

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ В.И. Гузеев  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Проектирование участка механической обработки детали «Рычаг  
внутренний» с разработкой конструкторско-технологического обеспечения

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ-150305.2020.494.00 ПЗ ВКР

Нормоконтролер  
Шипулин Л.В.  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Руководитель  
\_\_\_\_\_ Нуркенов А.Х.  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Автор работы  
студент группы ПЗ-551  
\_\_\_\_\_ Лаптев А.С.  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

## АННОТАЦИЯ

Лаптев А.С. Проектирование участка механической обработки детали «Рычаг внутренний» с разработкой конструкторско-технологического обеспечения. – Челябинск: ЮУрГУ, ПЗ-551; 2020, 80 с., 44 ил., 5 табл., библиографический список – 8 наим., 10 листов чертежей формата А1, 22 листа карт технологического процесса.

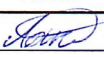
Цель дипломной работы заключается в анализе служебного назначения узла, агрегата, а также в анализе служебного назначения детали и ее технологичность.

В процессе работы был проанализирован старый технологический процесс и в результате предложен проектный вариант, цель которого направлена на исправление недостатков старого. В работе рассмотрен метод получения заготовки, выбрано современное оборудование с ЧПУ.

Рассчитан новый размерный анализ, расчет которого привел к тому, что выбранный технологический процесс позволит обработать деталь без брака.

Рассчитаны режимы резания и нормы времени на одну операцию, спроектировано и рассчитано станочное приспособление, и специальный режущий инструмент, которые используются в проектом варианте. Разработано новое контрольное приспособление.

В графической части выполнен чертеж детали, разработан чертеж новой заготовки, РТК, чертеж станочного приспособления, режущего инструмента, чертеж приспособления для технического контроля детали. Разработан чертеж сравнительной технологии, разработана планировка механического участка.

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00ПЗ</i>			
					Проектирование участка механической обработки детали «Рычаг внутренний» с разработкой конструкторско-технологического обеспечения	Лит.	Масса	Масштаб
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				
	Разраб.	Лаптев А.С.						
	Пров.	Нуркенов А.Х.						
						Лист 2	Листов	
	<i>Н. контр.</i>	Шипулин Л.В.			<i>ЮУрГУ Кафедра ТАМ</i>			
	<i>Утв.</i>							

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Общая часть.....	7
1.1 Назначение и описание работы узла, агрегата, машины.....	7
1.2 Служебное назначение детали и технические требования, предъявляемые к ней.....	8
2 Технологическая часть.....	9
2.1 Анализ технологичности детали.....	9
2.2 Анализ действующего технологического процесса.....	11
2.2.1 Анализ документации действующего техпроцесса.....	11
2.2.2 Анализ оборудования, режущего инструмента, оснастки.....	19
2.2.3 Размерный анализ действующего техпроцесса.....	27
2.2.4 Выводы из анализа и предложения по разработке проектного техпроцесса.....	29
2.3 Разработка проектного технологического процесса.....	29
2.3.1 Разработка маршрутного техпроцесса.....	29
2.3.2 Выбор оборудования для реализации техпроцесса.....	30
2.3.3 Выбор и обоснование метода получения исходной заготовки.....	33
2.3.4 План операций и переходов проектного техпроцесса.....	34
2.3.5 Размерный анализ проектного техпроцесса.....	40
2.3.6 Расчет режимов резания и норм времени.....	42
2.3.7 Расчет необходимого количества оборудования.....	50
3 Конструкторская часть.....	53
3.1 Проектирование станочного приспособления.....	53
3.2 Проектирование режущего инструмента.....	62
3.3 Описание работы контрольного приспособления.....	67
4 Планировка участка.....	70
4.1 Описание работы участка.....	70
4.2 Описание мероприятий по охране труда.....	71
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	79
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	80

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		3

## ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение – комплексная отрасль, включающая в себя различные сферы производства. Развитие данной отрасли определяет экономический потенциал государства, поскольку выпускаемая продукция используется практически во всех сферах. Машиностроение является основным производством любого государства, развития которого сказывается на качестве жизни населения, дает устойчивый рост государственной экономики.

В связи с этим и современным состоянием народного хозяйства России, становится актуально решать вопросы развития национального машиностроения. Перспективным вариантом для отечественной экономики по части улучшения и решения проблем машиностроительной отрасли следует следование по пути преуспевающих зарубежных государств.

К сожалению, в нашей стране доля машиностроения в выпуске продукции промышленности остается стабильно низкой, значительно уступая показателями развитых стран, прежде всего – США. На сегодняшний день Соединенные Штаты – крупнейший мировой производитель в области машиностроения, удельный вес продукции которой в общем объеме отгруженных товаров обрабатывающих производств в 2014 году стал равен 30,1 %.

В структуре промышленного производства Российской Федерации удельный вес машиностроения составляет около 20 %. Кроме того, в экономически развитых странах на долю машиностроительных производств приходится от 30 до 50 % от общего объема выпуска промышленной продукции (в Германии – 53,6 %, Японии – 51,5 %, Англии – 39,6 %, Италии – 36,4 %, Китае – 35,2 %). С точки зрения экономической безопасности предельным считается уровень машиностроения в ВВП – 30 %. Получаемая от машиностроительной отрасли прибыль способна обеспечить полное техническое перевооружение промышленности в развитых странах мира каждые 8 - 10 лет.

Доля машиностроения в ВВП менялась таким образом: в 2000 г. она составила 13,3 %, в 2005 г. – 8,2 %, в 2010 г. – 7,8 %, в 2014 г. – 8,0 %. ВВП. Отметим, что к настоящему времени российское машиностроение достаточно

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		4

сильно уступает по своему развитию многим развитым и даже развивающимся странам. Положение в данной отрасли не спасает даже успешное внедрение новых технологий, не говоря о заимствовании опыта других стран. Скорость инновационного развития слишком мала для конкуренции с американскими, азиатскими и европейскими машиностроительными компаниями. На данный момент макроэкономика и политика нашей страны также отрицательно влияет на машиностроительную отрасль.

