовой стадии определяют исходя из общего припуска на обработку и суммы глубин резания на чистовой и отделочной стадиях обработки. Значит $t=7$ мм.

Для получистовой стадии обработки значение подачи определяем по карте 4 $S_{от} = 0,35$ мм/об.

По карте 5 выбираем поправочные коэффициенты в зависимости от:

- сечения державки резца $K_{S_d} = 0,95$;
- прочности режущей части $K_{S_h} = 1$;
- механических свойств обрабатываемого материала $K_{S_m} = 0,9$;
- схемы установки заготовки $K_{S_y} = 1$;
- состояния поверхности заготовки $K_{S_{п}} = 0,85$;
- геометрических параметров резца $K_{S_{\varphi}} = 1,2$;
- жесткости станка $K_{S_j} = 0,7$.

Таким образом подача для получистовой стадии равна:

$$S = 0,35 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1,2 \cdot 0,7 = 0,21 \text{ мм/об.}$$

Аналогично находим подачи для чистовой и отделочной стадий обработки:
 $S = 0,28 \text{ мм/об.}$

Для отделочной стадии обработки рекомендуется подача $S = 0,04 \text{ мм/об.}$, для чистовой стадии с учетом поправочного коэффициента $S = 0,108 \text{ мм/об.}$, для получистовой стадии с учетом поправочного коэффициента $S = 0,176 \text{ мм/об.}$

Рассчитаем скорость резания.

Рекомендуемую скорость резания для получистовой стадии обработки выбирают по карте 21 [1] $V_T = 131 \text{ м/мин.}$, поправочный коэффициент в зависимости от инструментального материала $K_{Vi} = 1.$

По карте 23 выбираем остальные поправочные коэффициенты на скорость резания для получистовой стадии обработки для измененных условий в зависимости от:

- группы обрабатываемости материала $K_{Vc} = 1;$
- вида обработки $K_{Vo} = 1;$
- жесткости станка $K_{Vj} = 0,7;$
- механических свойств обрабатываемого материала $K_{Vm} = 0,8;$
- геометрических параметров резца $K_{V\phi} = 1,2;$
- периода стойкости режущей части $K_{Vt} = 1;$
- наличия охлаждения $K_{Vж} = 1.$

С учетом поправочных коэффициентов скорость резания равна:

$$V_{п/ч} = 131 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 88,03 \text{ м/мин.}$$

Аналогично определяем скорость резания для чистовой и отделочной стадий обработки $V_c = 135,7 \text{ м/мин.}$, $V_{отд} = 218,2 \text{ м/мин.}$

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

$$n_{\text{ч}} = \frac{1000 \cdot 135,7}{3,14 \cdot 25} = 1728,6 \text{ об/мин,}$$

$$n_{\text{отд}} = \frac{1000 \cdot 218,2}{3,14 \cdot 25} = 2779,6 \text{ об/мин.}$$

Основное время для обработки поверхности 1 равно:

$$T_o = \frac{50}{197,4} + \frac{50}{186,7} + \frac{50}{111,2} = 0,95 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время выбирается из справочника [6].

Таким образом, норма штучного времени равна:

$$T_{\text{шт}} = (0,95 + 0,15) \cdot \left(1 + \frac{8}{100}\right) = 1,2 \text{ мин.}$$

Аналогично рассчитываем режимы резания и нормы времени для всех операций механической обработки. Режимы резания представлены в таблице 6.

Таблица 6 – режимы резания

Операция	Переход	t, мм	i	S _o , мм/об	V, м/мин	n, мин ⁻¹	S _м , мм/мин	L, мм
005	Подрезание торца	3	1	0,6	160,98	260	156	102
	Сверление отв. ø32	16	1	0,15	67,55	670	100,5	320
	Растачивание отв. ø136	3,25	16	0,55	127,76	300	165	330
	Растачивание отв. ø140	2	1	0,26	250,31	570	148,2	333
010	Подрезание торца	3	1	0,42	145,36	330	138,6	75,5
	Точение ø201,5	2,68	8	0,54	164,53	260	140,4	236
	Точение ø141,3	3	10	0,72	148,92	330	237,6	130
	Точение канавки ø191,5	5	16	0,12	181,51	300	36,67	12
	Сверление отв. ø32	16	1	0,15	67,55	670	100,5	167
	Растачивание отв. ø92	3	10	0,55	127,6	440	242	167
	Растачивание отв. ø100	2	1	0,26	250,31	795	206,7	167
015	Точение ø140	1,5	1	0,1	300,11	680	68	130
	Точение ø200	1,5	1	0,1	267,5	425	42,5	20
	Точение канавки ø190	1,5	1	0,08	315,29	527	42,16	84
	Точение ø240	1,45	2	0,1	269,32	360	36	108

	Точение канавки $\varnothing 135$	3,4	2	0,12	181,51	428	51,36	5
020	Точение $\varnothing 192$	1,7	1	0,13	266,73	440	57,2	170
	Точение канавки $\varnothing 191,5$	5	2	0,05	192,33	320	16	0,25
025	Зубофрезерная	22,5	1	0,33	54,9	125	41,25	178

Нормы времени действующего технологического процесса представлены в таблице 8. В таблице 7 представлены нормы времени на все операции технологического процесса.

Таблица 7 – Нормы времени проектного ТП

Операция	T_O , мин	T_B , мин	$T_{оп}$, мин	$T_{шт}$, мин
005	38,07	6,74	44,81	48,39
010	34,09	7,51	41,60	44,93
015	10,56	4,02	14,58	15,74
020	3,11	2,55	5,66	6,11
025	94,93	10,86	105,79	114,25
Итого:				229,42

В таблице 9 представлены нормы времени базового технологического процесса.

Таблица 9 – Нормы времени базового технологического процесса

Операция	$T_{шт}$, мин
010	93,77
015	92,21
040	58,63
045	25,79
050	27,86
055	63,80
070	149,18
100	21,32
105	38,42
Итого:	570,98

2.2.6 Выводы по разделу

На данном этапе проектирования выполнено:

- выбор более производительного метода получения заготовки;
- выбор современного технологического оборудования, благодаря которым снижена номенклатура используемых станков за счёт увеличения концентрации переходов на операциях. Снижено время на обработку детали;
- формирование операционно-маршрутной технологии обработки заготовки;
- размерно точностной анализ, в ходе которого определены операционные размеры и величины минимальных припусков;
- расчёт режимов резания для резцов и пластин, подобранных специально для обработки данного материала. Это позволило снизить затраты на обработку и увеличить производительность на операциях.

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки

Технологическая оснастка играет немаловажную роль в эффективности работы предприятия, так как правильно подобранные элементы способны значительно расширить функционал оборудования и повысить качество изготавливаемой продукции.

Схема базирования на токарных операциях – двойная направляющая с упором в торец. Наиболее рациональное обеспечение такой схемы будет возможно при использовании токарных патронов. Поэтому для операций 005 и 010 выбираем токарный гидравлический патрон производства фирмы Strong, модель N-212.

Данная модель (рисунок 34) позволяет закреплять детали диаметром до 320 мм.



Рисунок 34 – Патрон трёхкулачковый гидравлический

Данный патрон устанавливается на шпиндель станка с помощью переходного фланца и болтов, фиксирующих его положение. Такая способ крепления подходит под выбранную модель станка DMG MORI CTX beta 2000.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

На токарных операциях 015 и 020 в качестве оснастки используем центр вращающийся грибкового типа (рисунок 35). Данный центр устанавливается в заднюю бабку станка и выдвигается при помощи гидроцилиндра пиноли.



Рисунок 35 – Центр грибковый вращающийся

Для крепления режущего инструмента в станке имеется револьверная головка фирмы SandvikCoromant (рисунок 36).

На токарном станке DMG MORI CTX beta 2000, используется револьверная головка SAUTER с диском VDI (рисунок 36).



Рисунок 36 – Револьверная головка SAUTER

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Из каталога компании Ирлен Инжиниринг выберем резцедержатели, подходящие с одной стороны для револьверной головки SAUTER, а с другой для выбранного сечения режущего инструмента.

Для установки расточного чернового резца фирмы SANDVIK A32U-PCLNR 16 воспользуемся держателем для расточного резца AdvaCut V32E240H100 изображённый на рисунке 37.

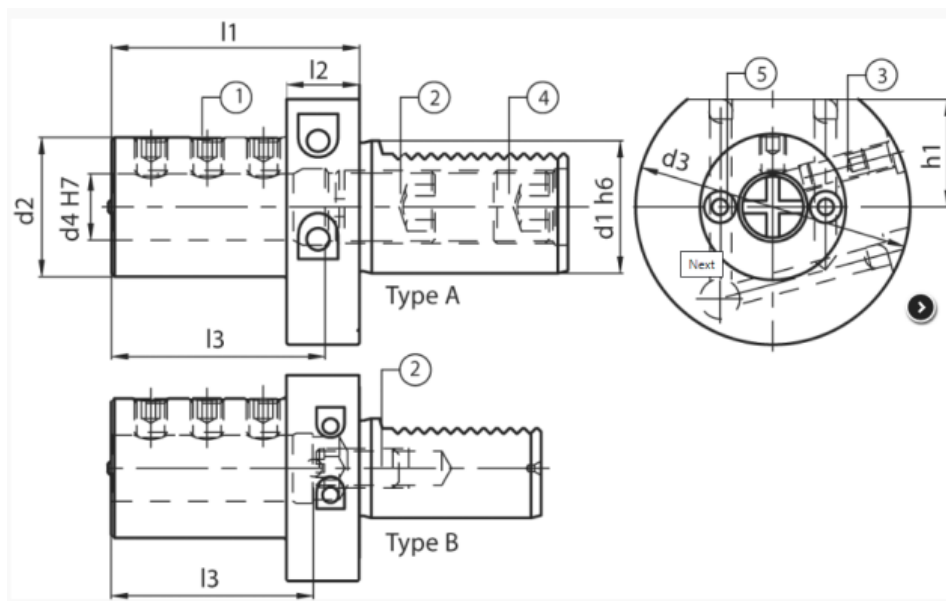


Рисунок 37– Держатель расточных резцов $\varnothing 40$ мм тип E2-32x40 VDI40

Для установки чернового SANDVIK DCLNL 2525P 12, чистового SANDVIK DDJNL 25P 11 и канавочного резца SANDVIK QS-RF123H25C2525E воспользуемся оправкой AdvaCut V32B640H55 (рисунок 38)

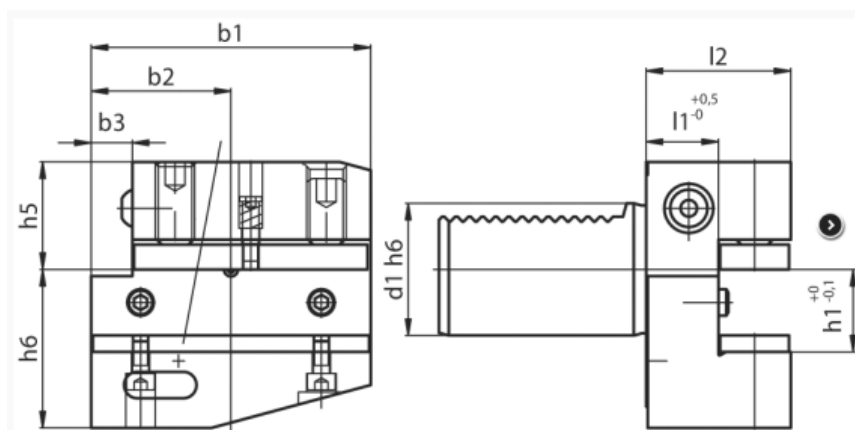


Рисунок 38 – Держатель прямоугольных резцов радиальный, левый, удлиненный, по DIN 69880, форма B6 ($h_1=25$ мм)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3.2 Проектирование и расчёт специального станочного приспособления

3.2.1 Формирование технического задания на проектирование станочного приспособления

3.2.1.1 Подготовка исходных данных

Исходными данными для проектирования станочного приспособления служат: конструкторский чертёж детали изображённый на рисунке 39, технологический процесс на обработку детали и операционный эскиз на токарную операцию 015 изображённый на рисунке 40.

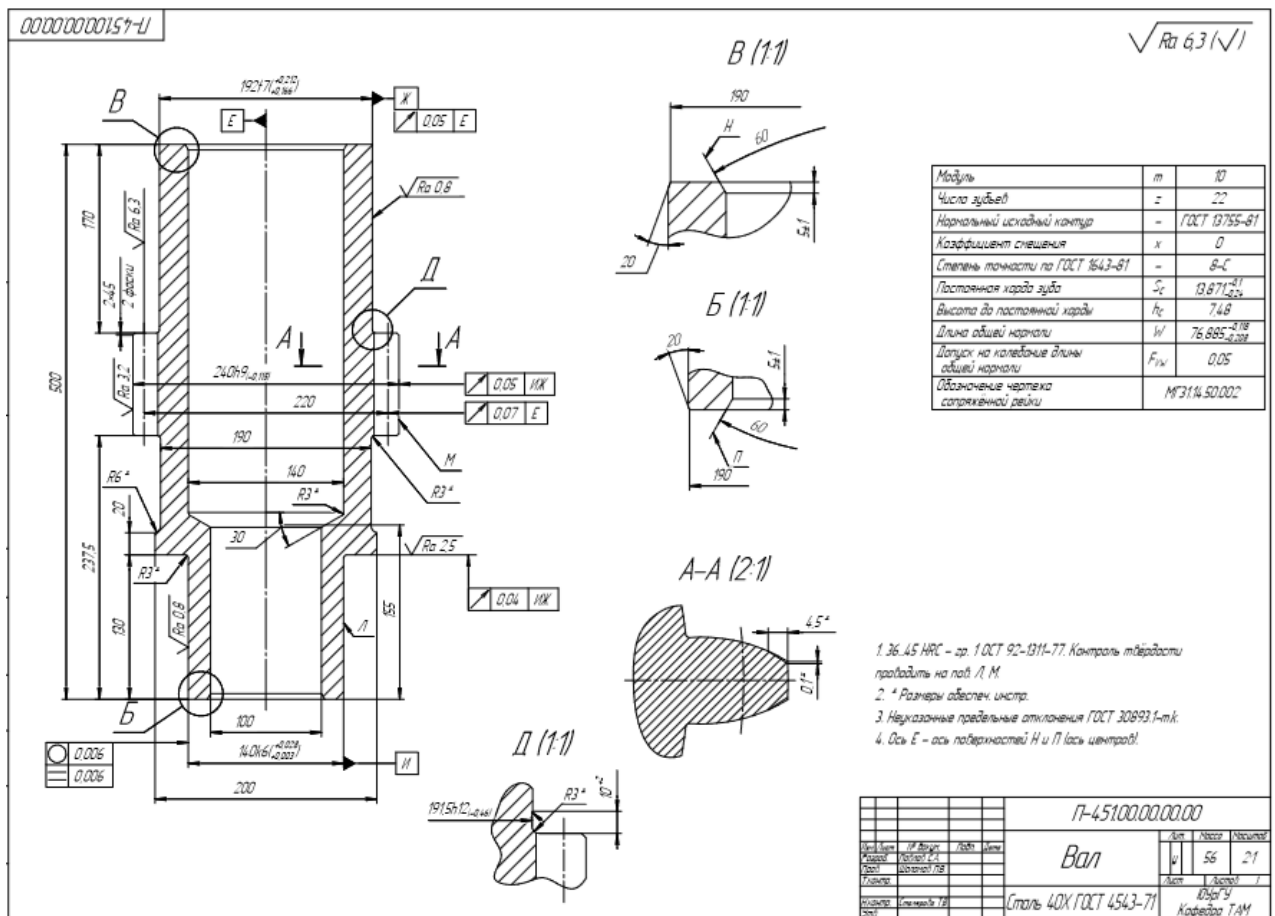


Рисунок 39 – Конструкторский чертёж детали

Деталь вал имеет правильную геометрическую форму в виде полого цилиндра на наружной поверхности которого имеется зубчатый венец ($m=10$, $z=22$).

Габаритные размеры детали $\varnothing 240$, $L=500$ мм.

В чертеже детали, указано радиальное биение 0,05 и 0,07 мм на $\varnothing 192$ и $\varnothing 220$ мм соответственно, от оси Е, являющейся общей осью 2-х центровых фасок (местный

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

вид Б и В). Центровые фаски являются вспомогательными технологическими базами служащие для установки детали в приспособлении.

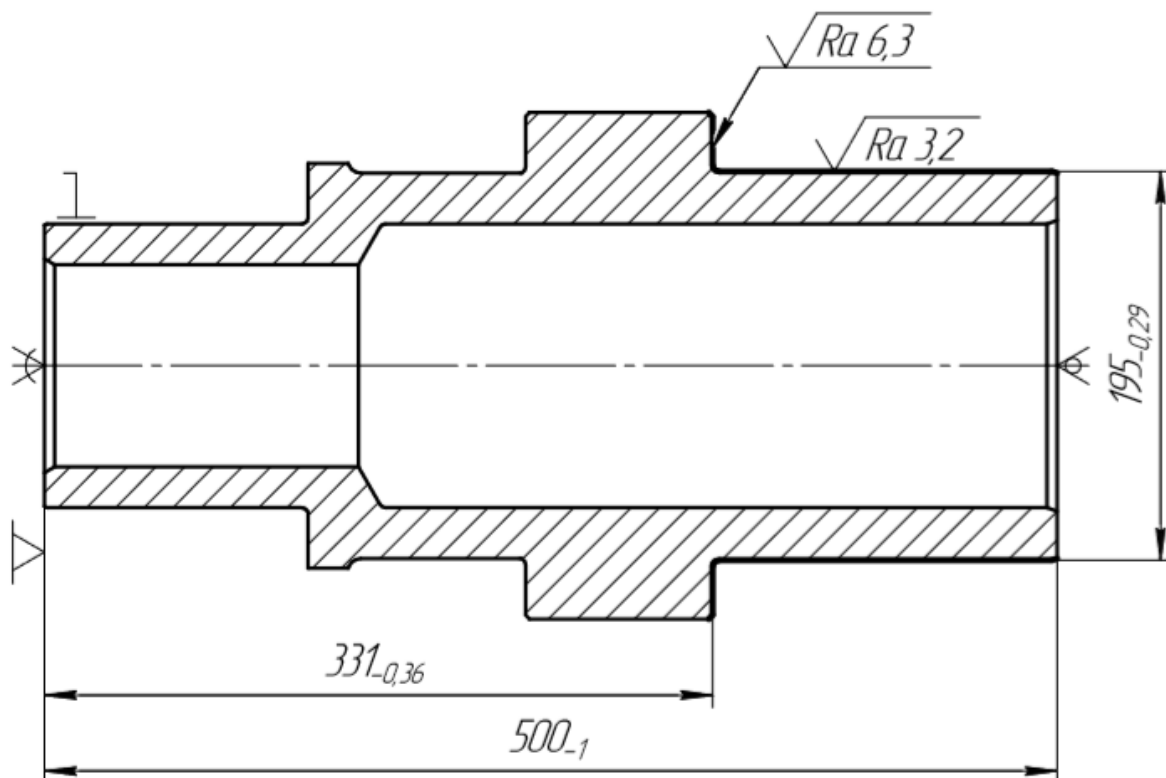


Рисунок 40 – Операционный эскиз детали

На данном эскизе, с помощью условных обозначений, показана теоретическая схема установки заготовки в приспособлении, а также выделены, утолщёнными линиями те поверхности, которые подлежат обработке на данной операции. Размеры и шероховатость поверхностей, указанные в эскизе являются межоперационными технологическими. Как видно, все линейные размеры, изображённые на эскизе, стоят от упора. Это позволяет совместить базу измерительную с базой установочной. Погрешность базирования в таком случае, как для линейных, так и для диаметральных размеров будет равна нулю.

Перечислим размеры и шероховатость, выполняемые на данной операции:

- $\varnothing 195_{-0,29}$ (соответствует 11 качеству точности);
- $331_{-0,36}$ (соответствует 11 качеству точности);
- 500_{-1} (соответствует 13 качеству точности);
- $\sqrt{Ra 3,2}$ (соответствует полуступенчатому точению);

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

- $\sqrt{Ra} 6,3$ (соответствует полуступенчатому точению).

3.2.1.2 Разработка и подробный анализ теоретической схемы базирования

Для того, чтобы выявить возможную неопределённость базирования и проверить соблюдение правила «шести опорных точек», построим теоретическую схему базирования заготовки изображённую на рисунке 41.

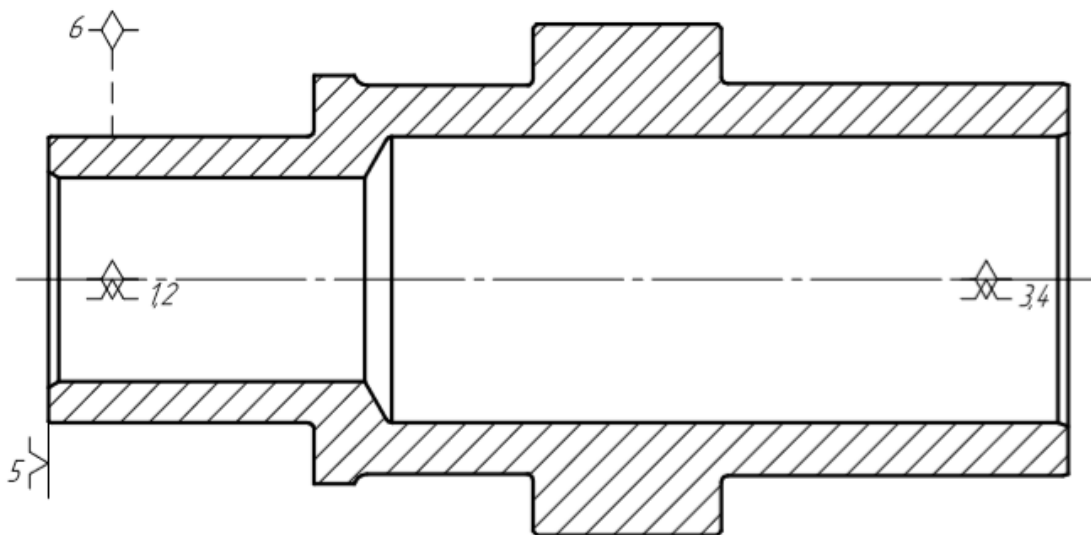


Рисунок 41 – Теоретическая схема базирования заготовки

Если воспользоваться теоретической схемой установки заготовки в СП, показанной на операционном эскизе (рисунок 40) и мысленно материализовать условные обозначения установочных и зажимных элементов в реальные твёрдотельные элементы, то станет вполне понятным то, как деталь фактически располагается на станке и что препятствует её свободному перемещению в 3-х мерном пространстве. При правильно выбранной схеме установки, обрабатываемая деталь должна чётко занимать требуемое положение, относительно системы координат станка или режущего инструмента. Это обеспечивается путём наложения на заготовку двусторонних связей, запрещающих перемещение.

На рисунке 3 показана теоретическая схема базирования заготовки в СП. Предложенная схема базирования образована комплектом из трех баз:

- Две двойных опорных базы (2 центровых фаски) – опорные точки 1,2,3,4;
- Опорная (левый торец) – опорная точка 5;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Вывод: теоретическая схема установки (рисунок 48) выбрана правильно.

3.2.1.3 Определение и уточнение общих сведений об операции

Установим дополнительную информацию, необходимую для проектирования:

- Наименование операции – 015 Токарная с ЧПУ;
- Оборудование – станок токарный с ЧПУ DMG MORI NLX 4000/750;
- Выполняемые переходы – точить поверхности, выдерживая р-р $\phi 195_{-0,29}$;
- Материал заготовки – 40Х ГОСТ 4543–71, $\sigma_{0,2} = 275$ МПа, 36...45 HRC;
- Установку и снятие заготовки осуществляет схват промышленного робота;
- Режущий инструмент – резец проходной чистовой SANDVIK DDJNL 2525P11;
- Материал режущего инструмента – GC4205 (аналог Т30К4);
- Геометрия режущего инструмента – $\varphi=93^{\circ}$, $\varphi_1=32^{\circ}$, $\alpha=7^{\circ}$, $\gamma=5^{\circ}$, $\lambda=0^{\circ}$, $r=1$ мм.
- Режим резания – $t=1$ мм, $S_0=0,15$ мм/об, $v=153$ м/мин, $n=250$ об/мин.
- Уточним присоединительные размеры конца шпинделя токарного станка по ГОСТ 12593–93 (ИСО 702–3–75), рисунок 49.