Состояние развития машиностроительного производства Российской Федерации определяется не только спросовыми, но и инвестиционными ограничениями. Они и тормозят модернизацию производства, в основе которой лежит улучшение уровня качества продукции, и как следствие, повышение ее конкурентоспособности.

В оборонном комплексе сложилась особенно сложная ситуация. Здесь численность производственного персонала сокращается куда стремительнее, чем во всей области машиностроения. Заметнее всего снизилась занятость в электронной промышленности, а также в производстве спецсредств связи. Все эти обстоятельства являются следствием ухода высококвалифицированных специалистов из исследовательских организаций, конструкторских бюро, в том числе за границу. Тяжелая ситуация сложилась в тех регионах, где предприятия ВПК являются градообразующими предприятиями (Урал, Удмуртия и некоторые области Центрального экономического района).

Одной из главных целей развития машиностроительного производства является полная реконструкция и опережающий рост следующих отраслей: станкостроение, приборостроение, электронная и электротехническая промышленность. Существенное значение должно придаваться разработке и внедрению новых технологий, сохранению научно-технического потенциала, восстановлению производства в различных отраслях машиностроения, способных создавать конкурентоспособную продукцию. Для успешного решения поставленных задач, требуется инвестиционная активность и государственная поддержка предприятий, которые полагаются на производство продукции высоких технологий. Без вышеописанных обстоятельств невозможно достичь

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		5

технологического обеспечения развития экономики и участия нашей страны в международном разделении труда в качестве полноправного партнера.

Выпускная квалификационная работа содержит пояснительную записку и графическую часть. Пояснительная записка содержит информацию о назначении и технологичности детали, методе получения заготовки, маршруте обработки детали, методах контроля и возможных видах брака при изготовлении, а также расчет режимов резания и норм времени. Графическая часть содержит чертеж детали, заготовки, плакаты сравнения тех.процессов, плакаты РТК, чертеж станочного приспособления, контрольного, режущего инструмента и планировку участка.

Работа выполнена с использованием методической, учебной, технической справочной литературы и нормативной документации.

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		6

## 1.Общая часть

### 1.1. Назначение и описание работы узла, агрегата, машины

Деталь «Рычаг внутренний» входит в состав блока газодинамической установки (ГДУ), в состав узла «Блок интерцепторов».

Блок газодинамической установки с интерцепторами в составе выбранной в качестве прототипа реактивного двигателя содержит раму, на которой установлены раструб соплового блока двигателя, четыре подвижных интерцептора и привода, кинематически соединенные интерцепторами. Блок ГДУ через торец раструба соплового блока может быть закреплен на газоходе двигателя. Ввод в газовый поток работающего двигателя, за плоскость среза его сопла, интерцепторов отклоняет газовый поток, создавая боковую силу.

Блок ГДУ состоит из рамы, на которой закреплен фланец сопла двигателя. На раме смонтированы четыре интерцептора, расположенные по каналам управления летательного аппарата в плоскостях установки аэродинамических рулей. Диаметрально расположенные интерцепторы попарно жестко соединены траверсами и образуют два рычага (внутренний и внешний). Рычаги имеют запрессованные в них подшипники, с помощью которых они вращаются вокруг осей, установленных в проушинах рамы. На раме закреплены привода, штоки которых через подшипники установлены в проушинах рычагов.

На траверсах рычагов установлены накладки, изготовленные из жаро- и эрозионностойких материалов на основе вольфрамо-медных и молибденовых сплавов.

Поверхности накладок, обращенные в сторону плоскости среза сопла, выполнены сферическими с центром сферы, совпадающей с точкой "О" пересечения осей вращения рычагов. Между накладками и траверсами установлены регулировочные прокладки. Накладки и прокладки крепятся к траверсам и между собой на клею и болтами.

Регулировочные прокладки устанавливаются также между фланцем сопла и рамой. Блок ГДУ через фланец сопла жестко крепится, например, к газоходу двигателя. На траверсах рычагов и наружной поверхности сопла установлены

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7



защитные экраны из материалов аналогичных материалам накладок интерцепторов.

## 1.2. Служебное назначение детали и технические требования, предъявляемые к ней

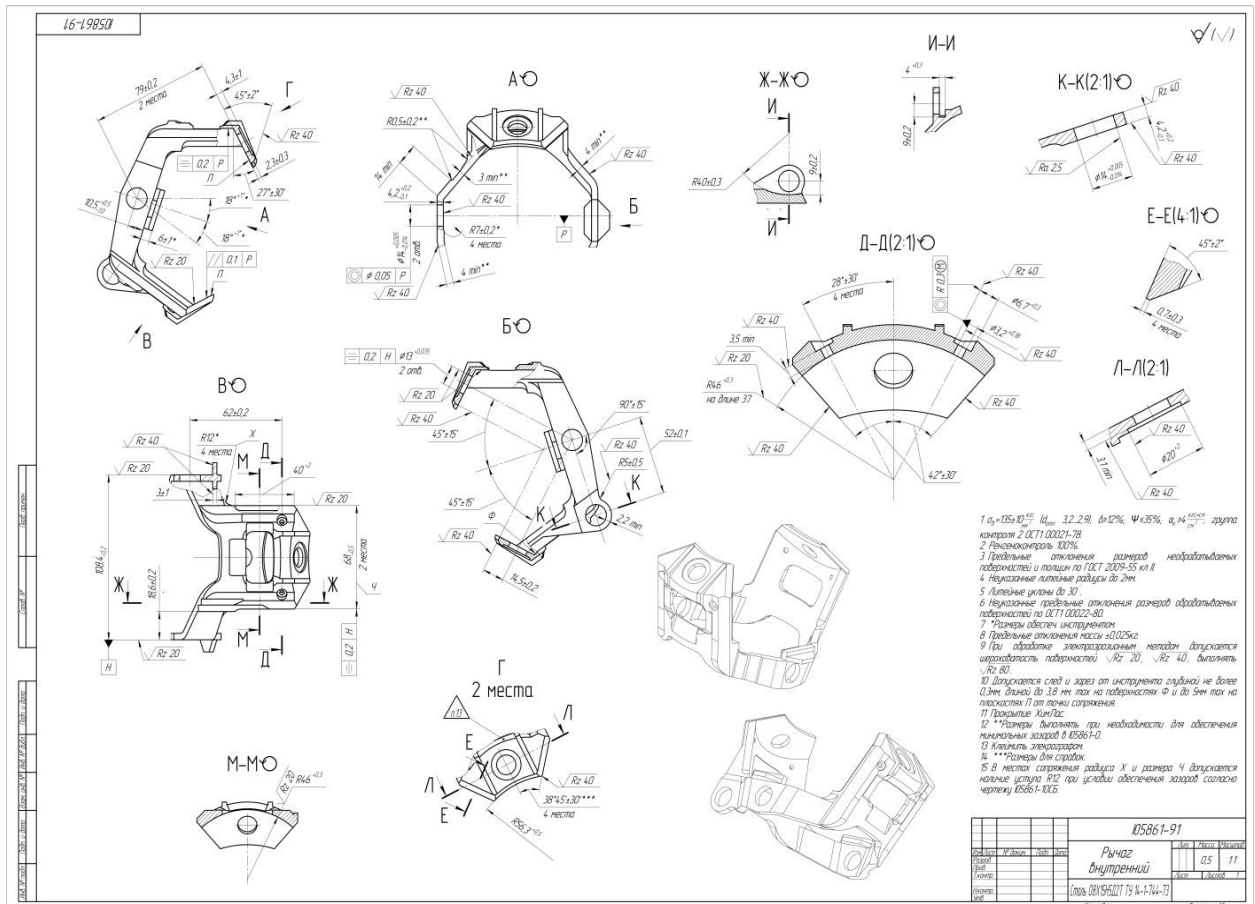


Рисунок 1.2.1 – Чертеж детали.

Диаметрально расположенные интерцепторы попарно с помощью траверс жестко соединены в два рычага, каждый из которых кинематически связан со штоком привода, и взаимно перпендикулярные оси вращения рычагов пересекаются в точке "O", расположенной на продольной оси агрегата.

Такое решение позволило сократить до двух количество приводов, необходимых для перемещения интерцепторов, при упрощенной кинематической связи их с приводом. А также данное решение позволило синхронизировать работу двух противоположных интерцепторов, исключая возможность



одновременного нахождения их в газовой струе и создания взаимно уничтожающих противоположно направленных газодинамических сил.

## 2. Технологическая часть

### 2.1. Анализ технологичности детали

Технологичность детали может оцениваться по количественным показателям, определяющим экономические затраты на производство, и по качественным показателям, которые позволяют описать конструкцию детали словами «технологична – нетехнологична».

По качественным показателям деталь должна соответствовать следующим требованиям:

- унифицированность элементов детали (резьбы, канавки, диаметры, шпоночные пазы и т.д.);
- простота формы детали;
- 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;
- возможность достижения минимальной заданной шероховатости поверхности детали на основном технологическом оборудовании;
- возможность обработки детали универсальным режущим инструментом.

По представленным критериям произведем отработку конструкции детали «рычаг внутренний» на технологичность, результаты анализа представлены в таблице 2.1.

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						9
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Таблица 2.1 – Отработка конструкции детали на технологичность

№ п.п.	Критерий оценки	Сравнительная характеристика	Оценка
1	Унифицированность элементов и форм детали	Все элементы и формы детали унифицированы	Технологична
2	Простота формы детали	Деталь имеет простую форму	Нетехнологична
3	Доступность поверхностей детали для обработки	Все поверхности легкодоступны	Технологична
4	Возможность совмещения конструкторских и технологических баз	Возможность совмещать конструкторские и технологические базы	Технологична
5	Подвод и отвод режущего инструмента;	Конструкция детали позволяет обеспечить, свободный подвод и отвод режущего инструмента	Технологична
6	Возможность достижения минимальной заданной шероховатости поверхности детали на основном оборудовании	Возможно достичь минимальную шероховатость поверхности детали, не применяя специального оборудования	Технологична

продолжение таблицы 2.1

7	Наличие поверхностей для захвата детали промышленным роботом и базирования на промежуточных накопителях и в основном оборудовании.	Имеются поверхности для захвата и базирования детали промышленным роботом	Технологична
---	--	---	--------------

Обработка производится стандартными и специальными инструментами. Все обрабатываемые поверхности имеют свободный доступ для режущего инструмента. Обрабатываемые поверхности с точки зрения обеспечения точности и параметров шероховатости поверхности не вызывают технологических затруднений.

## 2.2. Анализ действующего технологического процесса

### 2.2.1. Анализ документации действующего техпроцесса

Маршрутная карта действующего технологического процесса выполнена на бланках ГОСТ 3.1118-82 «ЕСТД. Формы и правила оформления маршрутных карт».

Маршрутная карта оформлена правильно, указано название детали, чертежный номер, материал заготовки, масса детали. Указаны номера карт по технике безопасности.

Перечислены операции технологического процесса (наименование операций, применяемое оборудование, цех, участок, инструкция по технике безопасности).

Единственный недостаток маршрутной карты в том, что не указано штучное и подготовительно-заключительное время. Первый лист маршрутной карты показан на рисунке 2.1.

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		11



ГОСТ 3.1404-86 Форма 3											
Дубл.											
Взам.											
Годл.											
							02141.65077	9	1		
Разраб.	Дерабин						Ю5861-91	60141.68204			
Проверил	Васильев										
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры				
Фрезерная с ЧПУ		08X14H5M2ДЛ-2					Штучная				
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		To	Tв	Tпс	Tшт	СОЖ			
DMU 50				48'	Mobilcut 140						
Р	ИОТ № 059, 090			ПИ	Д или В	L	t	l	S	n	V
01	Обработка ведется по управляющей программе с использованием измерительного датчика										
02	Первую деталь проточить ОТК										
03											
04	1. Установить деталь в приспособление										
05											
06	90-7220-4129 Приспособление фрезерное										
07											
08	2. Снять остатки питателей на боковых поверхностях детали предварительно										
09											
10	AK155.S40.035.016 Оправка торцевой фрезы Walter										
11	F4042.B16.040.Z05.10 Корпус фрезы Ø40 Walter Xtra-tec										
12	ADMT10T308R-F56 WSP45S Пластина Walter										
13											

Рисунок 2.2 – Пример операционной карты технологического процесса.