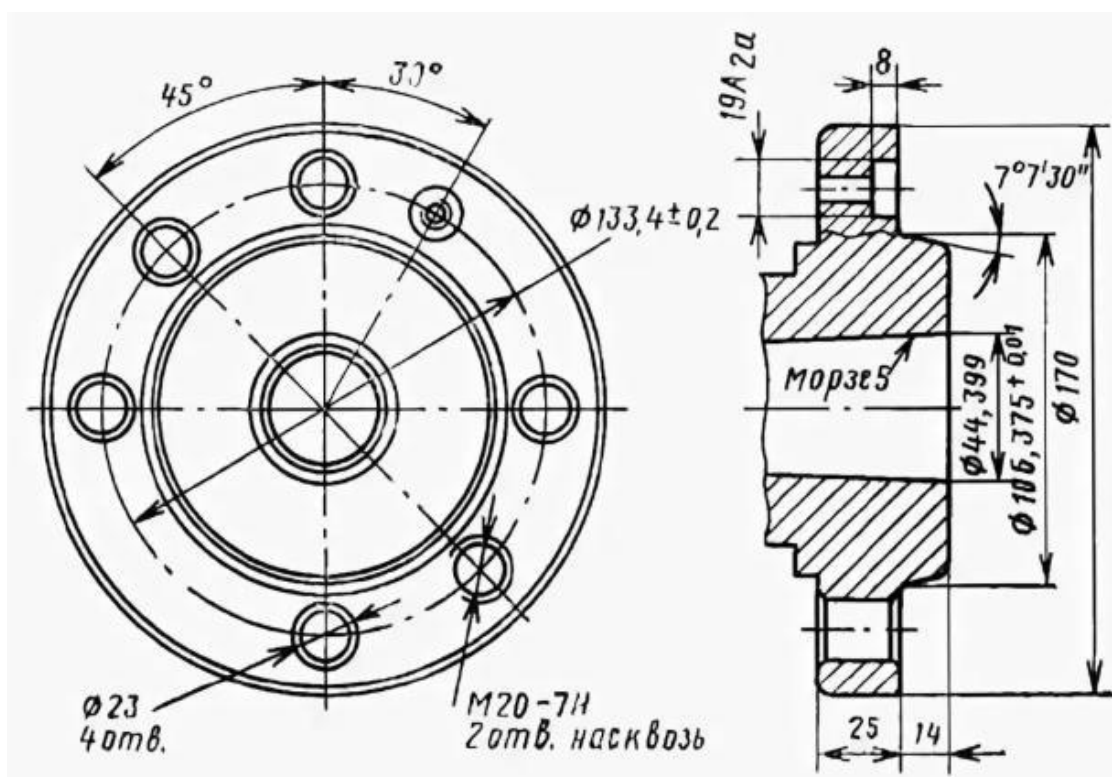


Рисунок 42 – Присоединительные размеры фланца шпинделя

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3.2.1.4 Итоговое формирование технического задания на проектирование СП
С учётом определённых выше условий, окончательно сформулируем ТЗ на проектирование СП.

Согласно заданию, для выполнения 015 операции (чистовое точение), требуется спроектировать специальное станочное приспособление, которое будет устанавливаться на вращающийся шпиндель токарного станка с ЧПУ. При разработке конструкции СП, руководствоваться рабочим чертежом детали, операционным эскизом на 015 Операцию (Токарная) и технологическим процессом на механическую обработку детали «Вал гидроманипулятора».

Проектирование СП, в общем случае, должно включать в себя:

- 1) Разработку принципиальной схемы СП;
- 2) Конструктивное определение формы и размеров отдельных деталей СП;
- 3) Общую компоновку конструкции СП, с выполнением необходимых видов, разрезов и сечений;
- 4) Построение расчётной схемы и определение силы закрепления заготовки W ;
- 5) Расчёт тягового усилия Q , создаваемого силовым приводом;
- 6) Расчёт диаметра поршня пневмо-гидро- цилиндра;
- 7) Расчёт суммарной точности обработки в СП;
- 8) Корректировку формы и размеров отдельных элементов СП, в соответствии с проведёнными расчётами, или изменение принятой конструкции СП, с проведением повторных расчётов указанных в п. 4...7.
- 9) Итоговое оформление сборочного чертежа со спецификацией по ЕСКД, с указанием необходимых размеров, посадок и других технических требований;
- 10) Описание работы и принципа действия спроектированного приспособления.

В зависимости от типа привода и особенностей конструкции СП, допускается изменять названия и порядок отдельных пунктов

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

3.2.2 Разработка конструкции специального СП

3.2.2.1 Разработка принципиальной схемы СП

Как показано на операционном эскизе, двойная направляющая и опорная база, реализуются путём установки заготовки в центрах с упором в левый торец, причём передний центр – плавающий, а задний – вращающийся. Передача вращающего момента от шпинделя к заготовке должна осуществляться при помощи поводкового устройства. Обычные поводковые устройства реализуют передачу движения заготовки при помощи поводковой планшайбы, хомутика и зажимного винта. Хомутик с ручным зажимом надевают на обрабатываемую деталь, крепят винтом и затем обрабатываемую деталь с хомутиком устанавливают в центрах станка. Съём детали осуществляется в обратном порядке. Данный способ весьма неудобен, так как нуждается в ручной установке хомутика и его фиксации зажимным винтом. Подобного рода работа отнимает у рабочего слишком много вспомогательного времени, что неприемлемо в условиях серийного производства деталей. Также данный тип устройств не рекомендуется применять в станках с ЧПУ и в гибких производственных системах ГПС. Учтя недостатки существующих видов поводковых устройств, была разработана конструкция трёхкулачковых поводковых патронов, отличающейся быстродействием и отсутствием эффекта самоцентрирования.

На рисунке 5 показан контур детали в тонких линиях.

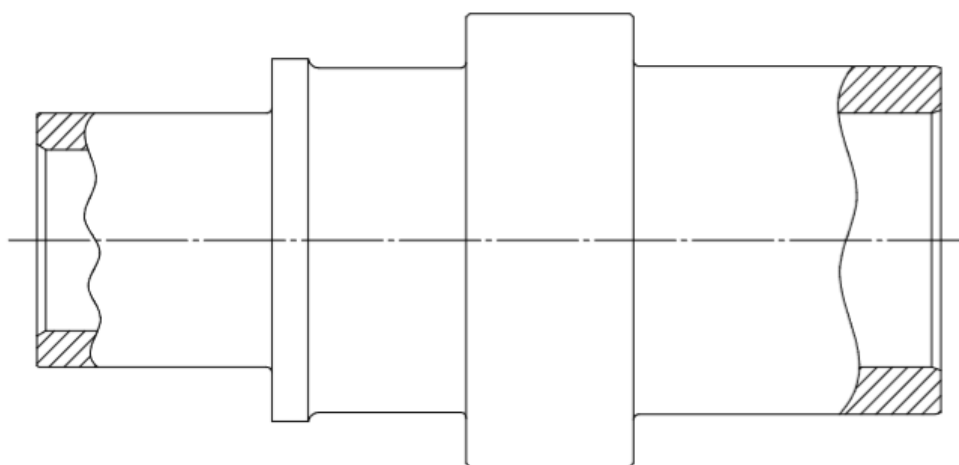
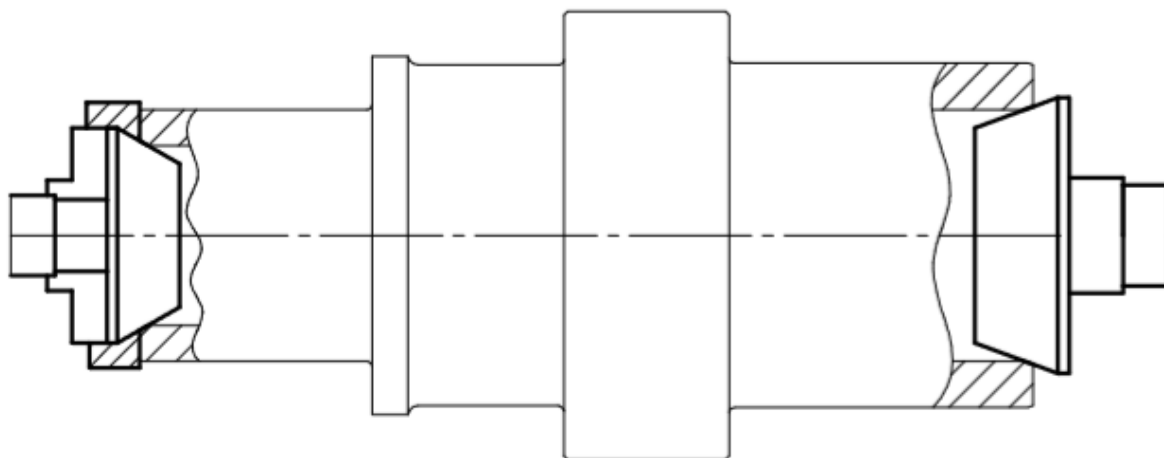


Рисунок 50 – Фрагмент детали в тонких линиях

3.2.2.2 Конструирование направляющих элементов

На рисунке 51 изобразим направляющие элементы заготовки.



Рисунко 51 – направляющие элементы приспособления

3.2.2.3 Конструирование зажимных элементов приспособления

На рисунке 52 показаны зажимные элементы в виде кулачков.

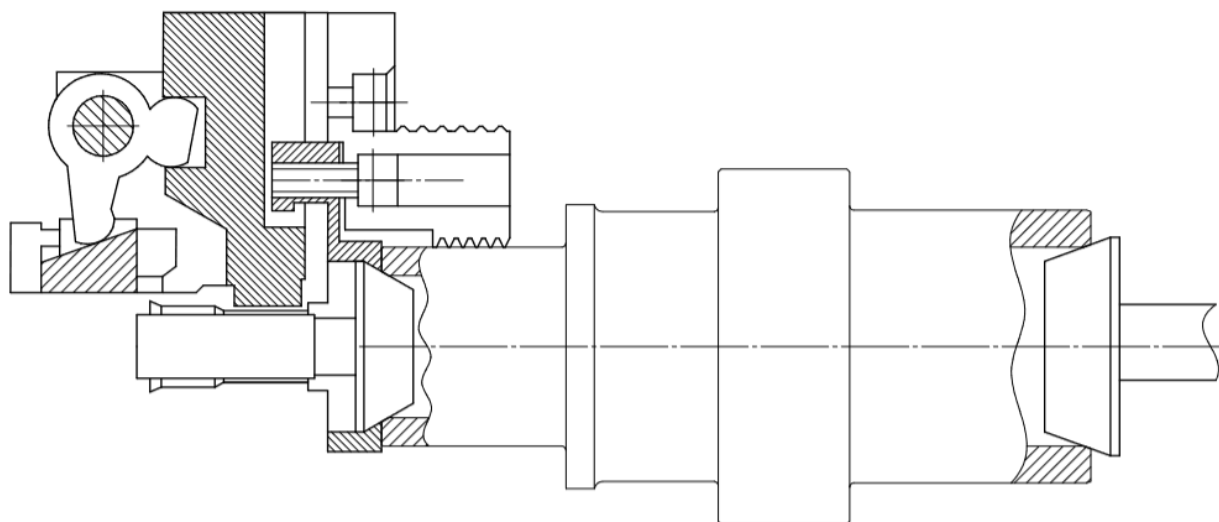


Рисунок 52 – зажимные элементы приспособления

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3.2.2.4 Разработка конструкции корпуса приспособления

На рисунке 53 изображён сконструированный корпус приспособления со шпинделем станка.

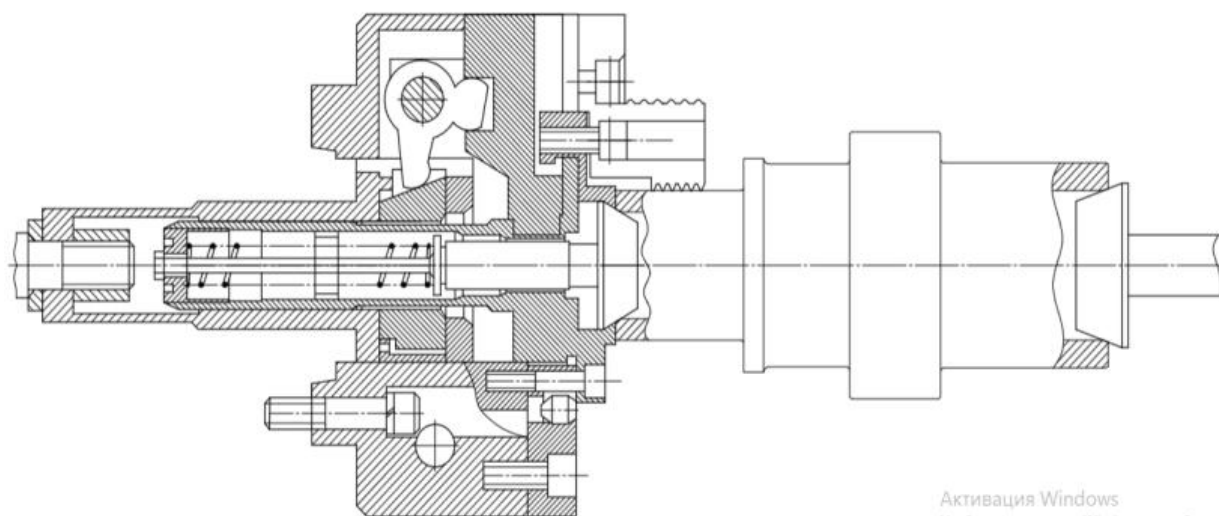


Рисунок 53 – корпус станочного приспособления

3.2.2.5 Окончательная разработка конструкции СП с учётом дополнительных элементов

На рисунке 54 показан общий вид спроектированной конструкции с учётом дополнительных элементов.

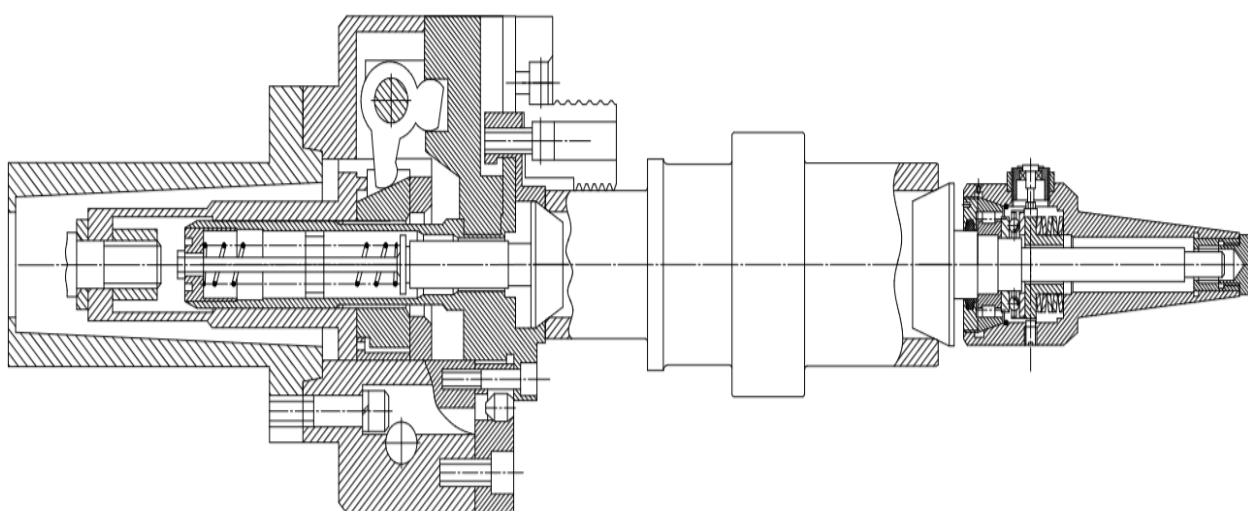


Рисунок 54 – общий вид спроектированной конструкции СП

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3.2.3 Расчёт сил зажима

3.2.3.1 Рассчитываем силы резания

$$M_{кр} = 10 C_H D^q S^y K_p$$

где, $M_{кр}$ – крутящий момент от сил резания

C_H – коэффициент для расчета крутящего момента

q – показатель степени для диаметра сверла

y – показатель степени для подач

K_p – коэффициент учитывающий фактические условия обработки

$$K_p = M_{кр} = \left(\frac{HB}{190}\right)^{0,6}$$

Примем твердость нашего материала $HB=255$

$$K_p = M_{кр} = \left(\frac{255}{190}\right)^{0,6} = 1,2$$

$$M_{кр} = 100,021 * 7^2 * 0,56^{0,8} * 1,2 = 7,8 \text{ Н*м}$$

3.2.3.2 Рассчитываем необходимое усилие зажима

$$W = Q = \frac{3,8 * K * M_{кр} * (D^2 - d^2)}{f * (D^3 - d^3)}$$

W – сила закрепления

K - Коэффициент надежности закрепления заготовки определяем по формуле

$$K = K_0 * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 * K_6$$

где K_0 – гарантированный коэффициент запаса (для всех случаев),

$K_0 = 1,5$;

K_1 – коэффициент увеличения сил резания при затуплении инструмента, $K_1 = 1$;

K_2 – коэффициент увеличения сил резания из-за колебания припусков на заготовках (черновая обработка), $K_2 = 1,2$;

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

К3 – коэффициент изменения сил резания при обработке прерывистых поверхностей (обработка гладких поверхностей), К3 =1 ;

К4 – коэффициент непостоянства сил при закреплении (пневматический зажим), К4 =1 ;

К5 – коэффициент непостоянства сил зажимных устройств с ручным приводом (удобное расположение рукоятки управления), К5 =1 ;

К6 – коэффициент неопределенности мест контакта базовых поверхностей заготовок с плоскими поверхностями установочных элементов, К6 =1,5

Все значения коэффициентов принимаем по [5, табл. ПЗ.1]:

$$K = 1,5 * 1 * 1,2 * 1,2 * 1 * 1 * 1,5 = 3,24$$

Подставляя значения в формулу (37), получаем:

$$W=Q = \frac{3,8 * 3,24 * 7,8 * (32^2 * 20^2)}{0,15 * (32^3 * 20^3)} = 16Н$$

Уравнение для расчета параметров зажимного устройства принимаем по [5, стр. 1]. Уравнение силового замыкания для пневмоцилиндра определяем по формуле (39):

$$Q = \frac{W}{i * n}, \quad (8)$$

где $i = 1$ – передаточное отношение силового механизма;

$\eta = 0,95$ – коэффициент полезного действия (для механизма простой конструкции);

Q – тяговое усилие, Н. Тяговое усилие определяем по формуле (40):

$$Q = qB \cdot S, \quad (9)$$

где qB – давление воздуха в заводской воздушной магистрали, $qB = 0,4$ МПа; S – площадь рабочей части пневмоцилиндра, m^2 .

Площадь рабочей части пневмоцилиндра определяем по формуле (41):

$$S = 0,785 \cdot (D^2 - d^2) \quad (10)$$

где D – диаметр поршня пневмоцилиндра, мм;

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

d – диаметр штока пневмоцилиндра, мм.

Подставляя формулы (40) и (41) в формулу (39), выражаем диаметр поршня пневмоцилиндра D в формулу (42):

$$D = \sqrt{\frac{w}{0,785 \cdot q_B \cdot i \cdot \eta}} * d^2 \quad (11)$$

Для определения диаметра поршня пневмоцилиндра воспользуемся методом приближения (интеграции), так как диаметр штока не известен. Определяем приближенное значение диаметр поршня пневмоцилиндра D принимая $d = 0$. Подставляя значения в формулу (42), получаем:

$$D = \sqrt{\frac{16}{0,785 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 0,95}} * 0^2 = 11,8 \text{ мм}$$

Для полученного диаметра поршня по ГОСТ 6540-68 уточняем диаметр штока $d = 12$ мм.

Вернувшись к общей зависимости по формуле (42) определяем уточненное значение диаметра поршня пневмоцилиндра:

$$D = \sqrt{\frac{16}{0,785 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 0,95}} * 12^2 = 21,3 \text{ мм}$$

Окончательно, принимаем диаметр стандартного поршня по ГОСТ 6540: $D = 25$ мм

3.2.4 Расчёт приспособления на точность

При решении данной задачи определяется уравнение для расчета суммарной погрешности обработки. Из способов расчета суммарной погрешности обработки наиболее предпочтительным является вероятностный способ. Это объясняется тем, что расчеты по предельным значениям погрешностям основаны на том, что составляющие суммарной погрешности обработки одновременно имеют максимальное значение и один и тот же знак. В практике такое явление маловероятно и в расчетах используется большое количество погрешностей.

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

Зависимость для расчета суммарной погрешности обработки вероятностным способом определяем по формуле (43):

$$\Delta\Sigma = \sqrt{(k_1 \cdot \Delta_{\text{м.о.}})^2 + \Delta_{\text{с}}^2 + \Delta_{\text{и}}^2 + \Delta_{\text{изм}}^2 + \Delta_{\text{р.п.}}^2 + \Delta_{\text{о.п.}}^2 + \Delta_{\text{з.п.}}^2 + \Delta_{\text{и.п.}}^2 + \Delta_{\text{н.п.}}^2} \quad (12)$$

Первая группа – погрешности, непосредственно связанные с выполнением технологического процесса. Их определяем по формуле (44):

$$\Delta\Sigma = k_1 \cdot \Delta_{\text{м.о.}} + \Delta_{\text{с}} + \Delta_{\text{и}} + \Delta_{\text{изм}} \quad (13)$$

где k – коэффициент, учитывающий погрешности метода обработки, $k_1 = 0,5$;

$\Delta_{\text{м.о.}}$ – погрешность метода обработки (принят в зависимости от экономической точности выполнения сверление операции – 14 квалитет), $\Delta_{\text{м.о.}} = 0,3$ мм;

$\Delta_{\text{с}}$ – погрешность от неточности радиального и торцевого биения посадочных поверхностей шпинделя (принимается по паспортным данным сверлильного станка 2А135), $\Delta_{\text{с}} = 0,02$ мм;

$\Delta_{\text{и}}$ – погрешность износа режущего инструмента, $\Delta_{\text{и}} = 0,00$ мм;

$\Delta_{\text{изм}}$ – погрешность измерения (принимается в пределах 20...30% от допуска на проверяемый параметр), $\Delta_{\text{изм}} = 0,06$ мм.

Вторая группа – погрешности связанные с конструкцией станочного приспособления. Их определяем по формуле (14) :

$$\Sigma\Delta_{\text{СП}} = \Delta_{\text{р.п.}} + \Delta_{\text{б.п.}} + \Delta_{\text{з.п.}} + \Delta_{\text{и.п.}} + \Delta_{\text{н.п.}} , \quad (14)$$

где $\Delta_{\text{р.п.}}$ – погрешность пространственного положения (настройки инструмента) относительно контактных поверхностей установочных элементов (принимается как сумма погрешности отсчета координат измерительной системы и погрешности установки инструмента),

$\Delta_{\text{р.п.}} = 0,075$ мм;

$\Delta_{\text{н.п.}}$ – погрешность настройки связанная с установкой станочного приспособления на станке (принимается в пределах допуска технического требования установочного элемента станочного приспособления),

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

$\Delta_{н.п.} = 0,009$ мм;

$\Delta_{у.п.}$ – погрешность установки при базировании и закреплении заготовки в станочном приспособлении, определяем по формуле (15):

$$\Delta_{у.п.} = \sqrt{\Delta_{о.п.}^2 + \Delta_{з.п.}^2 + \Delta_{и.п.}^2} \quad (15)$$

где $\Delta_{б.п.}$ – погрешность базирования (определяется как сумма допуска на установочный элемент и гарантированного зазора между контактными поверхностями установочного элемента и заготовки), $\Delta_{б.п.} = 0,04$ мм;

$\Delta_{з.п.}$ – погрешность закрепления заготовки в станочном приспособлении (определяется исходя из характеристик базовой поверхности и вида зажимного устройства),

$\Delta_{з.п.} = 0$ мм;

$\Delta_{и.п.}$ – погрешность износа контактных поверхностей установочных элементов (при проектировании станочного приспособления на настроенных станках значение составляющей рекомендуется принимать нулю),

$\Delta_{и.п.} = 0$ мм.

Подставляя значения формул:

$$\Delta\Sigma = \sqrt{(k_1 \cdot \Delta_{м.о.})^2 + \Delta_c^2 + \Delta_{и.п.}^2 + \Delta_{изм.п.}^2 + \Delta_{р.п.}^2 + \Delta_{о.п.}^2 + \Delta_{з.п.}^2 + \Delta_{и.п.}^2 + \Delta_{н.п.}^2} = \text{мм}$$

Условие достижения точности обработки заготовки в станочном приспособлении обеспечивается, так как выполняется основное условие:

$$\Delta\Sigma < T,$$

$$0,184 \text{ мм} < 0,30 \text{ мм}.$$

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

Этап V. Результаты разработки конструкции СП.

Цель этапа – разработать конструкцию СП на основе чертежно-конструкторской документации.

Стадия 1-2. Результаты определения уровня разработки конструкции СП. При решении этой задачи необходимо из множества уровней разработки конструкции СП выбрать тот вариант, который в наибольшей степени отвечает требованиям производства.

Для рассматриваемого примера было принято решение о разработке конструкции СП на уровне чертежно-конструкторской документации чертежа и спецификации.

3.2.5. Описание принципа работы СП

Данное станочное приспособление работает в следующем порядке:

Заготовка, при помощи схвата промышленного робота подымается со стола хранения и разворачивается в горизонтальное положение. Далее заготовка упирается в утопающий передний центр и поджимется задним центром до упора.

После этого в пневмопривод подаётся сжатый воздух, перемещая поршень влево. Усилие от поршня передаётся через тягу на клинорычажный механизм корпуса патрона, который в свою очередь сообщает движение кулачкам, зажимая при этом заготовку.

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

3.3 Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента

Основные поверхности детали обрабатываются путем точения, и зубофрезерования. Деталь с обозначенными поверхностями представлена на рисунке 1

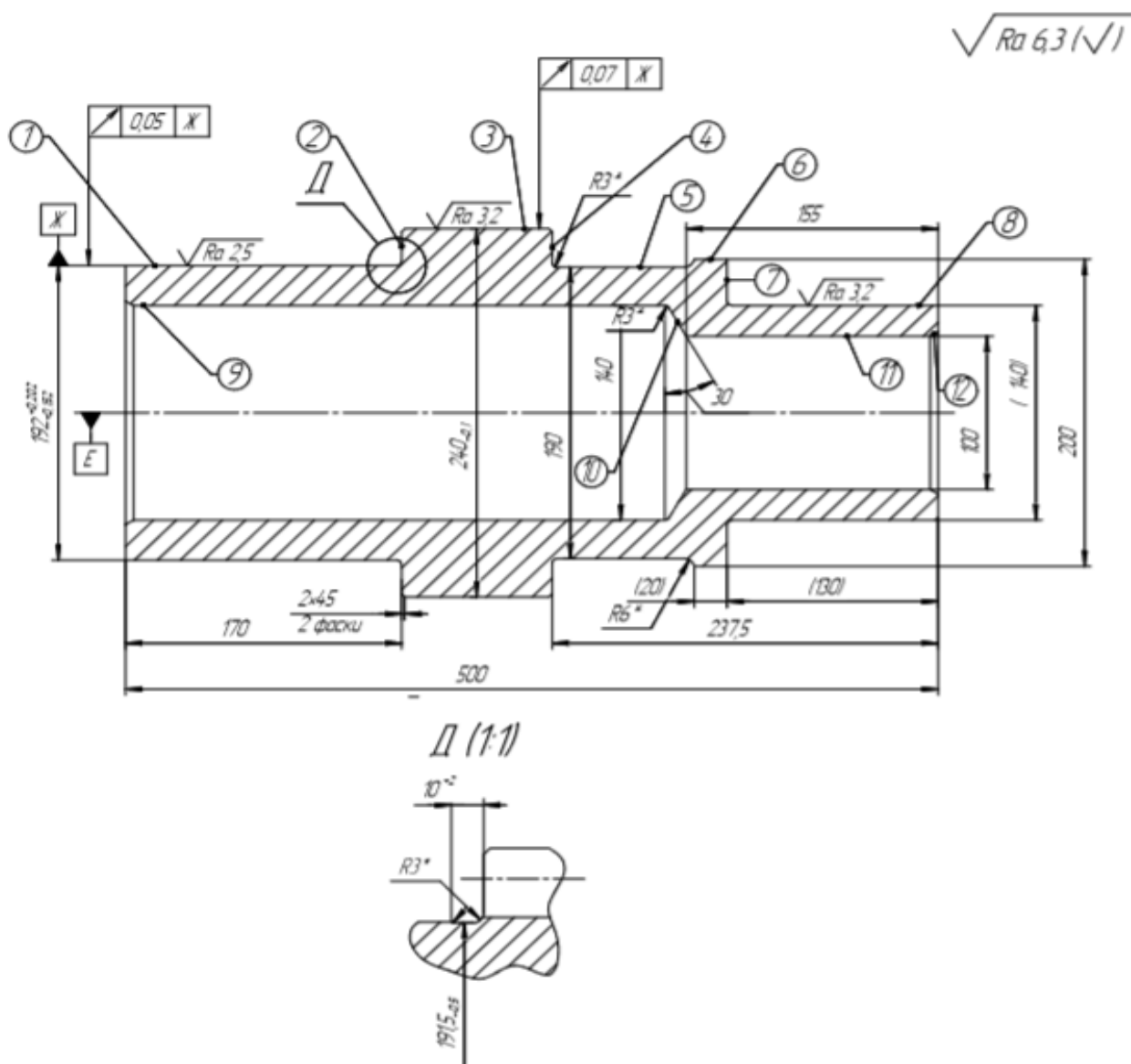


Рисунок 55 – Деталь с обозначенными поверхностями

Выбор токарного резца для обработки поверхности 5,2,6,1, проводим по следующей методике:

1. Вид обрабатываемой поверхности – цилиндрическая, требования по шероховатости – Ra6,3

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

2. Тип выполняемой операции – внутреннее растачивание отверстия
3. Производится черновая обработка
4. Группа резания сталь (P) синий
5. Система крепления пластины К – для прерывистого резания при черновой обработке
6. Типоразмера державки L
7. Выбор геометрии пластины и марки материала режущих пластин:
 - Выбор заднего угла СМП: $\alpha = 7$
 - Форма передней поверхности : геометрия С где (Форма пластины)
 - $t = (0.15-2)$ мм $S_0 = (0.08-0.27)$ мм/г
 - Марка сплава GC4205, так как он наиболее универсален и подходит для большинства операций
 - Для чернового точения выбираем пластину с радиусом при вершине 0,8 мм

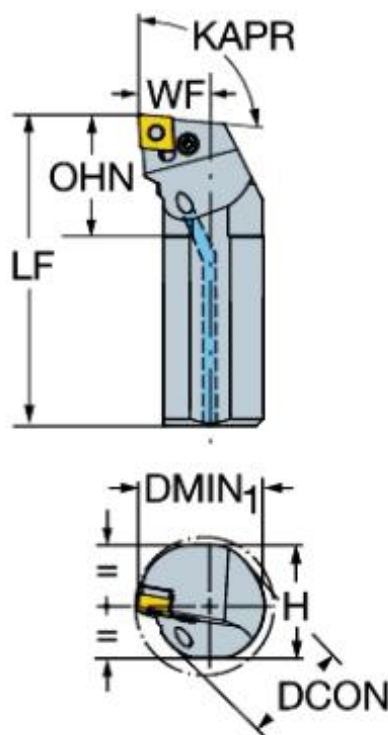


Рисунок 56 – Резец SANDVIK A32U-PCLNR 16 (KAPR=95°; WF=35 мм; OHN=200 мм; LF=350 мм; DMIN1=32 мм; H=30 мм; DCON= 32 мм.)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

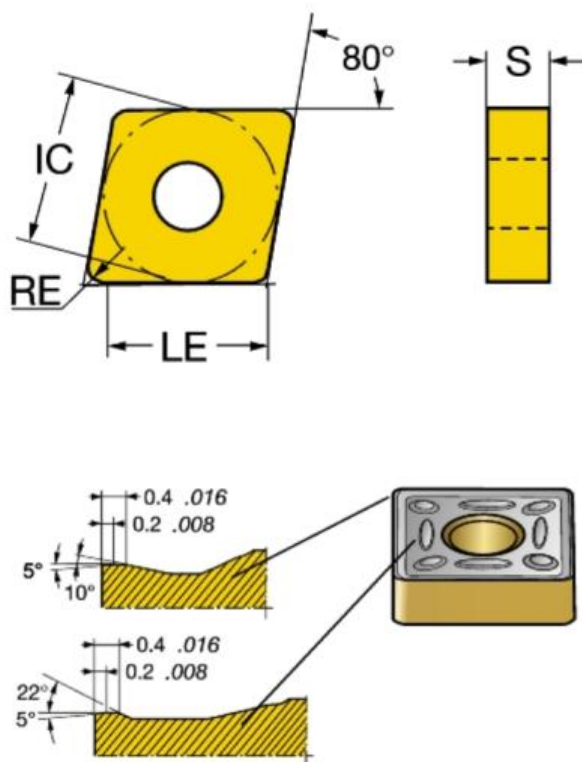


Рисунок 57 –Пластина SANDVIK CNMG 16 06 12-NM 4335 (IC=15,875 мм;
LE=14,92 мм; RE=1,191 мм; S=6,35 мм.)

Расшифровка державки:

- 1) А – стальная оправка с внутренним подводом СОЖ;
- 2) 50 – диаметр оправки;
- 3) Р – система крепления (прижим рычагом за отверстие);
- 4) С – форма пластины : ромбическая с углом 80° ;
- 5) Тип державки – круглая;
- 6)-L – исполнение инструмента (левый);
- 9) Главный угол в плане $\varphi=95^{\circ}$;
- 10) Передний угол $\gamma=5^{\circ}$;
- 11) Задний угол $\alpha=7^{\circ}$;
- 12) Длина режущей части 16 мм.

Расшифровка пластины:

- 1) С – форма пластины (ромб 80°);
- 2) С – задний угол (7°);

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР

Лист

78

- 3) G – допуск (± 0.13);
- 4) T – тип пластины (с отверстием, форма отверстия цилиндрическая ,стружколом – с двух сторон);
- 5) 16 – размеры пластины (16x16 мм);
- 6) T3 – толщина пластины (3.97мм);
- 7) 08 – радиус при вершине (0.4);
- 8) 4335 – код материала.

Для обработки поверхности 5, 2, 6, 1, выбираем расточной чистовой резец с СМП марка SANDVIK A32U-PDUNL15HP изображенная на рисунке 4. И пластину SANDVIK DCMT 11 T3 04-KM 3225 изображенная на рисунке 5.

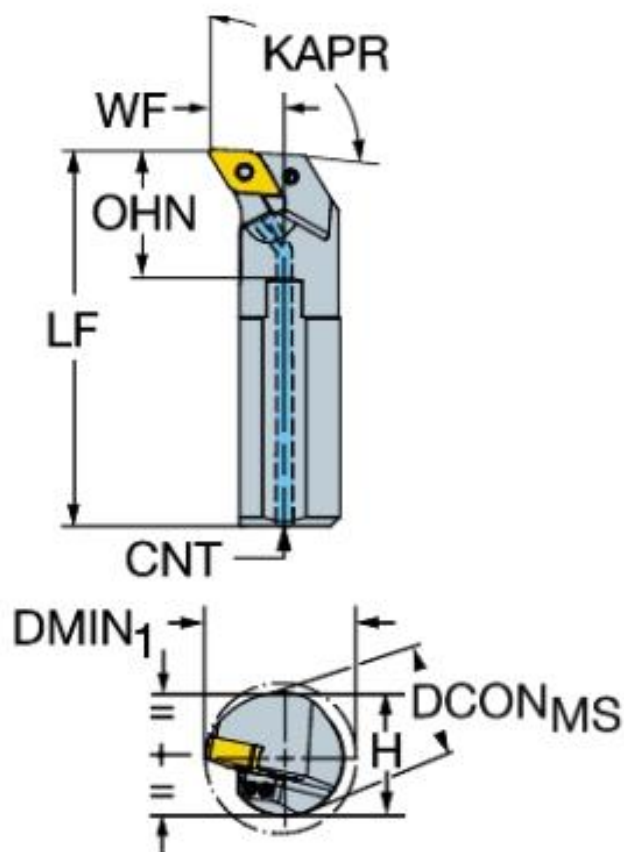


Рисунок 58 – Резец SANDVIK A32U-PDUNL15HP (WF=35 мм; LF=350 мм; DCON=32 мм; H=30 мм;)

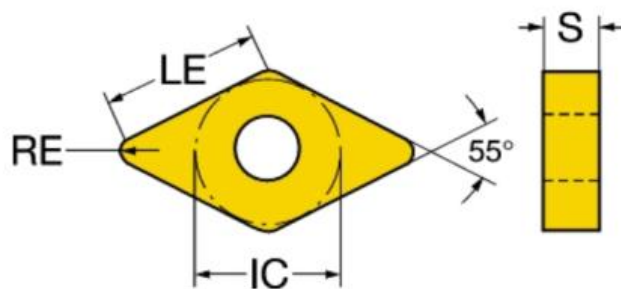


Рисунок 5 – Пластина SANDVIK DNMG 15 06 08-MR 4335 (LE=14,704 мм;
IC=12,7; RE=0,794 мм; S=6,35 мм)

Для обработки поверхности 3, выбираем смп марки SANDVIK DCLNL 2525 P 12 изображенная на рисунке 6., и пластину SANDVIK CNMG 12 04 04-MF 4335 изображенная на рисунке 7.

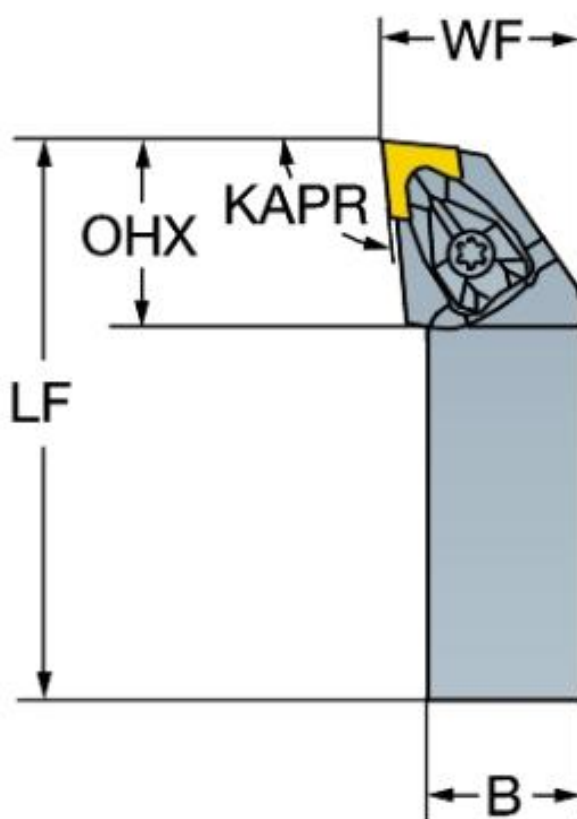


Рисунок 6 – Резец SANDVIK DCLNL 2525P 12 (WF=17; LU=74 LF=90 B=25
KAPR=95)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

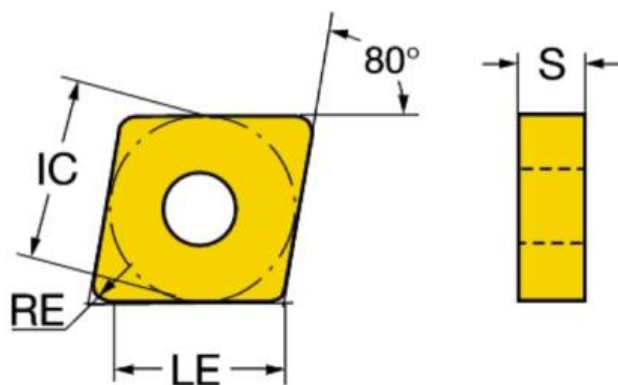


Рисунок 7 – Пластина SANDVIK CCMT 12 04 04-WM 3210 (LE=12,5 IC=12,7
S=4,7 RE=0,4)

Для обработки поверхности 3, выбираем чистовой внутренней расточки выбираем резец СМП марка SANDVIK DDJNL 2525P 11 изображенная на рисунке 8. И пластину SANDVIK DCMT 11 T3 04-KF 3210 изображенная на рисунке 9.

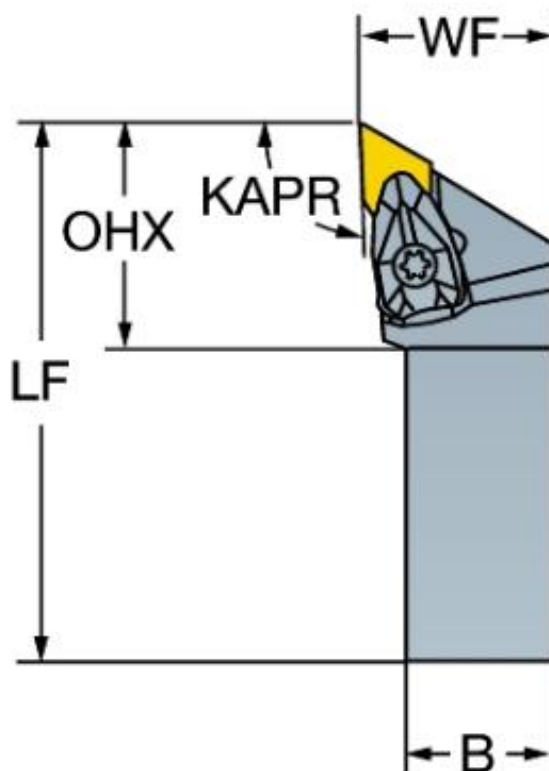


Рисунок 8 – Резец SANDVIK DDJNL 2525P 11 (WF=40 OHX=30,1 LF=170
KAPR=930 B=25)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

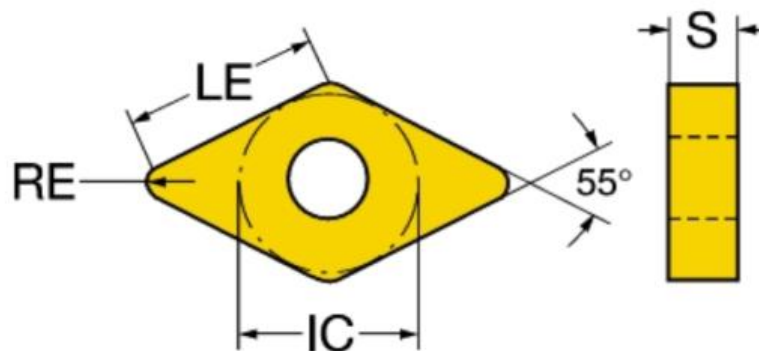


Рисунок 9 – Пластина SANDVIK DNMG 11 04 12-PM 4335 (LE=10.5 IC=9.5
S=4.7 RE=1,2)

Для обработки поверхности 8, выбираем резец канавочный с СМП SANDVIK QS-RF123H25C2525E изображённый на рисунке 10, и пластину SANDVIK N123H1-0400-0004-TF 4325 GC4235, изображенная на рисунке 11.

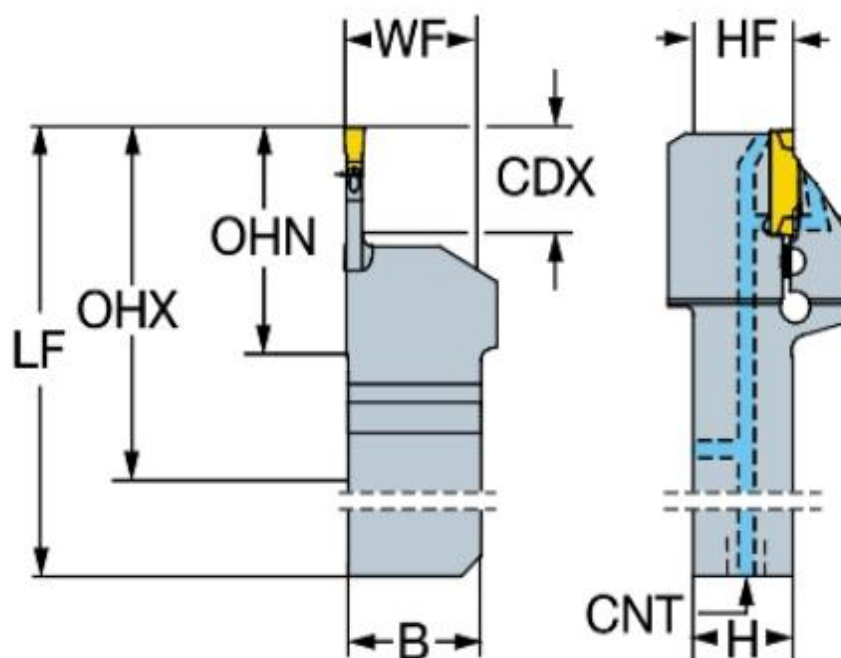


Рисунок 10 – Резец SANDVIK SANDVIK QS-RF123H25 C2525E (WF=20,5
OHX=30,1 LF=109 B=25 OHN=40 CDX=20 H=25 CNT= G 1/8-28)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

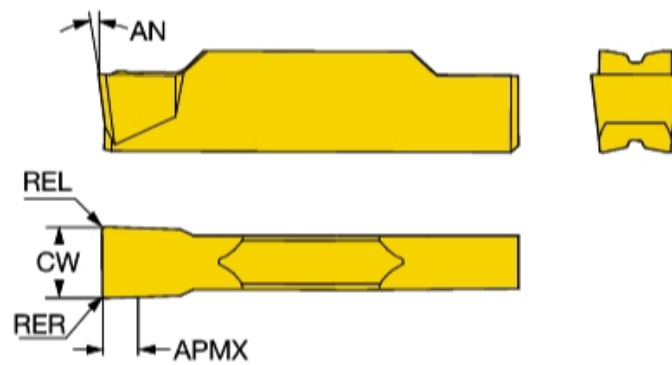


Рисунок 11 – Пластина SANDVIK N123H1-0400-0004-TF 4325 (CW=4 AN= 70 REL=0.4 RER=0.4 APMX=2.2)

3.4 Проектирование и расчёт специального режущего инструмента

Зубчатый венец, изображённый на рабочем чертеже детали, имеет эвольвентный профиль формы зуба.

Перечислим основные параметры и технические требования предъявляемые к зубчатому венцу:

- 1) Модуль $m=10$ мм;
- 2) Число зубьев $z=22$;
- 3) Угол наклона зубьев $\beta=0^0$;
- 4) Угол профиля исходного контура $\alpha=20^0$;
- 5) Коэффициент смещения инструмента $x=0$;
- 6) Диаметр вершин зубьев $d_a=240_{-0,1}$ мм;
- 7) Делительный диаметр зубьев $d=220$ мм;
- 8) Диаметр основной окружности $d_b=206,8$ мм;
- 9) Диаметр впадин $d_f=195$ мм;
- 10) Нормальный исходный контур по ГОСТ 13755-81;
- 11) Степень точности 8–С по ГОСТ 1643-81;

- 12) Постоянная хорда зуба $S_c=13,871_{-0,24}^{-0,1}$ мм;
- 13) Высота до постоянной хорды $h_c=7,48$ мм;
- 14) Длина общей нормали $W=76,885_{-0,208}^{-0,118}$ мм;
- 15) Допуск на колебание длинны общей нормали $F_{vw}=0,05$ мм;
- 16) Допуск радиального биения вершин зубьев $0,07$ мм;
- 17) Допуск радиального биения делительной окружности $0,05$ мм;
- 18) Шероховатость вершин зубьев $\sqrt{Ra} 3,2$ мкм;
- 19) Шероховатость боковых поверхностей зубьев $\sqrt{Ra} 6,3$ мкм;
- 20) Твёрдость зубьев 18...22 HRC (нормализация).