Операция 035 – Фрезерная с ЧПУ. Деталь обрабатывается на 5-ти осевом фрезерном станке DMU 50. Эскиз к операции изображен на рисунке 2.3

На карте эскизов показана деталь, так как она стоит на станке в закрепленном положении с указанием обрабатываемых поверхностей и их шероховатость, указаны размеры обработки. Есть несколько видов и разрезов, позволяющих указать все необходимые размеры обработки.

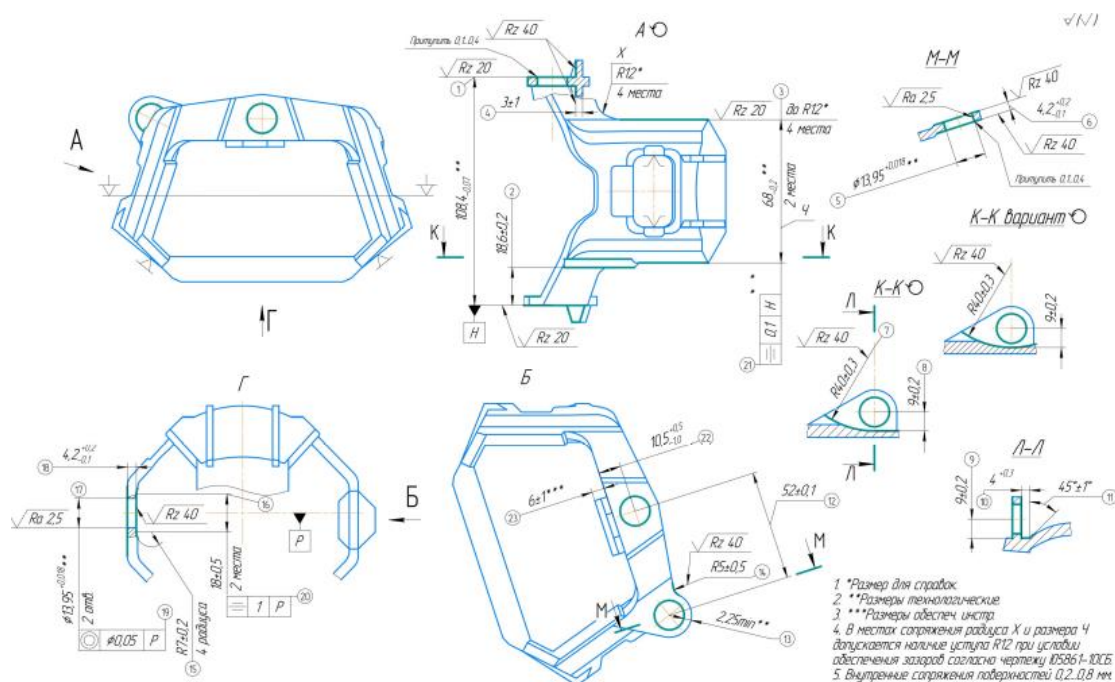


Рисунок 2.3 – Эскиз к операции 035 – Фрезерная с ЧПУ

				ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ		Лист
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		13

Операция 045 – Фрезерная с ЧПУ. Деталь ставится на токарный станок с ЧПУ DMCQ8. Эскиз к операции изображен на рисунке 2.4.

На эскизе показаны обрабатываемые поверхность, фрезеруемая плоскость и четыре на ней просверленных отверстия. Стоят все размеры, тех.требования, указана шероховатость. Вид справа дает представление об установке заготовки. Эскиз оформлен правильно.

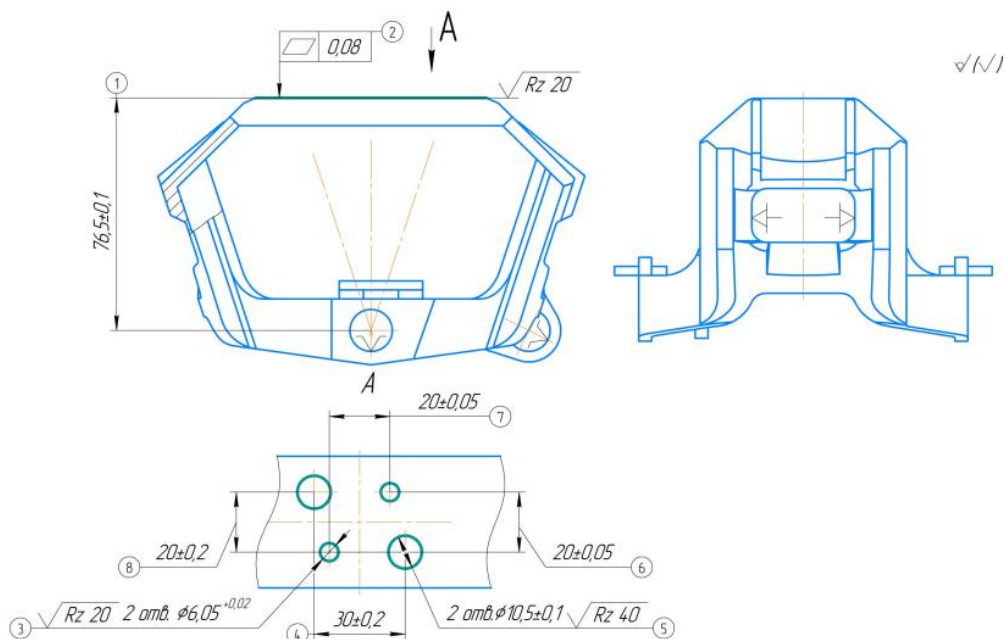


Рисунок 2.4 – Эскиз к операции 045 – Фрезерная с ЧПУ

Операция 055 – Фрезерная с ЧПУ. Деталь обрабатывается на 5-ти осевом фрезерном станке DMU 50. Эскиз к операции изображен на рисунке 2.5.

На карте эскизов показана деталь с указанием обрабатываемых поверхностей и их шероховатость, указаны размеры обработки. Есть несколько видов и разрезов, позволяющих указать все необходимые размеры обработки. Нет обозначения упоров и зажимов. Эскиз нужно доработать.

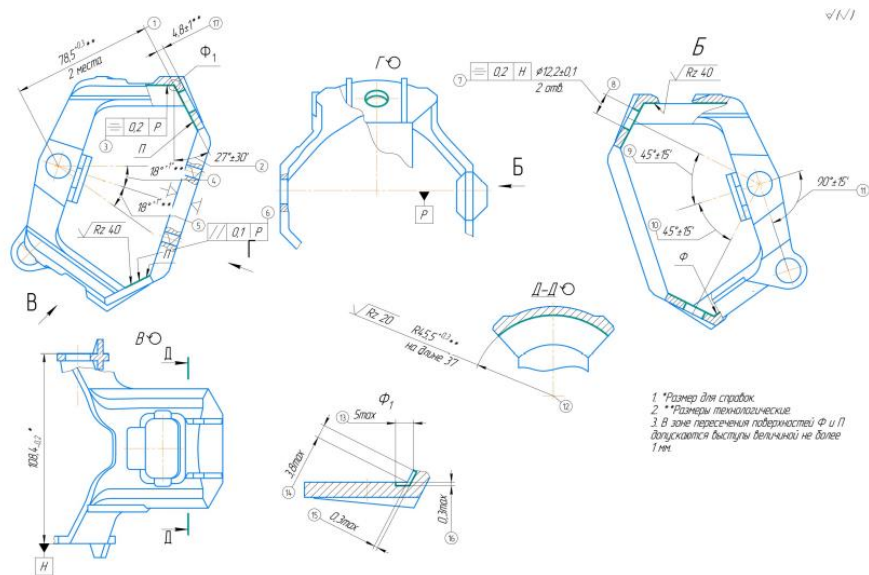


Рисунок 2.5 – Эскиз к операции 055 – Фрезерная с ЧПУ

Операция 095 – Фрезерная с ЧПУ. Деталь ставится на токарный станок с ЧПУ DMCQ8. Эскиз к операции изображен на рисунке 2.6.

На карте эскизов показана деталь с указанием обрабатываемых поверхностей и их шероховатость, указаны размеры обработки. Вид В позволяет увидеть способ закрепления детали на станке. Эскиз оформлен правильно.

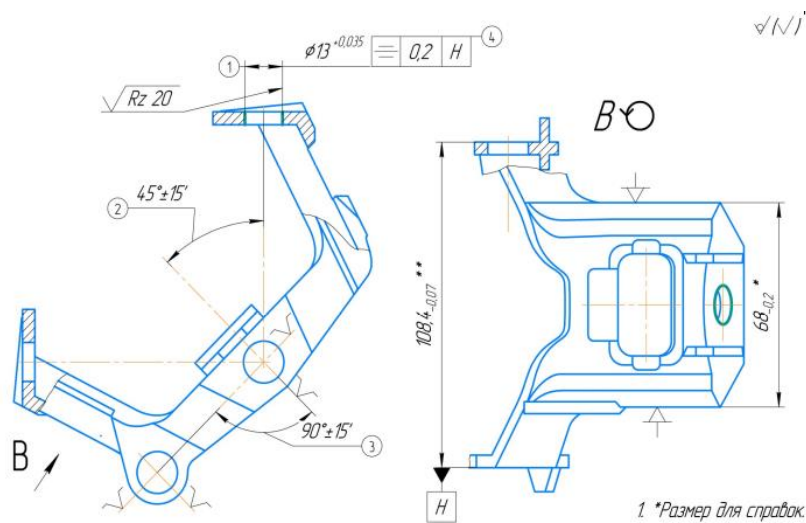


Рисунок 2.6 – Эскиз к операции 095 – Фрезерная с ЧПУ

Операция 100 – Фрезерная с ЧПУ. Деталь ставится на токарный станок с ЧПУ DMCQ8. Эскиз к операции изображен на рисунке 2.7.



На эскизе показано, как обрабатывается отверстие  $\phi 13^{+0,035}$  на детали. Стоит шероховатость, указаны размеры обработки. Вид В позволяет увидеть способ закрепления детали на станке. Эскиз оформлен правильно.

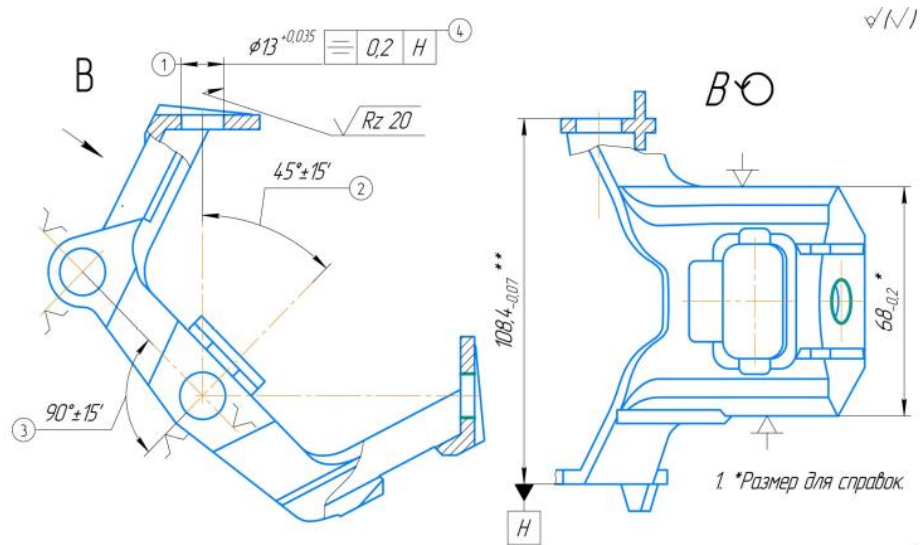


Рисунок 2.7 – Эскиз к операции 100 – Фрезерная с ЧПУ

Операция 110 – Фрезерная с ЧПУ. Деталь ставится на токарный станок с ЧПУ DMCQ8. Эскиз к операции изображен на рисунке 2.8. Эскиз оформлен правильно.