Учтя требования чертежа и особенности технологического процесса нарезания зубьев в серийном производстве, выбираем способ получения поверхности зубьев по методу обката. Данный способ можно реализовать с помощью различных режущих инструментов (долбяки, гребёнки, червячные фрезы, и.т.д.).

Конкретно для данной детали, исходя из требований по удобству нарезания и высокой производительности обработки, наиболее целесообразно использовать фрезу червячную, модульную.

Согласно рекомендациям [5,6], с учётом требований чертежа, будем производить нарезание зубьев, сначала черновой, а затем после термообработки, чистовой фрезой.

По согласованию с преподавателем, на проектирование, выбираем фрезу червячную модульную, для чистовой (окончательной) обработки зубьев.

Определяем геометрические и конструктивные параметры фрезы

Согласно ГОСТ 9424-80, стандартные червячные зуборезные фрезы изготавливаются шести классов точности: ААА; АА; А; В; С; Д. Фрезы общего

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
						84
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

назначения класса А – 8 степени, класса В – 9, класса С – 10 и класса D – 11 степени точности. В нашем случае выбираем фрезу класса точности А.

ГОСТ 9324-80 устанавливает три типа фрез: тип 1 – цельные фрезы повышенной точности классов ААА, АА; тип 2 – цельные фрезы общего назначения классов точности А, В, С и D нормальной и увеличенной длины; тип 3 – сборной конструкции классов точности АА, А, В, С и D нормальных и уменьшенных габаритных размеров. В нашем случае выбираем 2 тип фрезы.

Червячные фрезы, как правило, изготавливаются либо с архимедовым, либо с конволюнтным типом червяка. Так как архимедов червяк в наибольшей степени приближается к эвольвенте, то для чистовой фрезы рекомендуется применять его.

Расчёт червячной фрезы, согласно рекомендациям [3] произведём в несколько этапов:

I. Расчёт параметров исходного производящего червяка фрезы

1. Нормальный угол профиля $\alpha_{n0} = \alpha = 20^\circ$;
2. Число витков производящего червяка $z_0 = 1$;
3. Делительный угол подъёма витков производящего червяка $\gamma_0 = 5^\circ$;
4. Высота делительной головки витка производящего червяка (зуба фрезы)

$$h_{a0} = m_n(h_a^* + c^*) = 10(1 + 0,25) = 10 \cdot 1,25 = 12,5 \text{ мм};$$

5. Высота витка производящего червяка (зуба фрезы)

$$h_0 = h_1 + 0,3m_n = 22,5 + 0,3 \cdot 10 = 25,5 \text{ мм};$$

6. Делительный диаметр производящего червяка (фрезы) расчётный

$$d'_0 = \frac{m_n z_0}{\sin \gamma_0} = \frac{10 \cdot 1}{\sin 5^\circ} = 114,737 \text{ мм};$$

7. Диаметр поверхности вершин производящего червяка (фрезы)

$$d_{a0} = d'_0 + 2h_{a0} = 114,737 + 2 \cdot 12,5 = 139,737 \text{ мм};$$

Диаметр поверхности вершин округляем до величины кратной 0,5 мм.

$$d_{a0} \approx 140 \text{ мм};$$

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

8. Действительный делительный диаметр производящего червяка (фрезы)

$$d_0 = d_{a0} - 2h_{a0} = 140 - 2 \cdot 12,5 = 115 \text{ мм};$$

9. Делительный угол подъёма витков исходного производящего червяка
уточнённый

$$\gamma_0 = \arcsin\left(\frac{m_n z_0}{d_0}\right) = \arcsin\left(\frac{10 \cdot 1}{115}\right) = 4,989^\circ$$

10. Нормальный шаг исходного производящего червяка (фрезы)

$$P_{n0} = P_{n1} = \pi m_n = 3,1416 \cdot 10 = 31,416 \text{ мм};$$

11. Осевой шаг производящего червяка (фрезы)

$$P_{x0} = \frac{P_{n0}}{\cos \gamma_0} = \frac{31,416}{\cos 4,989^\circ} = 31,535 \text{ мм};$$

12. Ход витков производящего червяка (фрезы)

$$P_{z0} = P_{x0} \cdot z_0 = 31,535 \cdot 1 = 31,535 \text{ мм};$$

II Расчёт параметров профиля зуба фрезы

13. Нормальная делительная толщина зуба

$$S_{n0} = 0,5P_{n0} + \Delta S = 0,5 \cdot 31,416 + 0,102 = 15,810 \text{ мм};$$

14. Осевая делительная толщина зуба

$$S_{x0} = \frac{S_{n0}}{\cos \gamma_0} = \frac{15,810}{\cos 4,989^\circ} = 15,870 \text{ мм};$$

15. Угол профиля на окружности вершин

$$\alpha_{ta1} = \arccos\left(\frac{d_{b1}}{d_{a1}}\right) = \arccos\left(\frac{206,8}{240}\right) = 30,496^\circ$$

16. Толщина зуба колеса на окружности вершин

$$\begin{aligned} S_{ta1} &= d_{a1} \left(\frac{0,5\pi + 2x_1 \operatorname{tg} \alpha}{z_1} + \operatorname{inv} \alpha_t - \operatorname{inv} \alpha_{a1} \right) = \\ &= 240 \cdot \left(\frac{0,5 \cdot 3,1416 + 2 \cdot 0 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ}{22} + 0,014904 - 0,056720 \right) = 7,1 \text{ мм}; \end{aligned}$$

III Расчёт параметров режущей части фрезы

17. Число зубьев фрезы

$$z = \frac{2,6b\pi}{\varphi} = \frac{2,6 \cdot 1 \cdot 3,1416}{0,8726} = 9,360 \approx 10;$$

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

$$\varphi = \arccos\left(\frac{d_{a0} - 2h_1}{d_{a0}}\right) = \arccos\left(\frac{140 - 2 \cdot 22,5}{140}\right) = 0,8726 \text{ рад};$$

18. Задний угол на вершине зуба $\delta_a = 10^\circ$;

19. Величина первого затылования

$$k_1 = \frac{\pi d_{a0} \operatorname{tg} \delta_a}{z} = \frac{3,1416 \cdot 140 \cdot \operatorname{tg} 10^\circ}{10} = 7,755 \text{ мм} \approx 8 \text{ мм};$$

Величина второго затылования $k_2 = 1,5 \cdot k_1 = 1,5 \cdot 8 = 12 \text{ мм}$;

20. Действительный задний угол при вершине зуба

$$\delta_a = \operatorname{arctg}\left(\frac{k_1 z}{\pi d_{a0}}\right) = \operatorname{arctg}\left(\frac{8 \cdot 10}{3,1416 \cdot 140}\right) = 10,309^\circ$$

21. Диаметр расчётный начальной поверхности винтовых стружечных канавок

$$d_{\text{рас}} = d_{a0} - 2h_{a0} - 2\sigma k_1 = 140 - 2 \cdot 12,5 - 2 \cdot 0,1 \cdot 8 = 113,4 \text{ мм};$$

22. Угол наклона стружечных канавок

$$\omega = \operatorname{arctg}\left(\frac{m_n z_0}{d_{\text{рас}} \cos \gamma_0}\right) = \operatorname{arctg}\left(\frac{10 \cdot 1}{113,4 \cdot \cos 4,989^\circ}\right) = 5,059^\circ$$

23. Шаг винтовых стружечных канавок

$$T = \frac{P_{z0}}{\operatorname{tg}^2 \omega} = \frac{31,535}{\operatorname{tg}^2 5,059^\circ} = 4024 \text{ мм};$$

24. Осевой угол профиля

$$\alpha_{x0L(R)} = \operatorname{arcctg}\left(\operatorname{ctg} \alpha_0 \cos \gamma_0 - \frac{k_1 z_0}{T}\right) = 20,083^\circ$$

25. Радиус закругления профиля вершины зуба фрезы

$$\rho_{a0} = \frac{0,25 m_n}{1 - \sin \alpha_0} = \frac{0,25 \cdot 10}{1 - \sin 20^\circ} = 3,8 \text{ мм};$$

26. Радиус закругления профиля ножки зуба фрезы

$$P_{f0} = 0,3 m_n = 0,3 \cdot 10 = 3 \text{ мм};$$

27. Высота зуба фрезы

$$H = h_0 + 0,5(k_1 + k_2) + r = 25,5 + 0,5(8 + 12) + 2,5 = 38 \text{ мм};$$

28. Диаметр посадочного отверстия фрезы

выбираем по ГОСТ 9472-90 $d_{\text{отв}} = 40 \text{ мм}$;

29. Диаметр выточки в отверстии фрезы $d_1 = 1,05 d_{\text{отв}} = 42 \text{ мм}$;

									Лист
									87
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР				

30. Диаметр буртиков фрезы $D_6 = 62$ мм;

31. Длина нарезанной части фрезы

$$l_{\phi} = \left(\frac{h_1}{2 \operatorname{tg} \alpha_0} \right) + \sqrt{(d_{a1} - h_1)h_1} + (n + 1)P_{x0} = 30,9 + 51,4 + 126,1 = 208,4 \text{ мм};$$

32. Длина фрезы $L = l_{\phi} + 2l_6 = 208,4 + 2 \cdot 5 = 218,4 \approx 218$ мм;

33. Угол профиля стружечной канавки принимаем $\varepsilon = 22^\circ$.

3.5 Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях

технического контроля

3.5.1 Выбор модели КИМ и средств оснащения

Координатно-измерительные машины позволяют определить геометрические параметры, точностные характеристики и построить математическую модель формы контролируемого изделия. Основными критериями для выбора определённой модели координатно-измерительной машины являются:

- 1) Размеры рабочей зоны;
- 2) Точность измерения;
- 3) Система координат.

Исходя из формы детали «Вал манипулятора гидравлического» наиболее удобно применение координатно-измерительной машины с прямоугольной системой координат. Деталь в приспособлении имеет следующие габариты: 640x430x430 мм. По этим данным были подобраны 3 координатно-измерительные машины.

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

Таблица 7 – Основные технические характеристики

Характеристика	DEA Global Classic	Carl Zeiss Contura G2	Wenzel XOrbit 55
Максимально-допустимый диапазон измерений по осям X/Y/Z, мм	500/700/500	700/700/600	500/700/500
Погрешность линейного измерения МРЕ _Р , мкм	1,9	1,8	2,5
Погрешность линейного измерения МРЕ _Е , мкм	1,9+L/300	1,8 + L/300	2,7 + L/300
Максимальная скорость сканирования, мм/с	200	200	300
Повторяемость позиционирования в одной точке, мкм	1,9	1,6	-

Для проверки обеспечения точности измерений необходимо рассчитать погрешность по формуле МРЕ_Е для линейного и диаметрального параметров, а также для отклонения расположения. Наиболее точные параметры у детали соответственно: $\varnothing 140f9$, $\varnothing 192t8$ и допуск формы 0,006 мм.

$$\Delta_{1l} = \pm \left(1,9 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left(1,9 + \frac{57}{300} \right) = \pm 2,09 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{1\varnothing} = \pm \left(1,9 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left(1,9 + \frac{92}{300} \right) = \pm 2,21 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{1\perp} = \pm \left(1,9 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left(1,9 + \frac{96}{300} \right) = \pm 2,22 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{2l} = \pm \left(1,8 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left(1,8 + \frac{57}{300} \right) = \pm 1,99 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{2\varnothing} = \pm \left(1,8 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left(1,8 + \frac{92}{300} \right) = \pm 2,11 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{2\perp} = \pm \left(1,8 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left(1,8 + \frac{96}{300} \right) = \pm 2,12 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{3l} = \pm \left(2,7 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left(2,7 + \frac{57}{300} \right) = \pm 2,89 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{3\varnothing} = \pm \left(2,7 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left(2,7 + \frac{92}{300} \right) = \pm 3,01 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{3\perp} = \pm \left(2,7 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left(2,7 + \frac{96}{300} \right) = \pm 3,02 \text{ мкм};$$

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

Координатно-измерительная машина считается пригодной для измерения, если погрешность линейного измерения составляет не более 20% от допуска на измеряемый параметр:

$$\frac{\Delta_{1\text{изм}}}{T} = \frac{4,42}{35} \cdot 100\% = 12,6\%;$$

$$\frac{\Delta_{2\text{изм}}}{T} = \frac{4,22}{35} \cdot 100\% = 12\%;$$

$$\frac{\Delta_{3\text{изм}}}{T} = \frac{6,04}{35} \cdot 100\% = 17,3\%.$$

Так как ни одно из отношений не превышает 20%, то можем сделать вывод, что все выбранные КИМ пригодны для контроля детали, поэтому можно выбрать любую их них.

Выбираем КИМ фирмы CarlZeissConturaG2 (рисунок 70), так как её погрешность линейного измерения наименьшая из трёх и составляет 12% от допуска на измеряемый диаметр 192 мм по 8 качеству.



Рисунок 70 – Carl Zeiss Contura G2 7/7/6

Достоинства КИМ Carl Zeiss Contura G2:

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

- Прочность и точность Прочная конструкция машины CONTURAG2 обеспечивает точные и воспроизводимые результаты измерений;
- Пневматические подшипники, установленные на всех трех осях, гарантируют стабильность даже при высоких скоростях перемещения и ускорениях;
- Портал подвергается воздействию динамических сил, которые могут повлиять на точность, особенно в процессе сканирования. Машина CONTURA рассчитывает компенсацию для подобных инерционных воздействий;
- Технология navigator для увеличения скорости сканирования с помощью измерительной головки HEXAGON HP-S-X1;
- Версия НТГ (с высокотемпературным градиентом) обеспечивает работу в большем диапазоне температур (18-26°C) с сохранением высокого уровня точности;
- Опция НТГ включает в себя температурные датчики для детали и измерительной машины.

3.5.2 Выбор средств оснащения

Для сбора массива координат точек КИМ должна быть оснащена измерительной головкой (ИГ). В качестве ИГ можно использовать базовое оснащения КИМ фирм Zeiss (цена которого входит в стоимость КИМ, а значит не принесёт лишних затрат). Это ИГ HEXAGON HP-S-X1 (рисунок 71), технические характеристики приведены в таблице 8.

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
						91
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 8 – Технические характеристики измерительной головки VASTXT

Техническая характеристика	HEXAGON HP-S-X1
Методика оцупывания	Активная сканирующая измерительная головка
Погрешность линейного измерения, мкм	1,8+ L/300
Интенсивность измерения	до 2 с/точка; до 200т/с (методом сканирования)
Длина ИИ, макс	500 мм
Вес ИИ, макс	500 г
Мин. диаметр измерительной сферы	0,5 мм



Рисунок 71 –Измерительная головка HEXAGON HP-S-X1

Для измерения детали неповоротной головкой, необходимо подобрать конфигурацию наконечника, позволяющего опускаться в деталь на длину 58мм. По каталогу Renishaw: «Stylifor Zeiss applications» [8], подберём под резьбу М5 измерительный наконечник длиной 175мм и диаметром сферы 3,5мм.

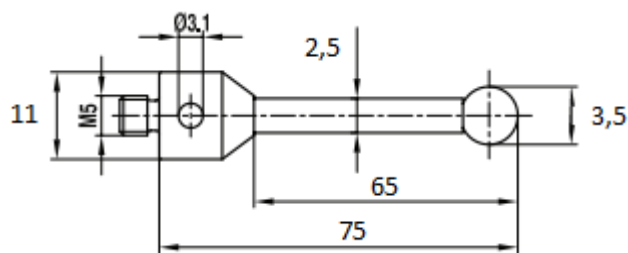


Рисунок 72 –Измерительный наконечник А-5003-7499

3.5.3 Выбор схемы установки детали

Для того, чтобы все контролируемые поверхности были доступны измерительному наконечнику КИМ за один установ детали, необходимо использовать сборное приспособление (рисунок 73).

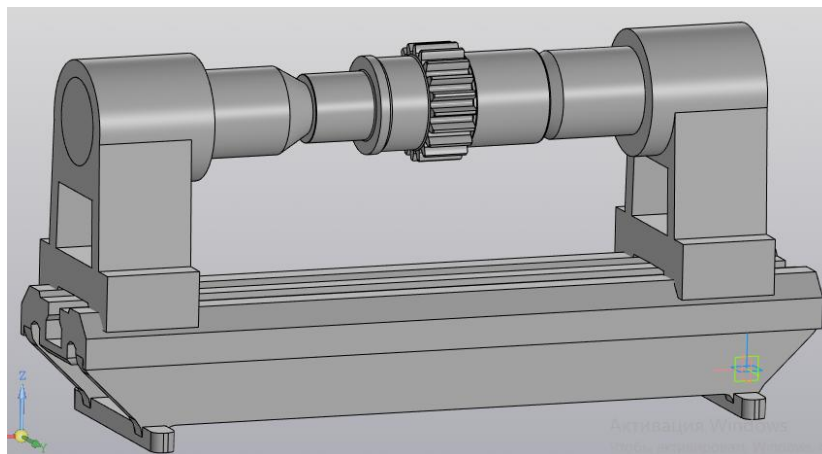


Рисунок 73 – Сборное приспособление

Приспособление состоит из стандартных частей: в качестве основания использована плита с направляющими, на которой устанавливаются передняя и задняя бабка. Деталь устанавливается в центра, по центровым фаскам.

3.5.4 Выбор схемы математического базирования детали в СКМ

Сначала деталь устанавливается в приспособление по пальцу и установочной плоскости, далее подводится к торцевому упору, для придания детали параллельности относительно пазов.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

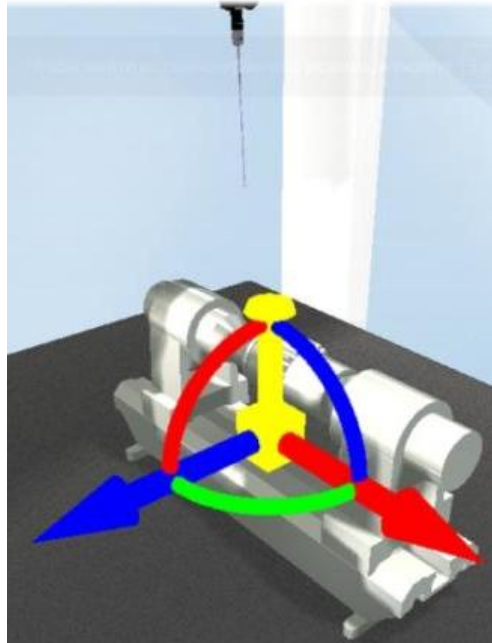


Рисунок 74 – Установка детали в приспособлении на КИМ

В качестве схемы уточняющего математического базирования детали выбрана схема по геометрическим примитивам. После выполнения математического базирования обеспечивается взаимосвязь положения СКД в СКМ (рисунок 74).

3.5.5 Построение траекторий измерения детали

Для контроля отклонений от формы и суммарных допусков формы и меторасположения, выберем цилиндрические поверхности, на которых в соответствии с табл.12 [6] проставим контрольные точки замеров (рисунок 75).

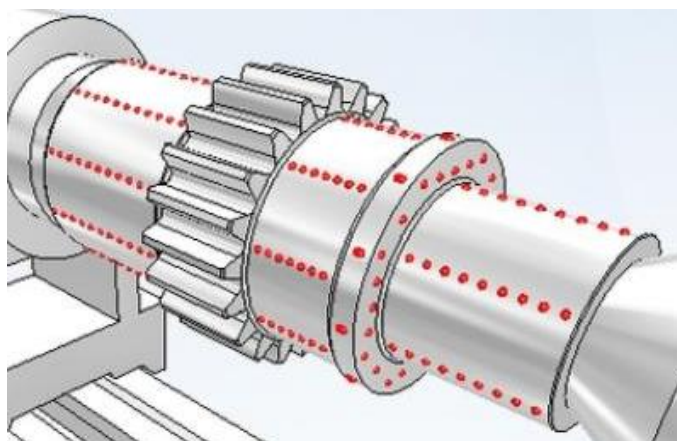


Рисунок 75 – контрольные точки на поверхностях измерения

На рисунке 76 показана стратегия поточечных измерений в ПО ТехноКоорд.

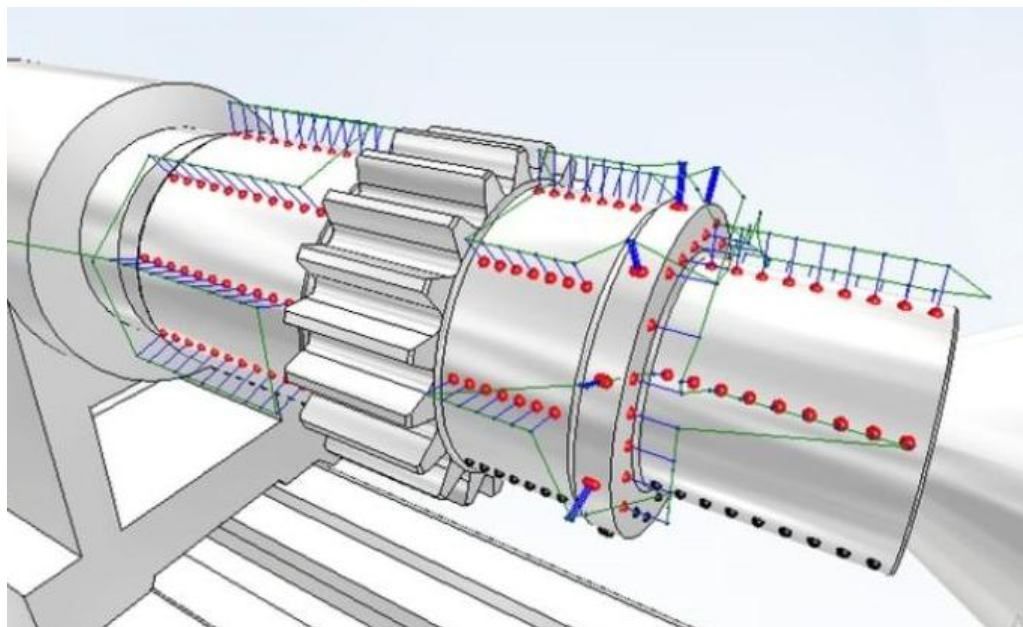


Рисунок 75 – стратегия поточесных измерений в ПО ТехноКоорд

3.6 Проектирование схвата промышленного робота

3.6.1 Выбор робота-манипулятора для автоматизации смены обрабатываемых деталей

Для загрузки и разгрузки робокаров, для снятия и установки заготовки и готовой детали на выбранный станок используем робот-манипулятор Fanuc M-710iC (рисунок 76).



Рисунок 76 – Робот-манипулятор Fanuc M-710iC

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Серия роботов FANUC M-710iC разработана для работы с грузами среднего веса от 20 до 70 кг. Компактное запястье и кисть, жесткая конструкция руки и узкая база робота делают его незаменимым для широкого ряда операций. Благодаря своей грузоподъемности роботы серии M-710iC могут применяться для перемещения грузов среднего веса, например, металлических частей или отливок.

Большая зона досягаемости (до 3 метров для версии с длинной рукой) и высочайшая в своем классе точность позиционирования позволяют применять роботов серии M-710iC для дуговой и точечной сварки, лазерной и плазменной резки, обслуживания станков, нанесения клея и герметиков.

Пневматические и электрические соединения выведены на локоть манипулятора для облегчения подключения инструментов. Таким образом, облегчается монтаж роботизированного комплекса, нивелируется возможность столкновения кабелей и шлангов с рукой манипулятора или окружением робота, а также продлевается срок их службы.

Для управления роботами серии M-710iC применяются контроллеры FANUC R-30iA и R-30iB, которые позволяют использовать многие дополнительные функции, такие как подключение дополнительных осей. Оба контроллера поддерживают множество интеллектуальных функций, таких как интегрированная система технического зрения FANUC iRVision и система защиты Double Check Safety (DCS).