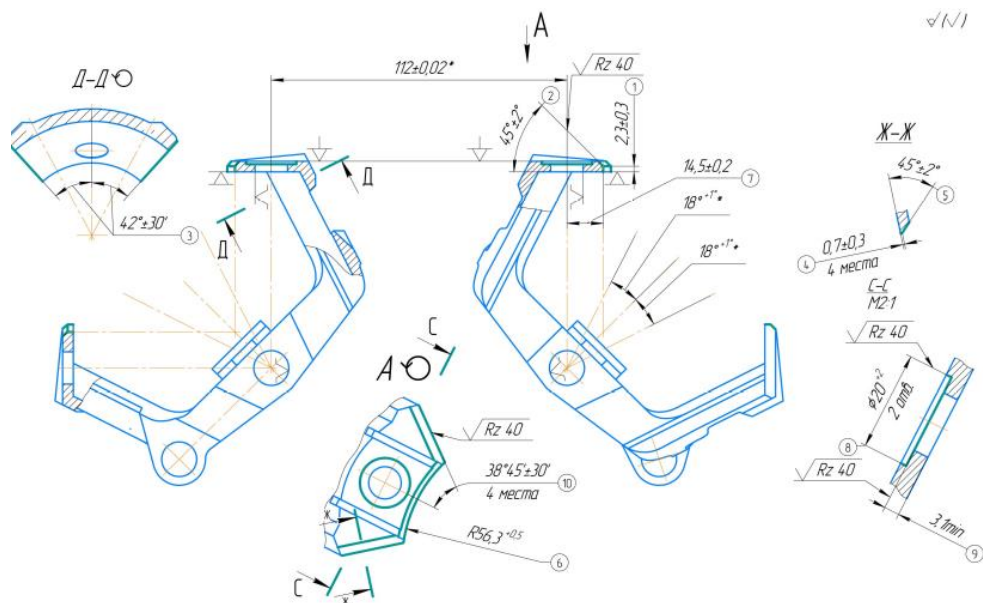


Рисунок 2.8 – Эскиз к операции 110 – Фрезерная с ЧПУ

Операция 120 – Фрезерная с ЧПУ. Деталь ставится на токарный станок с ЧПУ DMCQ8. Эскиз к операции изображен на рисунке 2.9

На эскизе показано, как фрезеруются уклоны  $42\pm 30'$  на лопастях детали. Указаны размеры, зажимы и упоры. Не обозначен вид справа. Доработать эскиз.

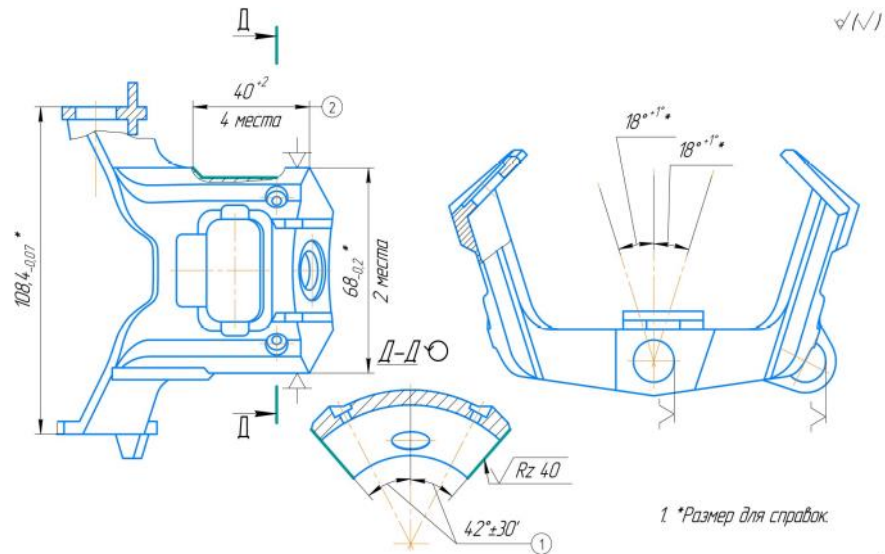


Рисунок 2.9 – Эскиз к операции 120 – Фрезерная с ЧПУ

Операции 130,135,145 – Сверлильная. Деталь обрабатывается сверлильно-резьбонарезном станке LTG-340A. Эскиз к трем операциям один и изображен на рисунке 2.10.

Деталь ставится в кондуктор и сверлятся и цекуются отверстия. Показаны шероховатости, размеры, обозначен вид Д-Д, зажимы.

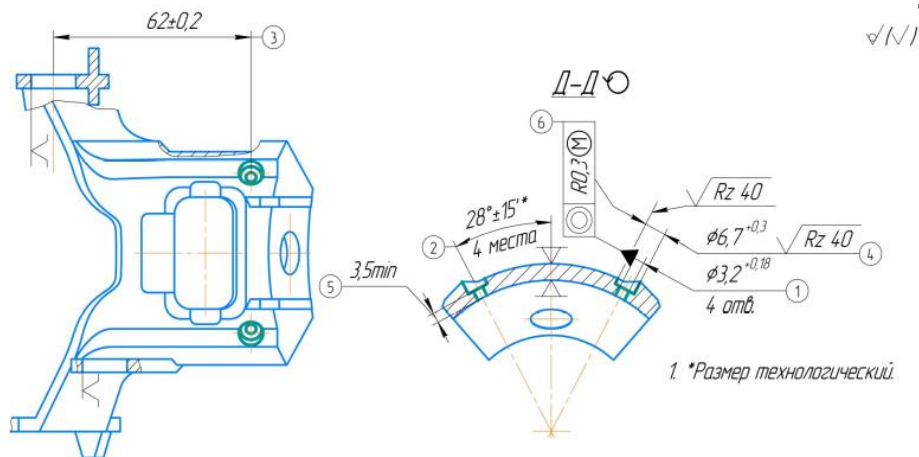


Рисунок 2.10 – Эскиз к операциям 130, 135, 145 – Сверлильная

Операции 155 – Сверлильная. Деталь обрабатывается сверлильно-резьбонарезном станке LTG - 340A. Эскиз к операции изображен на рисунке 2.11.