Роботы FANUC серии M-710iC могут применяться для выполнения следующих задач:

- паллетизация и депаллетизация;
- упаковка продукции;
- сортировка и отбраковка продукции;
- переработка и обработка пищевых продуктов;
- дуговая и точечная сварка;
- плазменная резка;
- лазерная резка и сварка;

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		96

- гидроабразивная резка;
- полировка, зачистка, снятие заусенцев, шлифовка;
- загрузка станков и перемещение заготовок;
- обслуживание производственных линий;
- фрезерование и сверление;
- обслуживание литейных машин;
- обслуживание прессов;
- сборка;
- нанесение клея и герметиков.

Робот Fanuc M-710iC комплектуется присоединительным фланцем, эскиз и присоединительные размеры которого представлены на рисунке 77. Соответственно, схват будет комплектоваться ответным фланцем, модель которого будет разработана на стадии проектирования схвата.

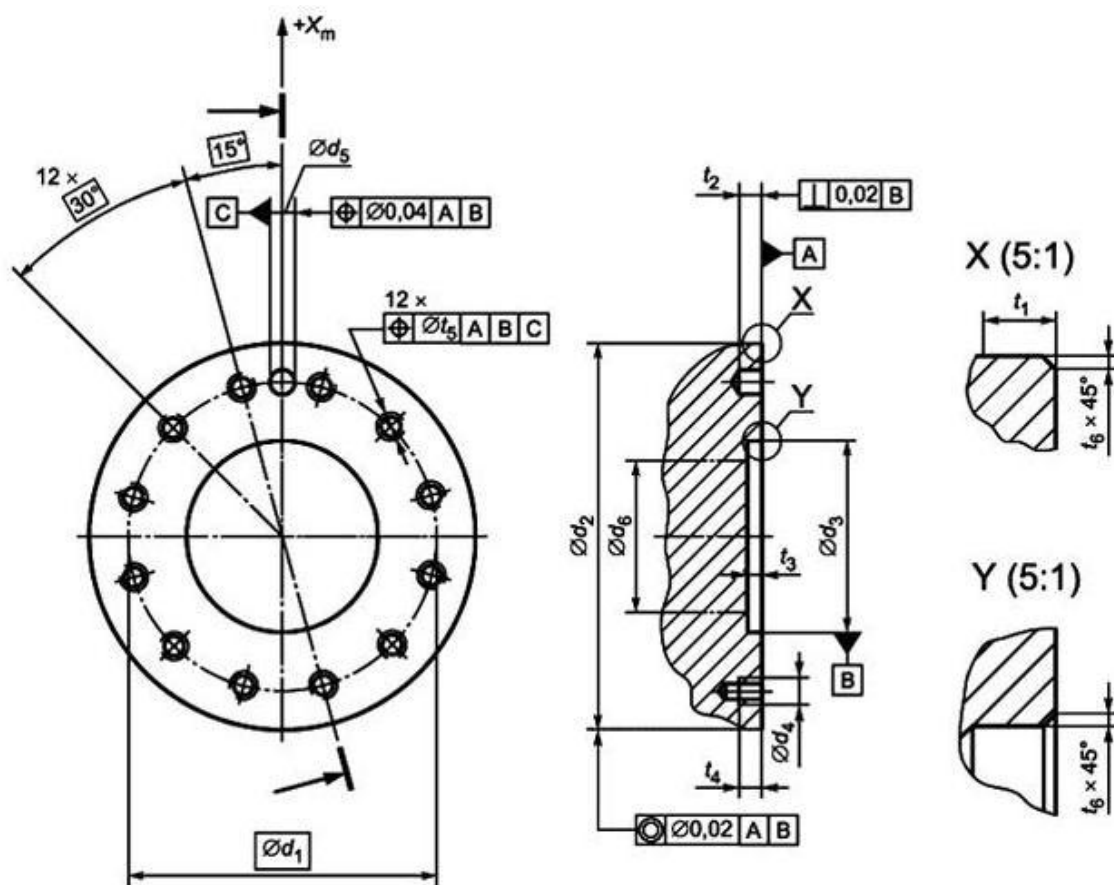


Рисунок 77 – Эскиз присоединительного фланца робота-манипулятора ($d_1 = 250$ мм)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3.6.2 Разработка 3D модели детали

Был создан файл типа «деталь» в Creo Parametric. Во фронтальной плоскости был выполнен эскиз (рисунок 78) согласно конструкторскому чертежу.

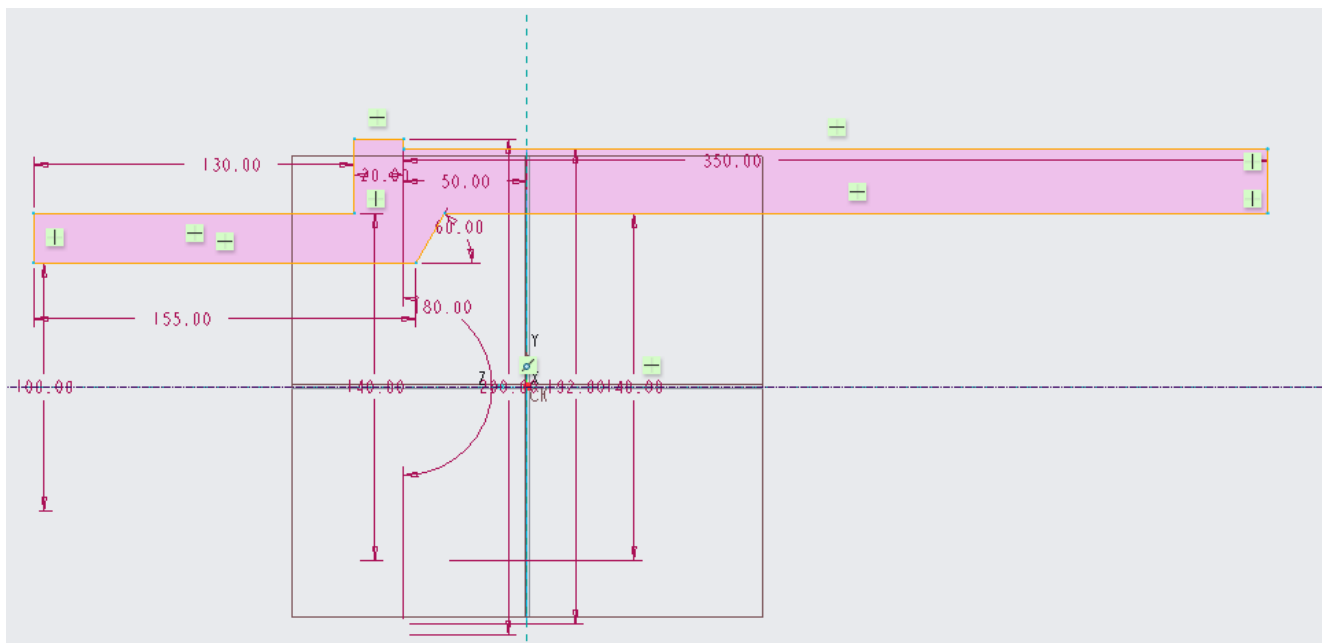


Рисунок 78 – Эскиз вала

С помощью операции «вращение» было получено твердое тело вала (рисунок 79).

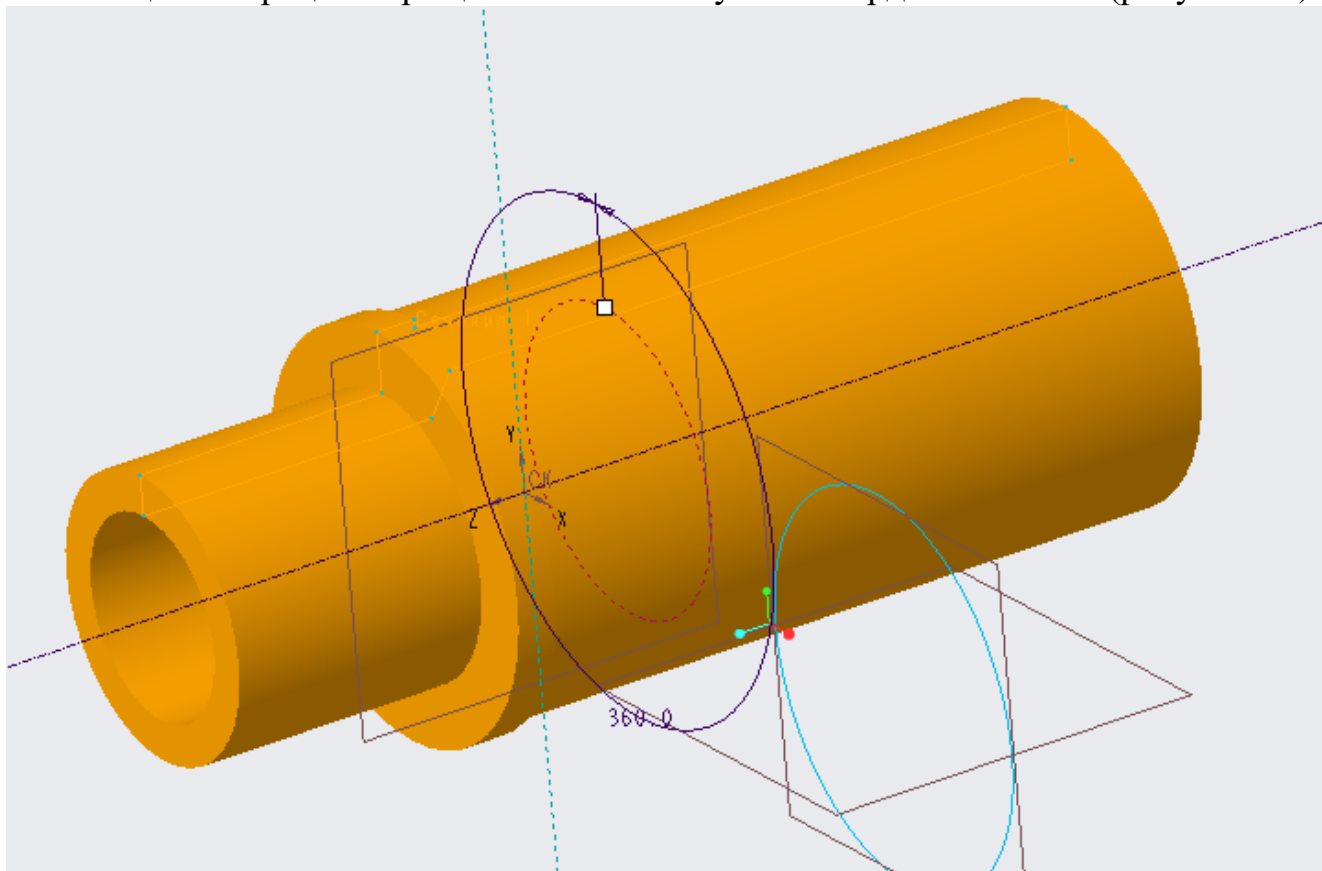


Рисунок 79 – Операция вращения

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

С помощью специальной функции были созданы фаски (рисунок 80).

Рисунок 80 – Создание фасок

Для создания эвольвентного профиля был разработан эскиз (рисунок 81) и произведено вытягивание (рисунок 82).

Рисунок 81 – Создание эскиза эвольвентного профиля

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		99

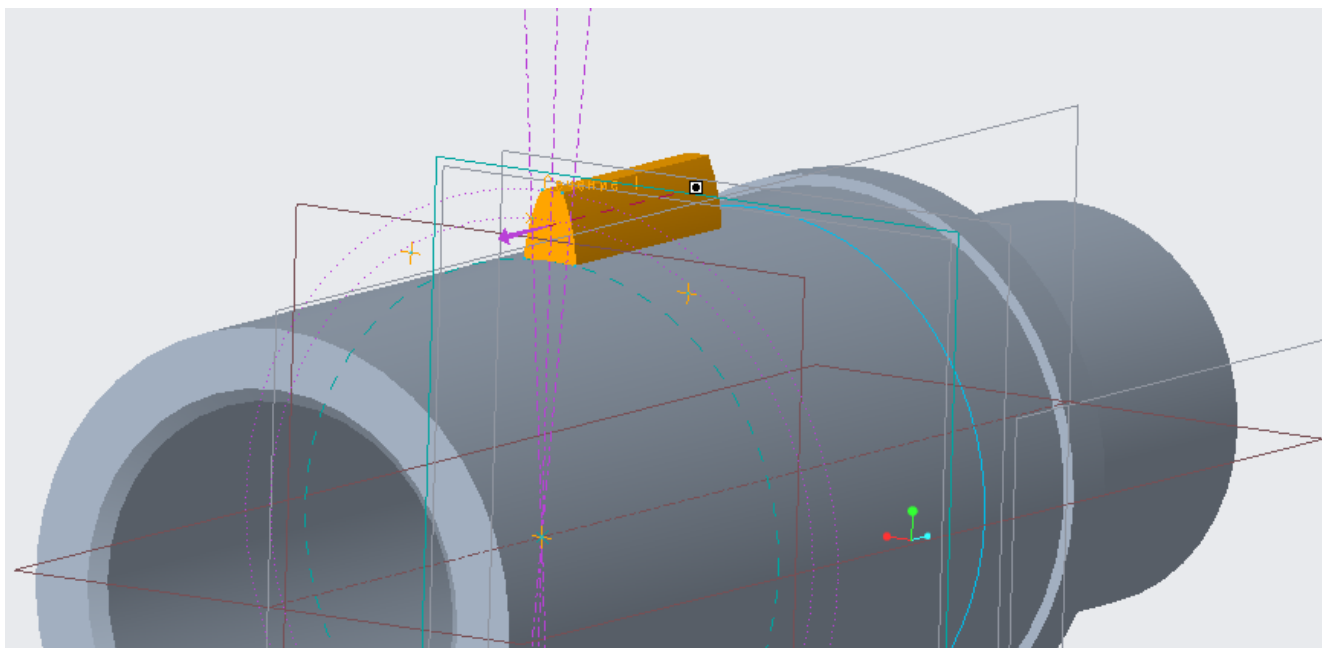


Рисунок 82– Вытягивание эвольвентного профиля

Далее был создан массив зубьев (22 шт.) (рисунок 83).

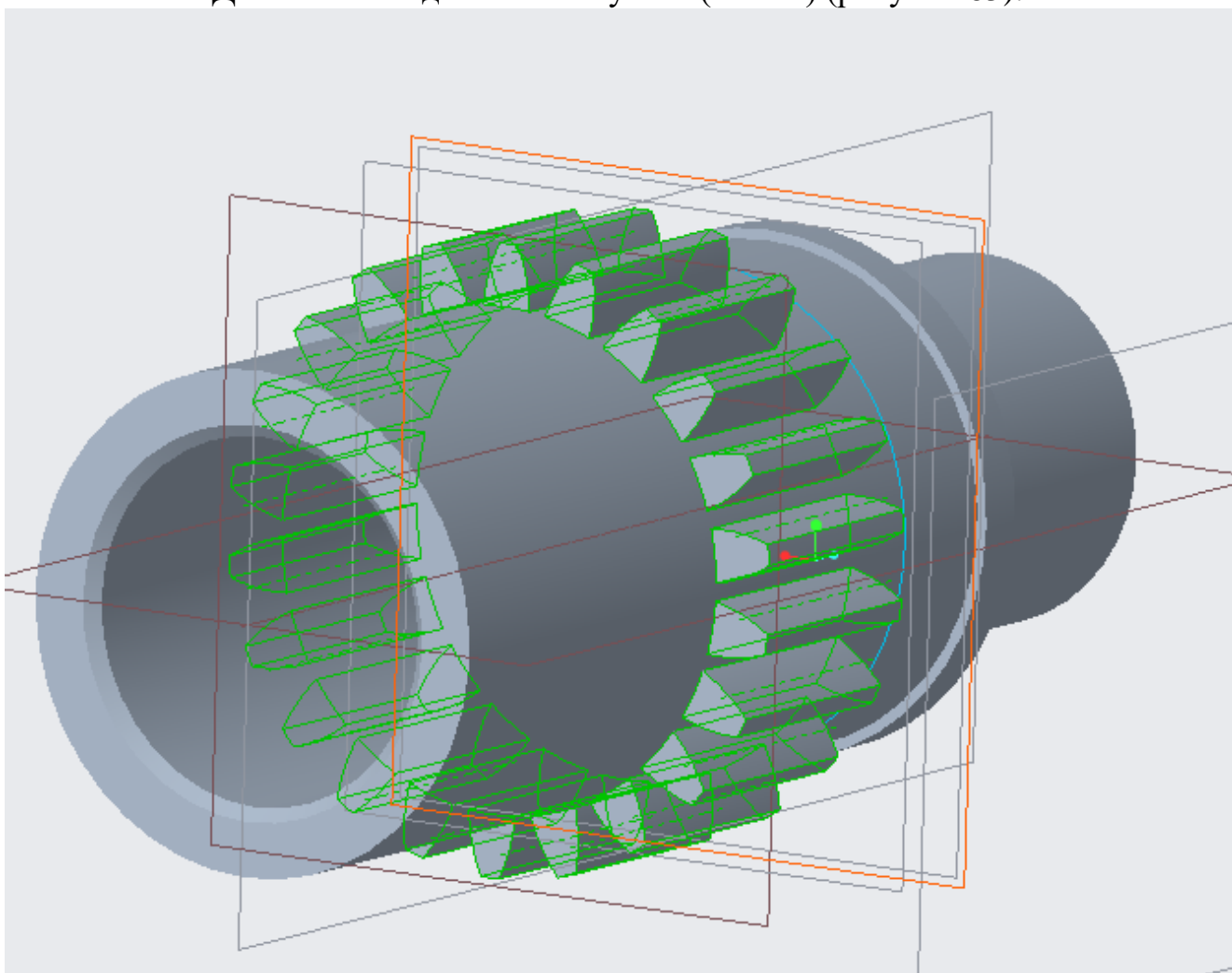


Рисунок 83 – Создание массива зубьев

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Условное изображение модели заготовки на фоне проектируемого схвата представлено на рисунке 84.

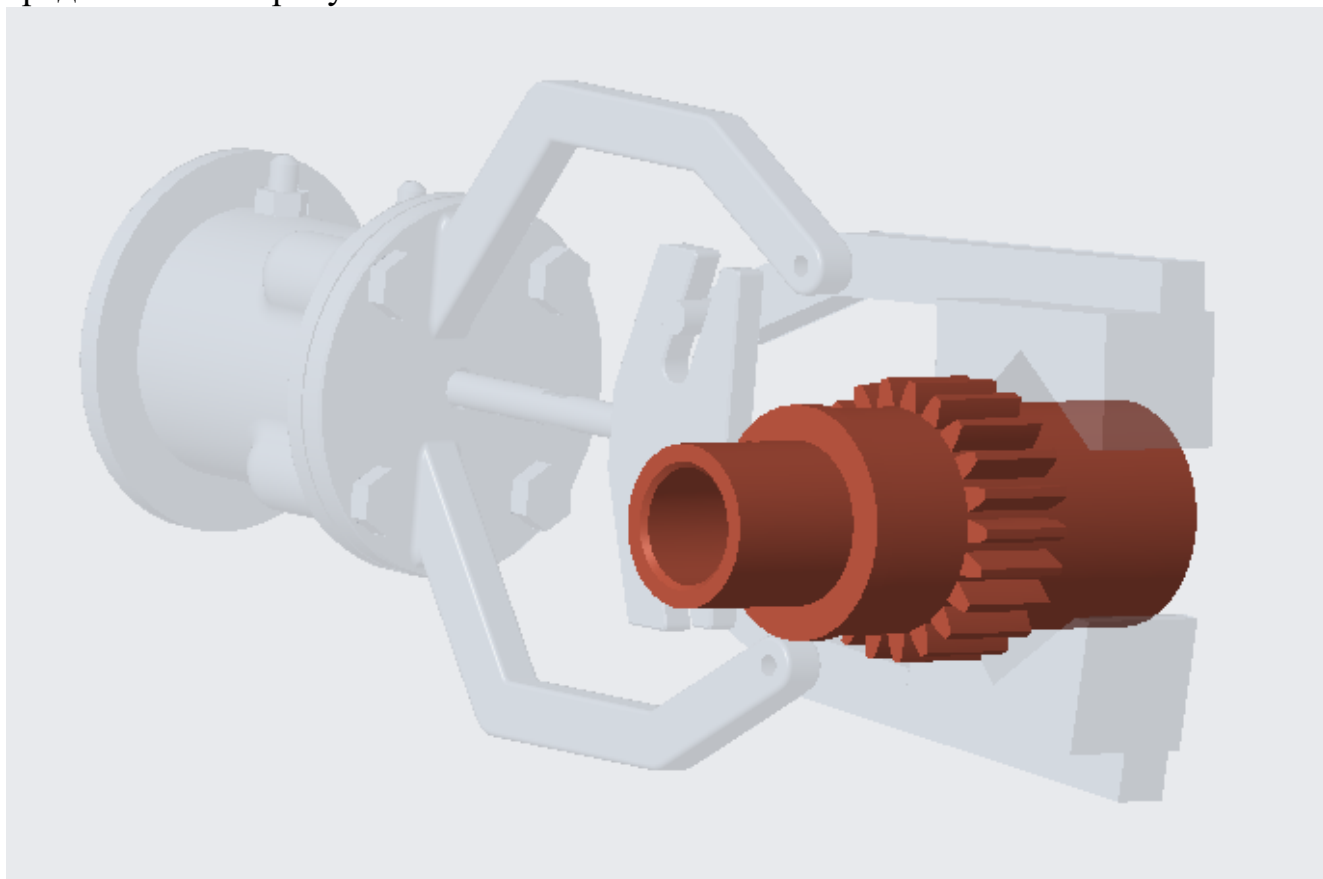


Рисунок 84 – Разработанная модель детали на фоне проектируемого схвата

3.6.3 Анализ выбранной схемы схвата

3.6.3.1 Достоинства и недостатки выбранной схемы схвата

На рисунке 85 представлена принципиальная схема механизма с указанными основными размерами.

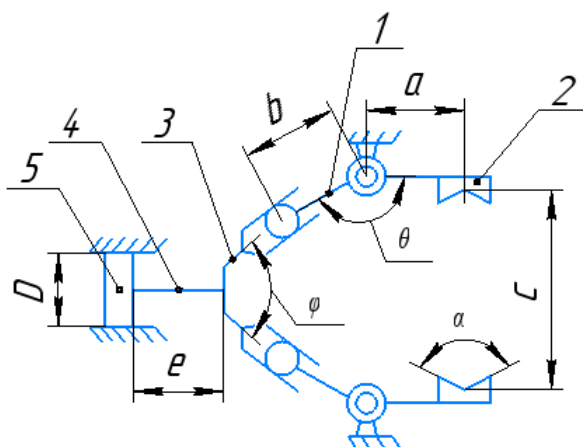


Рисунок 85 – Схема проектируемого схвата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Проектируемый схват обладает следующими достоинствами:

- компактность;
- способность выдерживать значительные нагрузки;
- точность позиционирования детали;
- простота изготовления;
- простота обслуживания;
- малая масса, позволяющая использовать схват в паре с роботом-манипулятором;
- долговечность.

Одновременно с этим данный схват обладает следующими недостатками:

- малый диапазон захвата;
- использование осевых соединений, работающих в условиях трения скольжения (использование подшипников качения значительно усложнило бы конструкцию схвата и увеличило бы габаритные размеры конструкции);
- сложность переналадки (требуется проектирование и замена губок);
- возможность использования только для деталей типа осей или валов;
- наличие зубчатого эвольвентного соединения, износ которого приводит к возникновению люфтов.

3.6.3.2 Анализ основных размеров схвата

Проектируемый схват (рисунок 84) состоит из следующих деталей: 1 – коромысло, 2 – губка, 3 – тяга, 4 – шток, 5 – поршень.

Рассмотрим назначение основных размеров схвата:

- α – угол зажима губок, влияет на силу зажима детали;
- a , b , θ – размеры, определяющие габариты и характеристики коромысла, влияют на распределение нагрузки по коромыслу, а также на диапазон раскрытия губок;
- c – размер, определяющий габарит механизма, зависит от диаметра захватываемой детали и от размера губок;

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		102

– φ – угол разведения тяг при зажиме, влияет на нагрузку в местах соединения тяг с коромыслами и со штоком;

– e – длина штока, определяется ходом поршня и габаритами цилиндра, влияет на габарит схвата;

– D – диаметр поршня, определяется исходя из характеристик нагнетающего компрессора и нагрузки на штоке.

3.6.4 Расчет основных усилий в схвате. определение основных размеров силового привода

3.6.4.1 Расчет усилия захватывания заготовки

Расчет усилий захватывания заготовки производят в зависимости от вида губок схвата и положения детали в них в процессе транспортировки. При этом предполагается, что удержание детали происходит за счет сил трения в губках схвата.

Определим необходимое усилие P_1 для удержания транспортируемой детали, считая, что удержание происходит за счет усилия трения:

$$P_1 = m * (g + a) * K_1 * K_2,$$

где m – наибольшая масса заготовки, $m=55$ кг;

g – ускорение свободного падения $g=9,8$ м/с²;

a – ускорение центра масс, $a=5$ м/с²;

K_1 – коэффициенты, зависящий от формы губок схвата и положения детали относительно губок (рисунок 8);

K_2 – коэффициент запаса, принимаем равным 2.

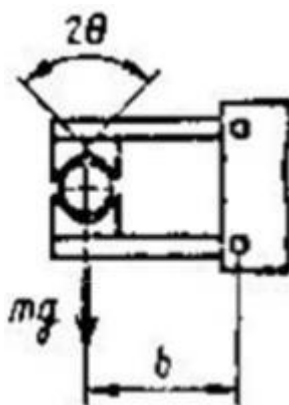


Рисунок 86 – Схема удержания заготовки

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		103

Исходя из выбранной схемы удержания заготовки, найдем коэффициент K_1 :

$$K_1 = 0,5.$$

Рассчитаем требуемое усилие для удержания транспортируемой детали:

$$P_1 = 55 * (9,8 + 5) * 2 * 0,5 = 814 \text{ Н.}$$

3.6.4.2 Расчет сил, действующих на основные элементы конструкции схвата

Найдем требуемое усилие привода для принятой схемы схвата (рисунок 87).

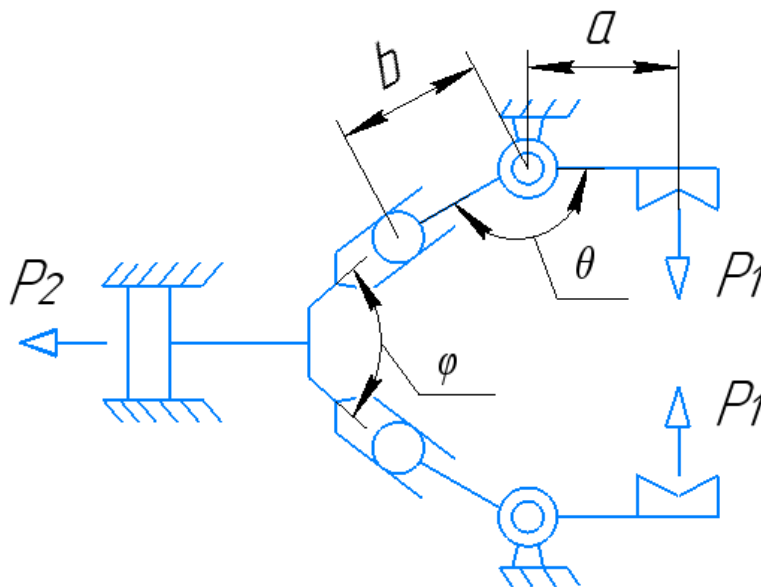


Рисунок 87 – Схема схвата

Рассмотрим силы, действующие на элемент схвата (рисунок 89).

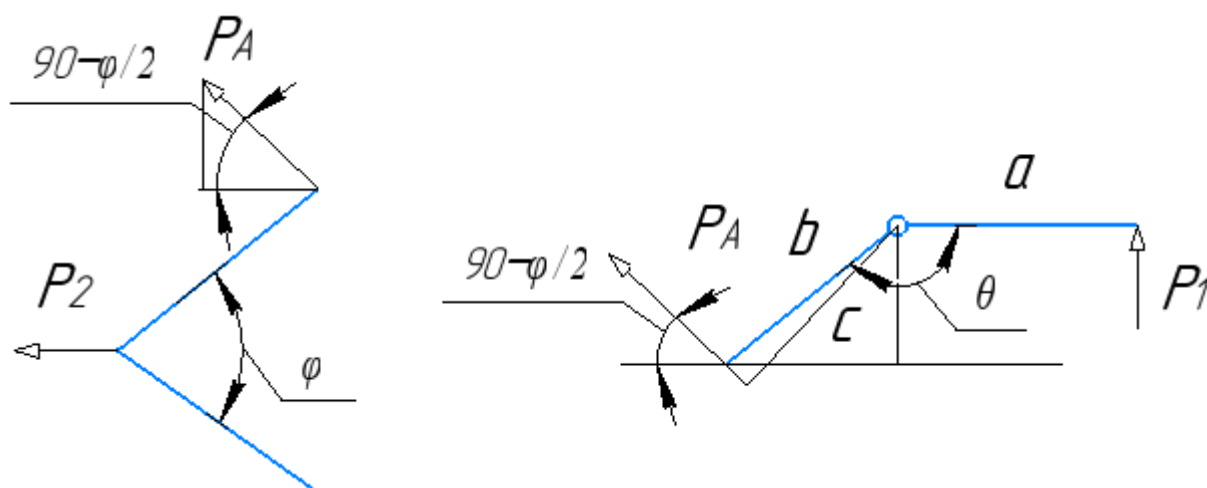


Рисунок 89 – Силы, действующие на элементы схвата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$$P_A = \frac{P_2}{2 \cos\left(\frac{\varphi}{2}\right)};$$

$$P_A = \frac{P_1 * a}{c};$$

$$\frac{P_2}{2 \cos\left(\frac{\varphi}{2}\right)} = \frac{P_1 * a}{c};$$

$$c = \frac{b}{\cos\left(\left(\theta - 90^\circ\right) - \left(90^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)\right)} = \frac{b}{\cos\left(\theta + \frac{\varphi}{2} - 180^\circ\right)};$$

$$P_2 = \frac{P_1 * a * 2 \cos\left(\frac{\varphi}{2}\right)}{c} = \frac{P_1 * a * 2 \cos\left(\frac{\varphi}{2}\right) * \cos\left(\theta + \frac{\varphi}{2} - 180^\circ\right)}{b},$$

где $P_1 = 814\text{Н}$; $a=300\text{ мм}$, $b=130\text{ мм}$, $\theta=140^\circ$, $\varphi=140^\circ$.

Потребное усилие привода:

$$P_2 = \frac{814 * 0,3 * 2 \cos\left(\frac{140^\circ}{2}\right) * \cos\left(140^\circ + \frac{140^\circ}{2} - 180^\circ\right)}{0,130} = 1113\text{Н}.$$

Найдем усилия, действующие на шарниры схвата:

$$F_w = P_{Ax} + P_1;$$

$$P_{Ax} = P_A * \cos\left(\frac{\varphi}{2}\right);$$

$$F_w = P_A * \cos\left(\frac{\varphi}{2}\right) + P_1;$$

$$P_A = \frac{P_2}{2 \cos\left(\frac{\varphi}{2}\right)};$$

$$F_w = \frac{P_2}{2} + P_1 = \frac{1113}{2} + 814 = 1371\text{Н}.$$

Выбираем диаметр шарнира из расчета на срез:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{ш}}{\pi \cdot \tau_{ср}}},$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

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

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 1371}{3,14 \cdot 120}} = 3,8 \text{ мм.}$$

Для обеспечения запаса по прочности принимаем $d=10$ мм.

Проверяем шарнир на смятие, если допускаемое напряжение на смятие $\sigma_{\text{см}} = 80$ МПа.

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{F_{\text{ш}}}{\pi \cdot d \cdot b'}$$

где d – диаметр шарнира, b – длина шарнира, $b=50$ мм.

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{1371}{3,14 \cdot 10 \cdot 50} = 0,9 \text{ МПа.}$$

В результате расчета напряжение на смятие получилось гораздо меньше допустимого.

3.6.4.3 Определение размеров силового привода

Определим размеры пневматического привода по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4P_2}{\pi p \eta_n \eta_c}}, \text{ мм}$$

Где p – давление пневмосети, равное 0,4Мпа, η_n – КПД привода, равный 95%; η_c – КПД схвата, равный 90%.

Рассчитаем минимальный диаметр поршня пневматического привода:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 1113}{\pi \cdot 0,4 \cdot 0,95 \cdot 0,90}} = 180 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартное значение диаметра пневмоцилиндра $d_{\text{п}} = 200$ мм, диаметр штока $d_{\text{шт}}=32$ мм Основные размеры пневмоцилиндра по ГОСТ 15608-81.

3.6.5 Создание твердотельной САД модели разработанной конструкции схвата

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		106

С помощью методов и функций, описанных в главе 3 смоделируем основные элементы схвата (рисунки 90 – 96)

Рисунок 90 – 3D модель губки

Рисунок 91 – 3D модель тяги

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		107

Рисунок 92 – 3D модель штока

Рисунок 93 – 3D стойки

Рисунок 94 – 3D модель поршня

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		108

Рисунок 95 – 3D модель корпуса с фланцем.

Далее установим все детали друг относительно друга и относительно корпуса (рисунок 96).

Рисунок 96 – 3D модель разрабатываемого схвата

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		109

Произведем анализ пересечений с помощью функции «Глобальное пересечение» (рисунок 97).

Рисунок 97 – Результат анализа пересечений

Анализ пересечений показал, что в сборке имеется пересечения между крепежными элементами. Данное пересечение не является ошибкой. Оно образовалось из-за того, что детали сопрягаются с помощью резьбового соединения, и с точки зрения аналитического модуля Creo Parametric находятся друг внутри друга.

Разработанный схват действует следующим образом:

– при захвате – в переднюю камеру цилиндра (со стороны захватываемой детали) нагнетается воздух под давлением, цилиндр передвигается вместе со штоком назад, направляющие элементы губок перемещаются по пазам тяги от оси схвата, губки схвата зажимают деталь;

– при удержании – после захвата детали подача давления прекращается, с помощью обратного клапана (не указан в модели, присутствует в обеспечивающей пневмосистеме) созданное давление удерживается в цилиндре,

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		110

все детали схвата, в том числе и губки, находятся в напряженном состоянии, деталь зажата;

–при разжиме – из передней камеры сбрасывается давление, в заднюю камеру давление подается (меньшее, чем при сжатии), поршень со штоком идет вперед, направляющие элементы губок перемещаются по пазам тяги к оси схвата, губки схвата зажимают деталь.

3.6.6 Расчет напряженно-деформированного состояния коромысла

Зададим действующие нагрузки и ограничения в Creo Simulate (рисунок 98).

Рисунок 98 – Созданные нагрузки и ограничения

Затем произведем анализ напряженно-деформированного состояния коромысла. Результаты анализа представлены на рисунках 99-102 Результаты измерения максимального смещения в детали показаны на рисунке 99.

Рисунок 99 – Результат анализа деформаций

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		111

Рисунок 100 – Результат анализа напряжений

Рисунок 101 – Результат анализа смещений

Рисунок 102 – Результат измерения максимально смещения

Произведенный анализ показал, что при зажатии заготовки в коромысле возникают напряжения, под действием которых происходит смещение до $7,24 \cdot 10^{-3}$ мм.

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		112

3.6.7 Оптимизация геометрии губки

Для повышения срока эксплуатации губки схвата путем снижения возникающих смещений под воздействием нагрузки при зажиме заданной детали проведем оптимизацию геометрических параметров губки.

Для проведения оптимизации импортируем результаты силового анализа из Creo Simulate в Creo Parametric (рисунок 103).

Рисунок 103 – Импорт результатов силового анализа

Заданные цель (минимизация смещения) и параметры (2 линейных размера и один угловой) оптимизации показаны на рисунке 104.

Рисунок 104 – Цель и параметры оптимизации

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		113

На рисунке 105 представлен график сходимости цели оптимизации. На рисунке 106 показана деталь с оптимизированными размерами.

Рисунок 105 – График сходимости цели

Рисунок 106 – Деталь с оптимизированными размерами

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		114

На рисунках 107-109 представлены результаты силового анализа оптимизированной детали.

Рисунок 107 – Результаты анализа напряжений

Рисунок 108 – Результаты анализа деформаций

Рисунок 109 – Результаты анализа смещений

Таким образом, произведенная оптимизация позволила снизить смещения, возникающие в заготовке с $7,24 \cdot 10^{-3}$ мм до $5,85 \cdot 10^{-3}$ мм.

3.6.8 Анимирование и динамический анализ модели

Для анимирования движения схвата зададим силовой привод с привязкой к поршню (рисунок 110). Зададим переменное нагружение с помощью таблицы. График зависимости приложенной силы к поршню от времени представлен на рисунке 111

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		115

Рисунок 110 – Окно задания параметров силового привода поршня

Рисунок 111 – График зависимости силы на поршне от времени анализа

Был проведен динамический анализ. По результатам динамического анализа были выполнены измерения (рисунки 112-114).

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		116

Рисунок 112 – График силы, действующей на заготовку

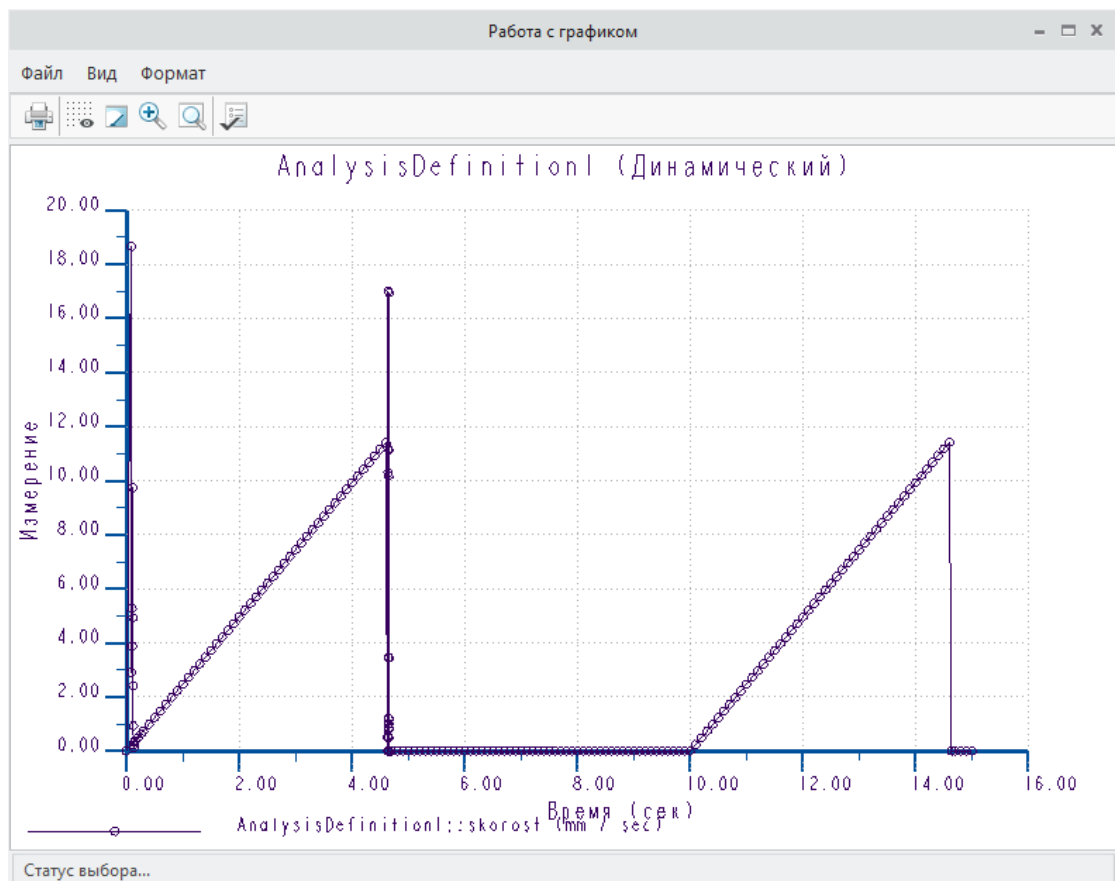


Рисунок 113 – График скорости поршня

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

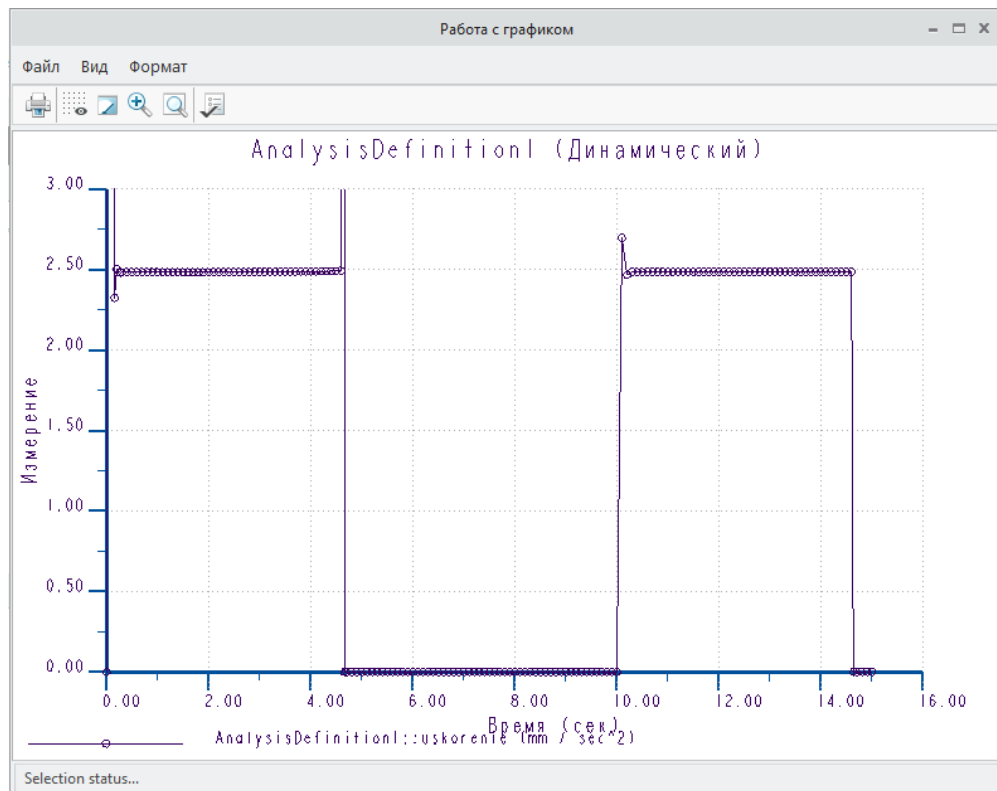


Рисунок 114 – График ускорения поршня

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

4. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

4.1 Анализ возможности автоматизации технологического процесса обработки детали

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

С целью получения наибольшей информации о возможности полной или частичной автоматизации произведем анализ проектного варианта технологического процесса. При проведении анализа учтем 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.

4.1.1 Наличие в ТП слесарных, универсальных или специальных операций

Обработка вала происходит на токарно-фрезерном станке с ЧПУ DMG MORI CTX beta 2000 и на зубофрезерном станке с ЧПУ GearSpect SF 350/500 CNC. При этом в технологическом процессе отсутствуют слесарные операции. Это является благоприятным для последующей автоматизации.

4.1.2 Возможность встраивания основного оборудования в ГПС

Деталь «Вал манипулятора гидравлического» обрабатывается на токарном и зубофрезерном оборудовании с ЧПУ.

Данное оборудование обладает следующими технологическими возможностями, которые являются благоприятными для встраивания его в ГПС:

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		119

- присутствует возможность установки автоматической система уборки отходов;
- обработка на данных станках управляется программой;
- по заказу на заводе данное оборудование укомплектовывается приводом дверей;
- данное оборудование обладает высокой надежностью, за счет чего не требуется постоянное сервисное сопровождение.

4.1.3 Концентрация переходов на операциях механической обработки

В технологическом процессе производства детали «Вал манипулятора гидравлического» все переходы сконцентрированы на четырех пяти операциях, четыре из которых выполняются на одинаковом токарном оборудовании.

Благодаря такой концентрации переходов, возможно вести обработку на двух типах станков.

4.1.4 Габаритные размеры детали

Деталь является жесткой, имеет массу 42 кг, с габаритами: диаметр $d=200$ мм, длина $L=500$ мм.

Такие геометрические параметры детали являются благоприятными для транспортировки и обработки ее в условиях ГПС.

4.1.5 Наличие поверхностей для захвата

Наружная поверхность вала состоит из совокупности цилиндрических поверхностей, а также их торцов (рисунок 1). Такая геометрия вала подходит для захвата его различными средствами перемещения заготовок. Это также является благоприятным для включения обработки вала в ГПС.

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
						120
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

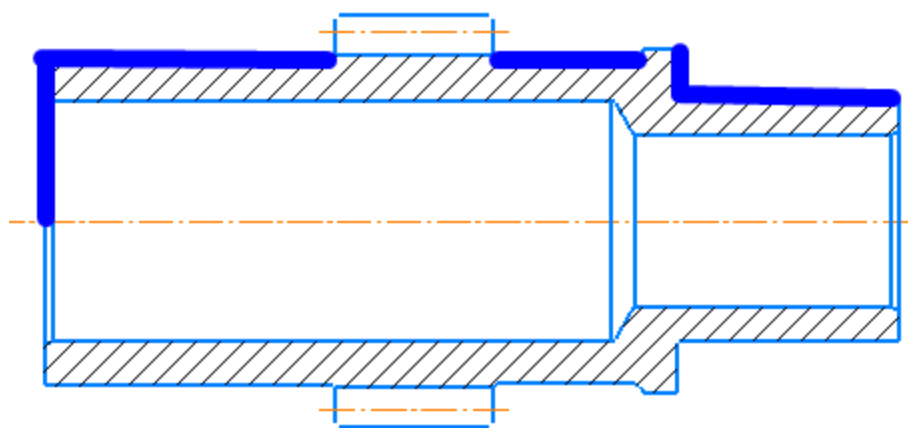


Рисунок 1 – Эскиз детали с отмеченными поверхностями для захвата

4.2 Группирование деталей, подлежащих изготовлению на гибком производственном участке

Основой современного автоматизированного производства являются типовые и групповые технологические процессы. Типовые технологические процессы разрабатываются для группы деталей с общими конструктивными и технологическими признаками и применяются, в основном, в крупносерийном и массовом производствах. Групповые технологические процессы разрабатываются для группы деталей с различными конструктивными, но общими технологическими признаками, и применяются в мелкосерийном и среднесерийном производствах. Для создания типового или группового технологического процесса необходимо классифицировать детали, подлежащие обработке. Классификация деталей проводится в два этапа. Первый этап – первичная классификация – разделение деталей по конструктивно-технологическим признакам. Второй этап – вторичная классификация – группирование деталей с одинаковыми или несущественно отличающимися признаками классификации.

Первичная классификация:

- габаритные размеры: $d200 \times L500$ мм;
- масса: 42 кг.

Вторичная классификация:

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		121

- материал: сталь 40Х ГОСТ 4543-71;
- вид заготовки: поковка;
- вид обработки: точение, сверление, зубофрезерование;
- самый точный квалитет обработки 14;
- наименьшая шероховатость Ra 0,8 мкм.

По конструктивным признакам, согласно классификатору ЕСКД, деталь относится к 71515 классу:

71 – детали – тела вращения типа колец, дисков, шкивов, блоков, стержней, втулок, стаканов, колонок, валов, осей, штоков, шпинделей и др.;

5 – с L свыше 2D с наружной поверхностью цилиндрической;

1 – без наружной резьбы;

5 – с центральным сквозным гладким ступенчатым отверстием;

Для совместной обработки в ГПС подходят геометрически подобные детали типа валов, зубчатых колес с длинной ступицей, схожих по материалам, габаритам и набору операциям механической обработки с основной деталью.