Показаны шероховатости, размеры, обозначен вид А, зажимы. Эскиз оформлен правильно.

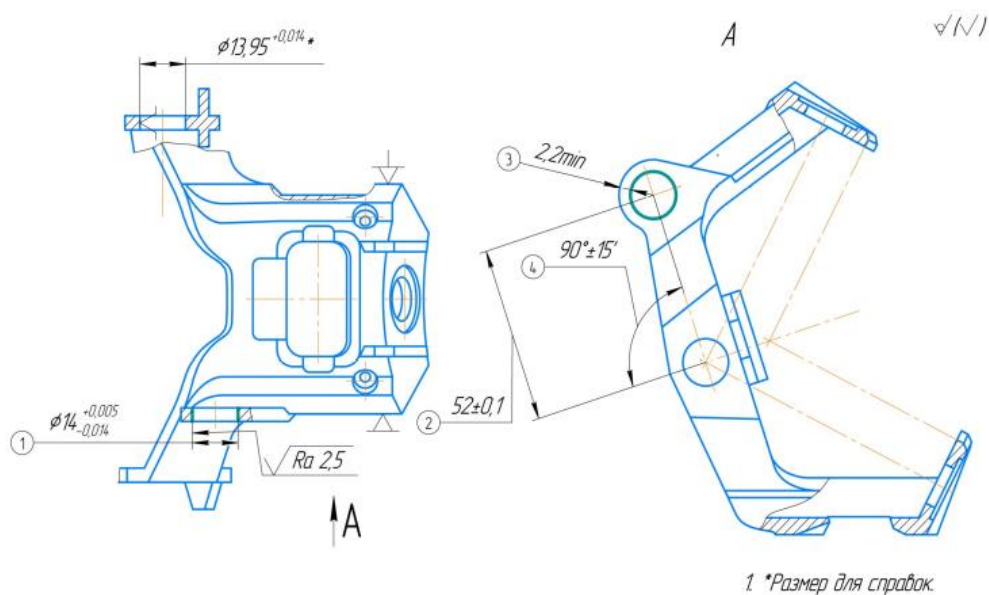


Рисунок 2.11– Эскиз к операциям 155 – Сверлильная

Операции 160 – Развертывание. Эскиз к операции изображен на рисунке 2.12.

Деталь ставится на слесарный стол и разворачивается одно отверстие  $\phi 14$ , нужно его выделить жирной линией. На эскизе есть шероховатость, размеры. Эскиз доработать.

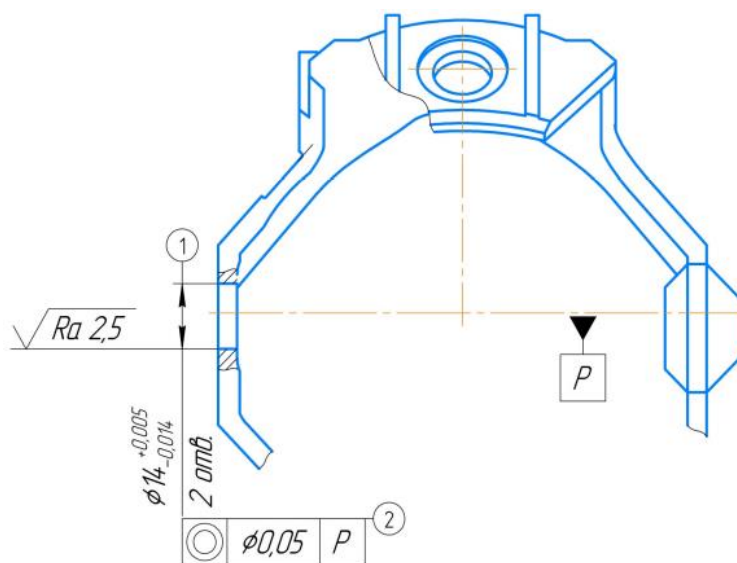


Рисунок 2.12 – Эскиз к операциям 160 – Развертывание

Карты эскизов действующего технологического процесса есть и соответствуют ГОСТ 3.1104-81. Необходимо их немного доработать. В целом все оформлено правильно.

В техпроцессе четыре контрольные операции. Они соответствуют ГОСТу 3.1502-85 «ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технический контроль». Пример карты показан на рисунке 2.13

В карте технического контроля есть переходы с указанием контролируемых размеров и мерительный инструмент. В операции записан процент контроля, но не указано вспомогательное и основное время. Контрольная операция оформлена правильно, но ее нужно немного доработать.

ГОСТ 3.1502-85 форма 2											
Дубл.											
Взам.											
Подл.											
							Ошибка:501	2	1		
Разраб.	Дерябин										
Проверил	Толмачевский					Ю5861-91			60103.69572		
Н.контр.	Карпова					Рычаг внутренний		3		090	
Наименование операции					Наименование, марка материала					МД	
Контрольная					08X14H5M2ДЛ-2						
Наименование оборудования					То	Тв	Обозначение ИОТ				
Стоп ОТК							№090				
Р	Контролируемые параметры				Код средств ТО		Наименование средств ТО			Объем и ПК, %	То/Тв
01											
02	1. Размер	1	2	4	5	90-8371-2399	Калибр комплексный			10	
03											
04	2. Размер	3				500-718-11	Штангенциркуль Mitutoyo 0-300 DIN862/1988			10	
05											
06	3. Размер	6				90-8371-2399	Калибр комплексный			10	
07											
08							Индикатор ИРБ ГОСТ 5584-75				
09											
10											
11											
12											

Рисунок 2.13 – Пример контрольной карты технологического процесса

### 2.2.2. Анализ оборудования, режущего инструмента, оснастки

В техпроцессе при обработке детали «Рычаг внутренний» в операциях 035, 055, 120 используют вертикально-фрезерный станок с ЧПУ DMU 50. Данный станок представлен на рисунке 2.2.1



Рисунок 2.2.1 – Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ DMU 50

Станок DMU 50 позволяет свободно обрабатывать деталь в цеховых условиях, в обучении, лабораториях для исследований, в производстве приспособлений и инструментов. Данный универсальный станок с ЧПУ разработан по новейшим машиностроительным технологиям.