4.3 Отработка конструкции детали на технологичность

Для отработки конструкции детали на технологичность произведем качественную оценку по следующим критериям:

- унифицированность элементов форм детали (резьбы, канавки, диаметры, шпоночные пазы и т.д.);
- простота формы детали;
- возможность обработки максимального количества поверхностей детали за один установ;
- доступность поверхностей детали для обработки;
- наличие труднообрабатываемых поверхностей детали (глубокие отверстия, глухие отверстия и др.);
- возможность совмещения конструкторских и технологических баз;
- обеспечение конструкцией детали нормальный подвод и отвод режущего инструмента;

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		122

- возможность достижения наиболее точных размеров детали на основном оборудовании;
- возможность достижения минимальной заданной шероховатости поверхности детали на основном оборудовании;
- высокая обрабатываемость основного материала;
- возможность обработки детали универсальным режущим инструментом;
- минимальная номенклатура режущего инструмента необходимая для обработки всех поверхностей детали при обеспечении заданной точности и шероховатости;
- наибольший коэффициент использования материала;
- наличие поверхностей для захвата детали промышленным роботом и базирования на промежуточных накопителях и в основном оборудовании.

Результаты качественной оценки детали на технологичность приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты качественной оценки детали на технологичность

№п.п	Критерий оценки	Сравнительная характеристика	Оценка
1	Унифицированность элементов форм детали	Имеется зубчатая поверхность	не технологично
2	Простота формы детали	Деталь является относительно простой по форме	технологично
3	Возможность обработки максимального количества поверхностей детали за один установ	Деталь необходимо обрабатывать за 4 операции, за 4 установка	технологично
4	Доступность поверхностей детали для обработки	Все поверхности доступны для обработки	технологично
5	Наличие труднообрабатываемых поверхностей детали	Внутренние цилиндрические поверхности большого диаметра (по отношению к диаметру внешних)	не технологично
6	Возможность совмещения конструкторских и технологических баз	При обработке детали возможно совместить конструкторские и технологические базы	технологично
7	Обеспечение конструкцией детали нормальный подвод и отвод режущего инструмента	Конструкция детали обеспечивает нормальный подвод и отвод режущего инструмента	технологично
8	Возможность достижения наиболее точных размеров детали на основном оборудовании	Точность конструкторских размеров достижима на основном оборудовании	технологично
9	Минимальная номенклатура режущего инструмента необходимая для обработки всех поверхностей детали при обеспечении заданной точности и шероховатости	Деталь возможно обработать небольшим количеством различного режущего инструмента	технологично

10	Высокая обрабатываемость основного материала	Сталь 40Х ГОСТ 4543-71 является сталью нормальной прочности и легкообрабатываемой	технологично
11	Возможность обработки детали универсальным режущим инструментом	В технологическом процессе присутствует обработка специальным режущим инструментом	не технологично
12	Возможность достижения минимальной заданной шероховатости поверхности детали на основном оборудовании	Достигнуть заданную шероховатость возможно на основном оборудовании	технологично
13	Наибольший коэффициент использования материала	Из-за подобию геометрической формы детали геометрической форме заготовки коэффициент использования материала почти равен 1 (так как заготовка для вала – поковка)	технологично
14	Наличие поверхностей для захвата детали промышленным роботом и базирования на промежуточных накопителях и в основном оборудовании	Деталь возможно захватывать и базировать по наружным поверхностям	технологично

В результате можно сделать вывод, что деталь «Вал манипулятора гидравлического» технологична с точки зрения возможности обработки ее ГПС.

4.4 Определение состава и числа оборудования станочного комплекса ГПС

Выбор вида станков, их специализации по числу управляемых координат и определение их количества в составе гибкой производственной системы осуществляются на основе проектного технологических процесса на деталь «Вал манипулятора гидравлического» по следующей формуле:

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

где K – число станков по виду оборудования, шт;

$C_{\text{ср}}$ – средняя станкоемкость, приходящаяся на каждый станок, мин;

$T_{\text{ср}}$ – средний такт выпуска деталей, мин.

Средняя станкоемкость рассчитывается по следующей формуле:

$$C_{\text{ср}} = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n}{n},$$

где C_1, C_2, C_3 – станкоемкость, приходящаяся на каждый станок по обработке каждого представителя типовых деталей, мин;

n – число типовых деталей, шт.

Деталь «Вал манипулятора гидравлического» обрабатывается вместе с аналогичной деталью. Поэтому число типовых деталей обрабатываемых на проектируемом участке ГПС примем равной 2 шт.

Станкочасовое время каждого станка равняется:

$$C_i = \sum_{i=1}^p t_{оп i},$$

где $t_{оп i}$ – оперативное время по выполнению перехода на рассматриваемом станке, мин;

p – число всех переходов, выполняемых на рассматриваемом станке по обработке деталей, шт.

Оперативное время включает в себя: основное время на выполнение перехода t_0 , машинно-вспомогательное время, связанное с выполнением перехода (ускоренный подвод инструмента, автоматическая смена инструмента и т.д.) t_{MB} ; вспомогательное время на снятие-установку заготовки, t_y .

Таким образом, по ранее найденным нормам времени проектного варианта технологического процесса обработки детали «Вал манипулятора гидравлического» определим станкочасовое время каждого используемого станка.

Станкочасовое время оборудования, используемого на 005 – 020 операциях, на которых деталь обрабатывается на станке DMG MORI CTX beta 2000:

$$C_1 = C_{005} + C_{010} + C_{015} + C_{020} = 48,39 + 44,93 + 15,74 + 6,11 = 115,17 \text{ мин.}$$

Станкочасовое время оборудования, используемого на 025 операции:

$$C_2 = 114,25 \text{ мин.}$$

Кроме того, в проектируемой ГПС также будет производиться аналогичная деталь. Поэтому примем станкочасовое время оборудования, используемого на операциях механической обработки детали-аналога.

$$C_1 = 118 \text{ мин;}$$

$$C_2 = 122 \text{ мин;}$$

Тогда, средняя станкочасовая стоимость каждой операции составляет:

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		125

$$C_{\text{ср } 1} = \frac{1}{2} \cdot (115,17 + 118) = 116,6 \text{ мин};$$

$$C_{\text{ср } 2} = \frac{1}{2} \cdot (114,25 + 122) = 118,1 \text{ мин};$$

Средний такт выпуска деталей определяется как:

$$T_{\text{ср}} = \frac{60 \cdot \Phi_0 \cdot K_{\text{исп}}}{N_{\text{год}}},$$

где Φ_0 – годовой фонд времени оборудования, ч;

$K_{\text{исп}}$ – коэффициент использования оборудования по машинному времени;

$N_{\text{год}}$ – годовая программа выпуска деталей, шт.

При двухсменном режиме работы оборудования годовой фонд времени $\Phi_0 = 4025$ ч. По [1, с. 11] примем коэффициент использования оборудования по машинному времени $K_{\text{исп}} = 0,85$. Годовую программу выпуска деталей примем равной годовому плану производству насосного оборудования предприятия-изготовителя детали «Вал манипулятора гидравлического» $N_{\text{год}} = 500$ шт. Тогда,

$$T_{\text{ср}} = \frac{60 \cdot 4025 \cdot 0,85}{500} = 410,55 \text{ мин.}$$

Следовательно, число станков по виду выполняемых операций в проектируемой гибкой производственной системе равно:

$$K_1 = \frac{116,6}{410,55} = 0,28 \text{ шт};$$

$$K_2 = \frac{118,1}{410,55} = 0,29 \text{ шт};$$

Таким образом, округляя значения коэффициента в большую сторону, получим что число станков на токарных операциях равно 1 шт, на зубофрезерной – 1 шт. Тогда число станков, входящих в ГПС равно:

$$n_{\text{ст}} = 1 + 1 = 2 \text{ шт.}$$

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		126

4.5 Определение структуры и состава автоматической транспортно-складской системы ГПС

Автоматизированная транспортно-складская система (АТСС) в гибком автоматизированном производстве (ГАП) предназначена для: хранения в накопителях большой вместимости (складе) межоперационных заделов деталей и автоматической транспортировки их по заданному адресу по командам от ЭВМ.

Определим основные характеристики транспортно-складской системы ГПС, такие как объем стеллажа-накопителя, количество позиций разгрузки и загрузки, количество позиций контроля с учетом того, что годовая программа выпуска валов насоса составляет 500 шт деталей.

4.5.1 Определение характеристик стеллажа-накопителя

Основной расчетной характеристикой стеллажа является его вместимость, которая определяется исходя из числа спутников, необходимого для полной загрузки станков во время работы комплекса. Расчеты основных параметров автоматизированной транспортно-складской системы (АТСС) целесообразно производить исходя из числа среднестатистических величин трудоемкости обработки деталей и их месячной программы выпуска на предприятии. Это позволит при смене обрабатываемой детали обеспечить загрузку ГПС, близкой к расчетной. Максимальное число деталиустановок различных наименований (число серий), которые могут быть обработаны на комплексе в течение месяца, равно:

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

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

Определим среднюю трудоемкость обработки одной деталиустановки как среднее арифметическое значение станкоемкости каждой операции:

$$t_{\text{об}} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 C_{\text{сп}i}, \text{ мин};$$

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		127

$$t_{об} = \frac{1}{2} (116,6 + 118,1) = 117,35 \text{ мин}$$

Определим среднюю месячную программу выпуска деталей «Вал манипулятора гидравлического»:

$$N = \frac{N_{год}}{12} = \frac{500}{12} = 41,7, \text{ шт.}$$

С учетом полученных значений максимальное число деталиустановок различных наименований, которые могут быть обработаны на комплексе в течение месяца, равно:

$$K_{наим} = \frac{60 \cdot 305 \cdot 2}{117,35 \cdot 41,7} = 7,47 \text{ шт.}$$

Полученное число деталиустановок определяет количество ячеек Z в накопителе.

Для обеспечения нормальной работы ГПС необходим запас ячеек в накопителе, равный примерно 10 % от $K_{наим}$:

$$Z = 1,1 \cdot K_{наим} = 1,1 \cdot 7,47 = 8,22, \text{ шт.}$$

Округлим полученное значение в большую сторону до целого числа:

$$Z = 9, \text{ шт.}$$

Используем многоярусную двухрядную схему, поскольку она является наиболее рациональной компоновкой стеллажа, так как позволяет значительно сократить размеры автоматизированного склада и в то же время обеспечивает удобное его обслуживание.

4.5.2 Расчет числа позиций загрузки и разгрузки

Определим необходимое количество позиций загрузки и разгрузки по следующей формуле:

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

где t – средняя трудоемкость операций на позиции (только загрузки или разгрузки, если операции разделены, и суммарная, если обе операции выполняются на одной позиции), мин; $K_{дет}$ – число деталиустановок, проходящих

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
						128
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

через позицию в течение месяца, шт.; $\Phi_{\text{поз}}$ – месячный фонд времени работы позиции, ч.

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

где N – средняя месячная программа выпуска деталей одного наименования $K_{\text{наим}}$, шт. Для расчетов можно использовать следующие значения трудоемкостей операций по загрузке (t_z) и разгрузке (t_p) деталей [1]:

$$t_z = 5 \text{ мин}; t_p = 3 \text{ мин.}$$

Величина $\Phi_{\text{поз}} = \Phi_{\text{ст}} = 305$ ч (при двухсменной работе оборудования).

Следовательно, необходимое количество позиций загрузки и разгрузки равняется:

$$n_{\text{поз}} = \frac{(5 + 3) \cdot 7,47 \cdot 41,7}{305 \cdot 60} = 0,14, \text{ шт.}$$

Округлим полученное значение в большую сторону:

$$n_{\text{поз}} \approx 1, \text{ шт.}$$

4.5.3 Расчет числа позиций контроля

Необходимое число позиций контроля $n_{\text{к.поз}}$ в ГПС рассчитывается по формуле [1]:

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{t_{\text{к}} K_{\text{дет.к}}}{\Phi_{\text{поз}} \cdot 60}, \text{ шт.}$$

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

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

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

$$n = \frac{n_1}{k_1 \cdot k_2}, \text{ шт.}$$

где n_1 – плановое число деталиустановок, через которое деталь выводится на контроль по требованию технолога, шт.; k_1 и k_2 – поправочные коэффициенты,

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		129

связанные с выводом деталей на контроль по требованию наладчика соответственно для первой деталиустановки в начале смены (k_1) и сразу же после установки нового инструмента (k_2).

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

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, в мин. Для расчетов время каждого промежуточного контроля (после неполной обработки поверхностей на станках комплекса), учитывая габариты вала, можно принимать равным: $t_{\pi} = 5$ мин, время окончательного контроля всех поверхностей детали (после обработки на последнем станке комплекса): $t_{\text{ок.к}} = 90$ мин. Плановый вывод деталей на контроль рекомендуется осуществлять через каждые 5–8 деталиустановок [1], т.е.: $n_1 = 5 \dots 8$ шт. Величину поправочных коэффициентов рекомендуют принимать: $k_1 = 1,15$; $k_2 = 1,05$.

Определим суммарное время одной деталиустановки для проектируемой ГПС:

$$t_k = i \cdot t_{\pi} + t_{\text{ок.к}} = 2 \cdot 5 + 10 = 20 \text{ мин,}$$

где i – количество станков, после обработки на которых требуется операция промежуточного контроля, шт. В нашем случае контроль будет осуществляться после токарной и профиленакатной операций. Круглошлифовальные станки оснащены системами активного контроля, с помощью которых контроль производится в процессе обработки.

Определим число деталиустановок, через которое деталь выводится на контроль:

$$n = \frac{5}{1,15 \cdot 1,05} = 4,14 \text{ шт.}$$

Определим число деталиустановок, проходящих контроль за месяц:

$$K_{\text{дет.к}} = \frac{7,47 \cdot 41,7}{4,14} = 75,2 \text{ шт.}$$

Определим необходимое число позиций контроля $n_{\text{к.поз}}$ в ГПС:

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
						130
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{20 \cdot 75,2}{305 \cdot 60} = 0,72 \approx 1 \text{ шт.}$$

4.5.4 Проектирование предварительной компоновочной схемы ГПС

Технологический процесс обработки данной детали включает в себя две комплексных операции с ЧПУ на токарном станке. Маршрутный технологический процесс обработки детали «Вал манипулятора гидравлического»:

- 000 Заготовительная операция;
- 005 Токарная операция с ЧПУ;
- 010 Токарная операция с ЧПУ;
- 015 Токарная операция с ЧПУ;
- 020 Зубофрезерная операция с ЧПУ;
- 025 Контрольная операция.

Для последующего анализа спроектируем предварительную компоновку ГПС и рассмотрим для нее два варианта расположения основного оборудования: первый – группирование оборудования по ходу выполнения технологического процесса с кольцевой транспортной системой (рисунок 2); второй – расположение оборудования по конструктивному признаку с линейной транспортной системой (рисунок 3). Циклограммы для обоих вариантов представлены на рисунках 4 и 5.

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		131

Рисунок 2 – Схема первого варианта расположения оборудования в ГПС

Рисунок 5.3 – Схема второго варианта расположения оборудования в ГПС

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		132

Рисунок 4 – Циклограмма первого варианта расположения оборудования в ГПС

Рисунок 5 – Циклограмма второго варианта расположения оборудования в ГПС

Для выявления всех перемещений ТС и последующего расчета суммарных перемещений составим матрицы и графы перемещений подвижных механизмов АТСС. Матрица перемещения деталиустановок позволяет произвести расчет

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
						133
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

суммарных перемещений детали в процессе ее обработки в ГПС. Матрицы составим с учетом технологического процесса изготовления детали для рассматриваемых вариантов предварительных компоновок ГПС. На основе последующего расчета суммарных перемещений произведем выбор компоновки, обеспечивающей наименьшие суммарные перемещения.

В горизонтальных строках матриц укажем основное оборудование, к которому движется транспортное средство с деталями-установками, а в вертикальных столбцах укажем основное оборудование, от которого движется данное транспортное средство. Матрица первого варианта расположения оборудования в ГПС представлена в таблице 2. Матрица второго варианта расположения оборудования в ГПС представлена в таблице 3

Таблица 2 – Матрица первого варианта расположения ГПС

Оборудование, к которому движется ТС	Оборудование, от которого движется ТС				
	Склад	ТФС	ЗФС	Уч. К-ля	Моечн. М.
	Дистанция, пройденная ТС, м				
Склад				17,2	
ТФС	11,5				
ЗФС		4,8			
Уч. К-ля					3,2
Моечн. М.			7,6		

Графы перемещений транспортного механизма, в ходе выполнения технологического процесса, представлены на рисунках 6 и 7. Анализ графов сводится к визуальному определению компоновки с наименьшими пересечениями материальных потоков, что должно обеспечить наименьшее число и время перемещений транспортного механизма.

Таблица 3 – Матрица второго варианта расположения ГПС

Оборудование, к которому движется ТС	Оборудование, от которого движется ТС				
	Склад	ТФС	ЗФС	Уч. К-ля	Моечн. М.
	Дистанция, пройденная ТС, м				
Склад				9,8	
ТФС	7,6				
ЗФС		9,5			
Уч. К-ля					5,2
Моечн. М.			7,2		

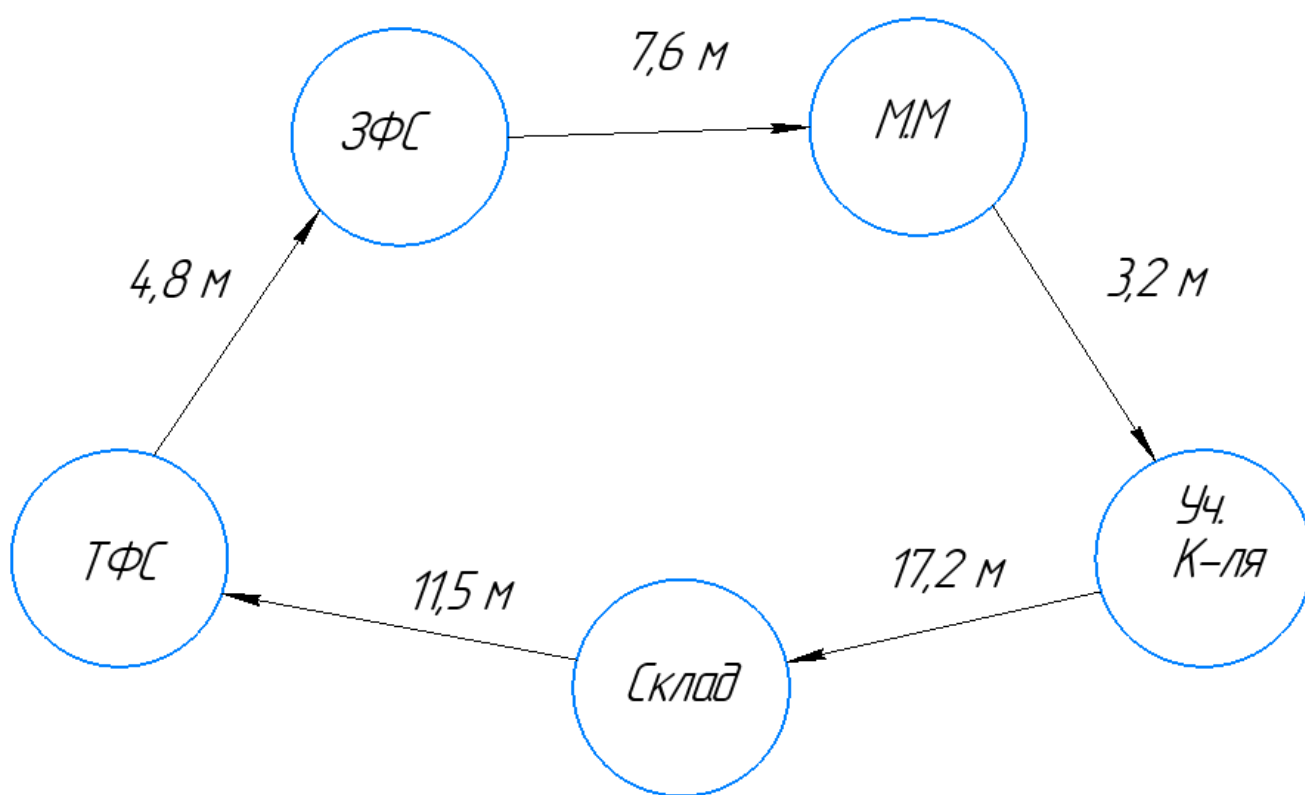


Рисунок 6 – Граф перемещения транспортного механизма первого варианта расположения оборудования в ГПС

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

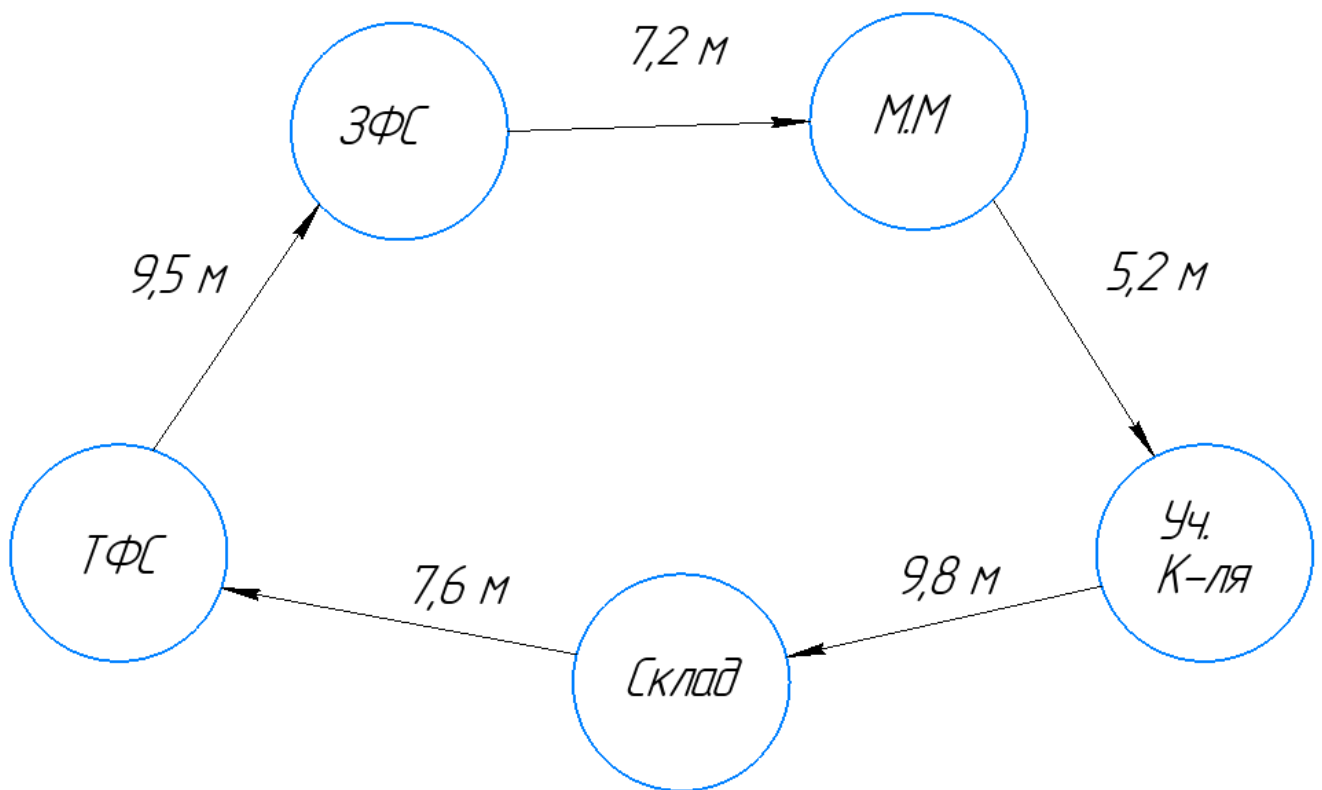


Рисунок 7 – Граф перемещения транспортного механизма второго варианта расположения оборудования в ГПС

Анализ матриц и графов перемещений для рассматриваемых вариантов компоновок ГПС показал:

– суммарные перемещения транспортного механизма в компоновке с кольцевой транспортной системой и расположением оборудования по ходу выполнения технологического процесса составляют 37,1 м, в компоновке с расположением основного оборудования по конструктивному признаку и с линейной транспортной системой 39,3 м;

– в компоновке с расположением основного оборудования по конструктивному признаку и с линейной транспортной системой одинаково ее количество пересекающихся грузопотоков.

Таким образом, вариант компоновки ГПС с кольцевой транспортной системой и расположением оборудования по ходу технологического процесса является наиболее предпочтительным.

4.6 Определение вспомогательных систем и участков, необходимых для функционирования ГПС

Для обеспечения функционирования в малолюдном или безлюдном режиме в структуре ГПС должны быть предусмотрены вспомогательные системы и участки. Вспомогательные системы ГПС служат для подготовки заготовок и полуфабрикатов для последующей обработки, обеспечения основного оборудования режущим инструментом, осуществления входного, промежуточного и окончательного контроля и обеспечения своевременного удаления отходов производства.

Для организации перемещения, хранения, настройки, сборки инструментов, восстановления режущих инструментов, очистки инструментов перед их промежуточным хранением, контроля и технической диагностики состояния режущих инструментов включим в состав ГПС автоматизированную систему инструментального обеспечения (АСИО).

Система инструментального обеспечения автоматизированного производства включает в себя склады-накопители, магазины, устройства смены, поиска и контроля инструмента. АСИО позволит уменьшить запасы режущего инструмента, сократить его номенклатуру и время поиска, повысить коэффициент использования оборудования и качество обрабатываемых деталей.

Для проведения входного, промежуточного (межоперационного) и окончательного контроля параметров заготовок, полуфабрикатов, деталей, диагностирования процессов и оборудования включим в состав ГПС систему автоматизированного контроля (САК). На токарных и шлифовальных операциях контроль будет происходить непосредственно на станке. Контроль линейных размеров и качества нанесенного рифления будет производиться на специальном участке контроля (УК), который также включен в состав ГПС.

Для сегментирования сливной стружки, удаления ее от основного оборудования и из ГПС включим в ГПС автоматизированную систему уборки отходов.

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		137

Удаление стружки со станка будет осуществляться в специальной таре, которую робот манипулятор будет перемещать на робокар. В дальнейшем стружка будет поступать на участок сборки стружки (УСС).

4.7 Выбор вспомогательного оборудования

Для обеспечения функционирования ГПС необходимо включить в нее следующее оборудование:

- робот-манипулятор, способный осуществлять установку и снятие деталей-валов;
- робокар, способный осуществлять загрузку и разгрузку стеллажей-накопителей;
- робокар, способный осуществлять транспортирование заготовок, полуфабрикатов, деталей, режущего инструмента и тары со стружкой;
- приемо-раздаточный стол, необходимый для временного складирования на нем заготовок, полуфабрикатов или деталей;
- также необходима специальная паллета-накопитель для транспортировки сразу нескольких валов.

Для загрузки и разгрузки робокаров, для снятия и установки заготовок, полуфабрикатов и деталей на станок используем робот-манипулятор Fanuc M-710iC (рисунок 8).



Рисунок 8 – Робот-манипулятор Fanuc M-710iC

Для загрузки и разгрузки склада, а также для осуществления транспортирования заготовок, полуфабрикатов, деталей, режущего инструмента и тары со стружкой используем автоматизированный робокар Ronavi M500 (рисунок 9).

Рисунок 9 – Робокар Ronavi M500

Для захвата детали роботом манипулятором был спроектирован специальный схват (рисунок 10).

Рисунок 10 – Схват робота-манипулятора

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		139

4.8 Определение схем базирования заготовок в промышленных роботах, транспортных механизмах, промежуточных накопителях

Схемы базирования заготовки на станках и в схвате промышленного робота до и после операций представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Схемы базирования заготовки

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		140

4.9 Анализ установочных размерных связей

Установочные размерные связи рассчитываются при автоматической установке заготовок на станки, в приспособления, на спутники, в промежуточный накопитель и т.д. Методика выявления и расчета установочных размерных связей аналогична расчету сборочных размерных цепей. Отличие расчетов заключается в величине допусков размеров при установке заготовок в приспособления. Их значения, как правило, значительно больше, чем при сборке изделий. Вместе с тем установка одних и тех же заготовок или спутников может осуществляться многократно, что оказывает влияние на точность последующей обработки. Цель выявления и расчета размерных связей при автоматической установке изделий, загрузки и выгрузки оборудования заключается:

- в обеспечении работоспособности автоматической системы в течение требуемого времени эксплуатации в условиях действия различных факторов, влияющих на стабильность составляющих размеров и размерных связей;

- в выборе методов и средств автоматизации, обеспечивающих требуемые размерные связи;

- в выборе методов и способов размерной наладки системы.

Проанализируем установочные размерные связи при установке заготовки в трехкулачковый патрон токарно-фрезерного станка. Установка заготовки в трехкулачковый патрон осуществляется промышленным роботом. В процессе установки робот берет заготовку с накопителя и перемещает ее в рабочую зону станка, обеспечивая параллельность осей заготовки и трехкулачкового патрона. После этого заготовка устанавливается в трехкулачковый патрон, производится разжим кулачков, и промышленный робот покидает рабочую зону станка. Расчетная схема определения размерных связей для данного случая представлена на рисунке 11. Из расчетной схемы видно, что для возможности установки заготовки в трехкулачковый патрон максимальная величина отклонения от соосности A_{Δ} должна не превышать значения:

$$A_{\Delta\max}=1/2(D-d),$$

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		141

где D – диаметр раскрытых кулачков патрона, мм; d – диаметр устанавливаемой в патрон заготовки, мм.

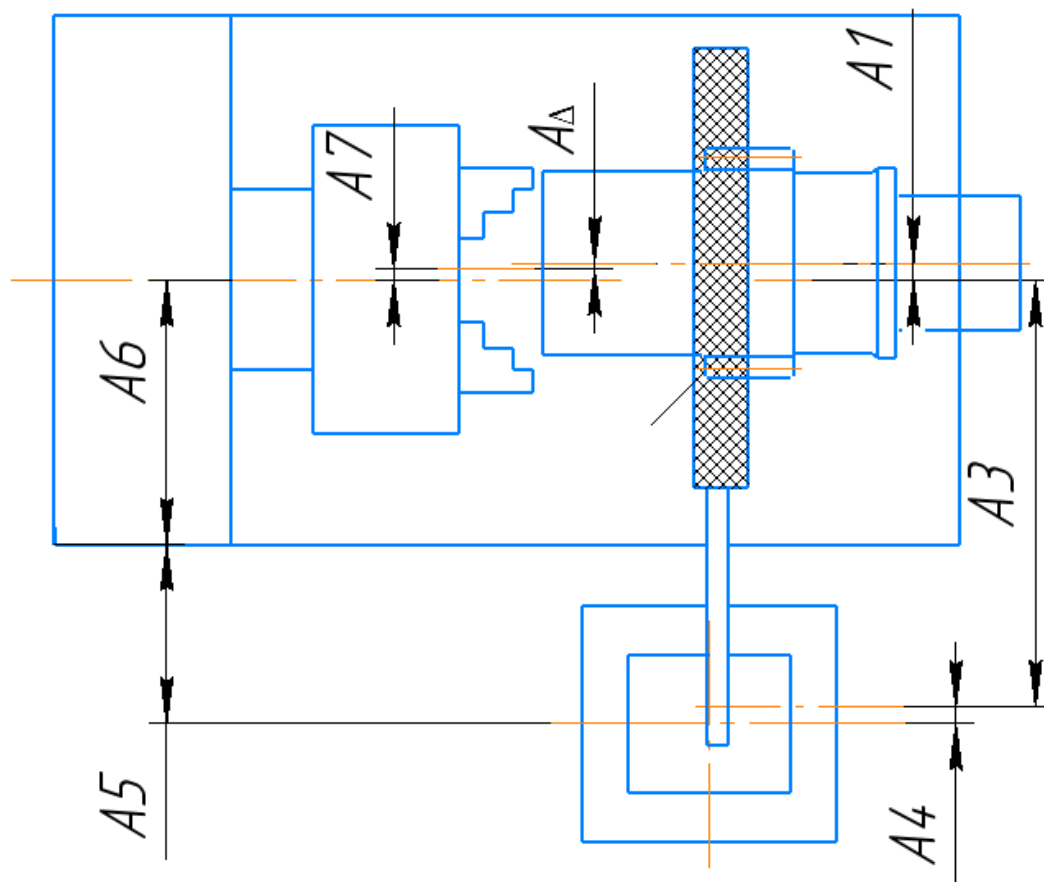


Рисунок 11 – Расчетная схема определения размерных связей

Диапазон раскрытия кулачков гидравлических трехкулачковых патронов равен 8 мм. Таким образом, номинальное значение $A_{\Delta}=0$ мм, а допуск его размер составляет $T_{\Delta}=8$ мм. Значение A_{Δ} можно записать в виде $A_{\Delta}=0\pm 4$ мм. Для проведения дальнейшего анализа значения A_{Δ} недостаточно. Наличие отклонения от соосности заготовки и жесткое закрепление заготовки промышленным роботом в момент ее закрепления будет вызывать перемещение заготовки в положение отличное от заданного. Сила, возникающая при этом, может быть определена по формуле:

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

где j – жесткость технологической системы. Жесткость робота $j=10000$ Н/мм.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Для расчета допустимой величины погрешности установки, обеспечивающей точное базирование и безопасность для механизмов закрепления и передачи заготовки, решается обратная задача. Определим предельное отклонение от соосности заготовки и патрона через условие жесткости (предельно допустимая нагрузка для робота Fanuc M-710iC = 7000 Н):

$$A_{\Delta\max} = P/j$$

$$A_{\Delta\max} = 7000/10000 = 0,7 \text{ мм};$$

$$T_{\Delta} = 0,7 \text{ мм}.$$

В соответствии с расчетной схемой запишем общее уравнение для расчета максимальной величины отклонения от соосности:

$$A_{\Delta} = A_1 + A_2 + A_3 - A_4 - A_5 - A_6 - A_7,$$

где $A_1 = 0,025$ мм – отклонение от соосности технологической базы заготовки, устанавливаемой в патрон, и базы, определяющей положение заготовки в захвате робота; $A_2 = A_{2y} + A_{2ц}$ – отклонение от соосности поверхности заготовки в схвате, вызванное погрешностью установки заготовки в схвате $A_{2y} = 0,08$ мм и отклонением от соосности приспособления схвата $A_{2ц} = 0,005$ мм; $A_3 = 2500_{-0,05}$ мм – расстояние от оси схвата робота до нуля робота (точки начала отсчета всех перемещений робота по управляющей программе); $A_4 = 0^{+0,05}$, мм – расстояние от нуля робота до основной базы робота, определяющее его положение относительно станка; $A_5 = 1000_{-0,04}$ мм – расстояние между станком и роботом; $A_6 = 1500_{-0,05}$, мм – расстояние от оси шпинделя станка до основной базы станка; $A_7 = A_{7y} + A_{7ц}$ – отклонение от соосности кулачков патрона и оси шпинделя станка, вызванное погрешностью центрирования кулачков патрона $A_{7ц} = 0,002$ мм и погрешностью установки патрона на шпиндель $A_{7y} = 0,005$ мм.

Данная размерная цепь характеризует взаимосвязь размеров и отклонений между станком, промышленным роботом и заготовкой. При автоматической работе комплекса станок-робот необходимо обеспечить точную установку каждой заготовки в патрон станка. Поэтому при решении размерной цепи допуск

замыкающего звена должен быть меньше или равен сумме полей допусков составляющих звеньев:

$$T_{\Delta} \geq T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7,$$

где $T_1 - T_7$ – допуски размеров А соответствующего номера.

Определим сумму допусков составляющих звеньев:

$$T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 = 0,025 + (0,08 + 0,005) + 0,05 + 0,05 + 0,04 + 0,05 + (0,002 + 0,005) = 0,307 \text{ мм.}$$

Анализ установочных размерных связей показал, что $T_{\Delta} > 0,307 \text{ мм}$, следовательно, с помощью выбранного робота возможна установка заготовки в трехкулачковый патрон токарно-фрезерного станка. На всех операциях механической обработки станках используются аналогичные станки с аналогичными трехкулачковыми патронами с подобными характеристиками, также для установки и снятия заготовки используется такой же робот манипулятор, поэтому результаты анализа установочных размерных связей также показывают возможность установки заготовки в трехкулачковые патроны на всех операциях данного технологического процесса.

4.10 Разработка структурной схемы ГПС

Поскольку деталь «Вал манипулятора гидравлического» будет изготавливаться в условиях серийного производства, применим структурную схему организации материальных потоков с использованием промежуточных накопителей.

Поскольку деталь «Вал манипулятора гидравлического» является телом вращения, применим фронтальную компоновочную структуру.

Структурная схема проектной ГПС представлена на рисунке 12 и в приложении 1.

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		144

Рисунок 12 – Структурная схема ГПС

1 – автоматизированный склад; 2 – роботизированная тележка; 3 – токарно-фрезерный станок с ЧПУ; 4 – зубофрезерный станок; 5 – робот-манипулятор; 6 – моечная машина; 7 – накопитель заготовок; 8 – Участок сбора отходов; 9 – УАК; 10 – станция зарядки аккумуляторов; 11 – УИО.

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		145

5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ

Спроектированный гибкий производственный участок состоит из:

- 1) Автоматизированный склад;
- 2) Роботизированная тележка Ronavi M500;
- 3) Токарный станок с ЧПУ DMG MORI CTX beta 2000;
- 4) Зубофрезерный станок с ЧПУ GearSpect SF 350/500 CNC;
- 5) Робот–манипулятор Fanuc M-710iC;
- 6) Моечная машина;
- 7) Накопитель заготовок;
- 8) Участок сбора отходов;
- 9) Участок активного контроля;
- 10) Станция зарядки аккумуляторов;
- 11) Участок инструментального обеспечения;
- 12) Верстак;
- 13) Точильный станок;
- 14) Склад мерительного инструмента;
- 15) Склад режущего инструмента;
- 16) Временный склад заготовок;
- 17) Приёмо-раздаточный стол;
- 18) Координатно-измерительная машина;
- 19) Ящик с песком;
- 20) Огнетушитель;
- 21) Аптечка;
- 22) Питьевая вода;
- 23) Пожарный кран;
- 24) Подвоз сжатого воздуха;
- 25) Подвоз электроэнергии;
- 26) Подвоз СОЖ.

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		146

Участок механической обработки расположен в одном пролете вдоль колонн. Расстояние между колоннами 24 метра, ширина пролетов 9 метров, ширина магистральных проездов 4 метра.

В разработанном ГПУ все перемещения производятся при помощи напольного робокара. Кран-штабелер берет заготовку (ЗГ) из ячейки главного склада и перемещает ее на приемо-раздаточный стол (ПРС). С ПРС ЗГ берет схват промышленно робота (СПР) установленного между ПРС и укладывает в паллету на робокар. Робокар перемещает ЗГ к токарному станку, СПР, установленный около токарного станка снимает ЗГ с робокара и устанавливает на станок. При наличии на станке обрабатываемой ЗГ, вновь поступившую ЗГ СПР размещает на ПРС. После обработки СПР перемещает ЗГ со станка на паллету робокара (при загрузке робокара в данный момент времени СПР перемещает ЗГ на ПРС). Аналогично происходит доставка и установка ЗГ на зубофрезерный станок. После обработки СПР перемещает деталь на робокар, который транспортирует деталь на мойку к моечной машине. Около моечной машины также располагается СПР, который осуществляет загрузку и разгрузку моечной машины. После мойки робокар перемещает деталь на УАК, а после контроля – на склад. На УАК располагается координатно-измерительная машина. По аналогичному процессу происходит перемещение в специальном контейнере отходов производства – стружки на склад. При низком уровне заряда аккумулятора робокара робокар перемещается на станцию зарядки аккумуляторов, где происходит замена аккумулятора на заряженный. Разряженный аккумулятор ставится на зарядку.

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		147

6 БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ

6.1 Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда

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

Для поддержания параметров микроклимата на уровне, необходимом для обеспечения комфортности и жизнедеятельности, применяют вентиляцию помещений, где человек осуществляет свою деятельность. Оптимальные параметры микроклимата обеспечиваются системами кондиционирования воздуха, а допустимые параметры – обычными системами вентиляции и отопления.

К нормируемым параметрам микроклимата относятся:

- температура воздуха;
- влажность воздуха;
- скорость движения воздуха.

Обработка детали «Вал манипулятора гидравлического» относится к категории 2В, т.к. масса детали не превышает 75 кг. К категории 2В, относятся работы с интенсивностью энергозатрат 223-290 Вт, связанные с ходьбой и переноской тяжести до 15 кг и сопровождающиеся умеренными физическими напряжениями (ряд профессий в механизированных литейных, прокатных, кузнечных, термических, сварочных цехах машиностроительных и металлургических предприятий и т.п.). Нормируемые параметры микроклимата (таблица 28) не должны выходить за пределы нормативных величин,

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		148

установленных в СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

Таблица 28 – Нормируемые параметры микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Теплый	18-22	40-75	0,2
Холодный и переходный	19-23	40-75	0,2

Выполнение этих норм осуществляется путем проведения следующих мероприятий:

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

Мероприятия, проводимые при использовании СОЖ:

- 1) на состав применяемой СОЖ необходимо разрешение санитарного надзора;
- 2) состав СОЖ на водном растворе, их антимикробная защита и пастеризация должны удовлетворять требованиям ГОСТ 121.3.025-80 ССБТ «Обработка металлов резанием. Общие требования безопасности»;

3) приготовление и подача СОЖ к станкам должна быть централизованной;

4) периодичность и промывка систем для подачи СОЖ должна быть не реже 1 раза в 6 месяцев;

5) станки должны быть оборудованы специальными сборниками и экранами защиты оператора;

6) помещение оборудуется общеобменной вентиляцией с подачей приточного воздуха в рабочую зону со скоростью не более 0,5 м/с. Общая производительность вентиляции должна составлять 850-900 м³/час на один станок;

7) рабочие должны использовать дерматологические кремы и пасты.

Для спроектированного техпроцесса предусматриваются следующие виды защиты:

- 1) Ограничивающие, закрывающие доступ к опасным частям оборудования. Для этого используются кожухи, щиты. Ограждения должны быть достаточно прочными, надежно крепиться к фундаменту или частям машины;
- 2) Предохранительные, автоматически отключающие оборудование при выходе какого-либо параметра за пределы допустимого;
- 3) Сигнализирующие, окраска опасных частей оборудования в красный цвет;
- 4) У станков предусмотрены дверцы для защиты от разлетающейся стружки.

Мероприятия по безопасной эксплуатации лезвийного инструмента:

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

Проводятся также следующие организационные мероприятия:

1) Инструктаж техники безопасности производится, как правило, вовремя приобретения профессионально и/или специального образования. Так же правила техники безопасности публикуются в соответствующих той или иной специальности в учебных пособиях. По характеру и времени проведения, инструктажи подразделяют на:

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

2) запрещение операторам ремонтировать электрооборудование;

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

6.2 Мероприятия по электробезопасности

Электробезопасность должна обеспечиваться:

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		150

1) конструкцией электроустановок (согласно требованиям ССБТ, стандартам и ТУ на электротехнические изделия) и организацией их безопасной эксплуатации защитными устройствами:

а) ограждающие – щиты, изолирующие накладки, временные переносные заземления и предупредительные плакаты;

б) изолирующие:

– основные – диэлектрические резиновые перчатки, инструмент с изолированной рукояткой и токоискатели, изолирующие штанги, токоизмерительные клещи и указатели высокого напряжения;

– дополнительные (усилить защитное действие основных) – диэлектрические галоши, коврики и изолирующие подставки.

в) предохранительные защитные очки, противогазы, специальные рукавицы и т.д.

2) техническими способами и средствами защиты (в стандартах и ТУ) применяют отдельно или в сочетании друг с другом:

3) организационными и техническими мероприятиями:

– назначение лиц, ответственных за организацию и безопасность производства работ;

– оформление наряда или распоряжения на производство работ;

– осуществление допуска к проведению работ;

– организация надзора за проведением работ;

– оформление окончания работы, перерывов в работе, переводов на другие РМ;

– установление рациональных режимов труда и отдыха.

На участке необходимо проводить следующие мероприятия по электробезопасности:

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

2) сделать токоведущие части недоступными для случайного прикосновения;

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		151

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

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

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

6.3 Мероприятия по пожарной безопасности

Пожар – это неконтролируемое горение вне специальногоочага, наносящее материальный ущерб. Горение – этохимическая реакция окисления, сопровождающаяся выделением тепла.

Для возникновения горения необходимы:

- горючее вещество;
- окислитель;
- источник загорания.

Опасными факторами пожара являются:

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

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

Выбор первичныхсредств пожаротушения. На участке располагаются следующие первичные средства пожаротушения:

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		152

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

Мероприятия, предупреждающие пожар на участке.

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

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

К организационным мероприятиям относятся:

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

Порядок действия при пожаре:

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

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		153

7 ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

По итогу выполнения выпускной квалификационной работы, был разработан проектный вариант технологического процесса изготовления детали «Вал манипулятора гидравлического». Отличительной чертой проектного варианта технологического процесса от действующего, является то, что он спроектирован в соответствии с принципом единства и постоянства баз. Также применено новое, более производительное обрабатывающее оборудование с ЧПУ, которое при высокой точности позволяет совмещать отдельные виды операций в одну комплексную с ЧПУ.

Кроме этого, было выявлено, что режимы резания и технические нормы времени, на операциях действующего технологического процесса не соответствуют нормативным, выявлена заниженность подач и скоростей резания. Поэтому в проектном варианте все параметры приведены в соответствие с нормативами справочников и ГОСТов.

Новый способ получения заготовки позволил снизить коэффициент материалоемкости, что позволило снизить трудоёмкость операций механической обработки и уменьшить количество материала уходящего в стружку.

Использование сборного режущего инструмента, с PVD покрытием, позволило повысить производительность механической обработки.

В конструкторской части выпускной квалификационной работы было спроектировано специальное стоночное приспособление, специальный режущий инструмент и хват промышленного робота. Это позволило уменьшить количество ручного труда и автоматизировать участок механической обработки.

Окончательный контроль размеров и отклонений детали производится на координатно-измерительной машине.

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		154

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гузеев, В.И. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением / В.И. Гузеев, В.А. Батуев, И.В. Сурков. – Москва: Машиностроение, 2007. – 368с.
2. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учеб. Пособие для техникумов по предмету: «Основы учения о резании металлов и режущий инструмент». Нефедов Н.А., Осипов К.А. – 5-е изд., прераб. и доп. – М.: «Машиностроение», 1990. – 448с
3. Каталог токарного металлорежущего инструмента фирмы Sandvik Coromant.
4. Каталог вращающегося металлорежущего инструмента фирмы Sandvik Coromant.
5. 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.
6. Ординарцев, И. А. Справочник инструментальщика / И. А. Ординарцев, Г. В. Филиппов, А. Н. Шевченко – М.: Машиностроение, 1987. – 830 с.
7. Общемашиностроительные типовые нормы, нормативы численности и нормативы времени обслуживания для вспомогательных рабочих цехов основного и вспомогательного производства (утв. постановлением Госкомтруда СССР, ВЦСПС от 02.03.1979 N 73/5-4)
8. Каталог измерительных наконечников Renishaw: «StyliforZeissapplications»
9. Учебное пособие для вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты»/ Под общ. ред. Г. Н. Кирсанова – М.: Машиностроение, 1926. – 288 с: ил.
10. Автоматизация производственных процессов в машиностроении учебное пособие к курсовому проекту / В.В. Батуев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – 40 с.

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		155

ПРИЛОЖЕНИЕ А (линейная размерная схема заводского ТП)

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		156

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (диаметральная размерная схема заводского ТП)

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		157

ПРИЛОЖЕНИЕ В (линейная размерная схема проектного ТП)

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		158

ПРИЛОЖЕНИЕ Г (диаметральная размерная схема проектного ТП)

					ЮУрГУ.150305.2020.451.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		159