К отличительным особенностям DMU50 относятся цифровые приводы по всем осям, быстрый ход до 24 м/мин и шпиндельным двигатель со скоростью вращения до 18000 об/мин, которые повышают динамические характеристики станка DMU 50.

Преимущества данной модели:

- максимальная гибкость: стол может быть как стационарным, так и поворотным/вращающимся, для одновременной обработки по 5 осям;
- обработка тяжелых деталей при максимальной точности производится благодаря интегрированному поворотному/вращающемуся столу и большим диаметрам по обеим вращающимся осям;
- значительно экономит место: удобный доступ к рабочей зоне станка, эффективное удаление стружки из-за сильного наклона стенки и большая рабочая зона по сравнению со станками схожего размера;
- инструментальный магазин с 16/30 или 60 местами (опция);

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		20

– мощность шпиндельного двигателя: до 18000 об/мин (опция), 130 Нм и 35 кВт (40 % постоянного тока).

В операциях 045, 095, 100, 110используют токарный станок с ЧПУ DMCQ8. Эскиз станка представлен на рисунке 2.2.2, а технические характеристики в таблице 2.2.1.

Таблица 2.2.1 Технические данные станка DMCQ8

Технические данные	Ед.изм.	
Макс. диаметр заготовки над станиной	мм	Ø 490
Макс. диаметр точения	мм	Ø 170
Макс. длина точения	мм	220
Макс. диаметр загружаемого прутка	мм	Ø 35
Частота вращения шпинделя	об/мин	5000
Присоединительный торец шпинделя	ASA	A2-6
Диаметр подшипников шпинделя (передний)	мм	Ø 100
Диаметр сквозного отверстия в шпинделе	мм	Ø 46
Максимальный крутящий момент	КгС×м	-
Привод шпинделя		Прямой
Перемещение по оси X/Z	мм	420/250
Ускоренные перемещения по оси X/Z	м/мин	30/36
Тип направляющих		линейные
Количество позиций инструмента	шт.	6
Размеры инструмента для наружной обработки	мм	20x20
Размеры инструмента для внутренней обработки	мм	Ø 32
Мощность двигателя шпинделя	кВт	7,5/11
Мощность серводвигателя оси X/Z	кВт	1,6/1,6
Общая потребляемая мощность	кВт	19.5
Высота	мм	1680

продолженине таблицы 2.2.1

Длина	мм	2035
Ширина	мм	1530
Вес	кг	2600

Станки серии G – для изготовления простых деталей, где не требуется большое количество инструмента. Возможность установки шести инструментов. Станки данной серии имеют исключительно малое время смены инструмента.

Это обусловлено тем, что для смены инструмента работающего в зоне обработки, инструментальный стол должен выполнить малое количество перемещений на холостых ходах. За счет чего уменьшается машинное время и увеличивается производительность. Отсутствие револьверной головы приводит к уменьшению стоимости станки, при сохранении качества, надежности станка и точности обработки.



Рисунок 2.2.2 – Токарный станок с ЧПУ DMCQ8

Для обработки детали на сверлильных операциях 135, 140, 145, 155 используют сверлильно-резьбонарезной станок LTG-340A. Он показан на рисунке 2.2.3.



Сверлильно-резьбонарезной станок LTG-340А может применяться, как для сверления отверстий диаметром до 16 мм, так и для нарезания резьбы в отверстиях до 13 мм (М14).



Рисунок 2.2.3 – Сверлильно-резьбонарезной станок LTG-340А

В старом техпроцессе применяются разное оборудование, два высокопроизводительных станка с ЧПУ и один универсальный. Нецелесообразно заменять сверлильный станок на станок с ЧПУ из-за небольшого количества обработки.

Анализ применяемого режущего инструмента.

Для обработки детали используют фрезы фирмы Walter. Фреза Xtra-tec F4042.B16.040.Z05.10  $\varnothing 40$  применяется для фрезеровки уступов. Эскиз фрезы изображен на рисунке 2.2.4.



Рисунок 2.2.4 – Фреза Walter Xtra-tec F4042.B16.040.Z05.10

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		23

Фреза Walter Xtra-tec для обработки уступов – инструмент с острокромочными пластинами для черновой и чистовой обработки. В техпроцессе используют несколько типоразмеров данных фрез, это  $\varnothing 16$  мм,  $\varnothing 20$  мм и  $\varnothing 40$  мм. Благодаря позитивной геометрии со спиральной режущей кромкой пластин для данной фрезы, она выполняет стабильную обработку с низким энергопотреблением.

Преимущества данного инструмента:

1. Большой удельный съём материала даже на станках, ограниченных по мощности, благодаря мягкому резанию.
2. Сокращение расходов на обработку благодаря фрезерованию без ступеньки.
3. Снижение складских расходов благодаря идеальной настройке инструмента для обработки различных материалов, многообразию геометрии и видов твердых сплавов.

Для фрезерования небольших площадок и уступов записаны фрезы фирмы Walter серии SGS 55M. Фрезы данной серии с износостойким покрытием предназначены для высокопроизводительной обработки любых видов материалов. Эксцентричный профиль, новая геометрия спиралей и стружечных канавок снижает вибрацию и улучшает чистоту обработки при увеличении осевой и радиальной глубины резания.

В техпроцессе записаны такие фрезы нескольких диаметров –  $\varnothing 6$  мм,  $\varnothing 10$  мм,  $\varnothing 12$  мм. Эскиз фрезы изображен на рисунке 2.2.5



Рисунок 2.2.5 – Фреза Walter серии SGS 55M

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		24

Для нарезания фасок используют фрезу  $\varnothing 12$  Walter Advance MC501-12.0A6L-WJ30TF. Эскиз фрезы изображен на рисунке 2.2.6



Рисунок 2.2.6 – Фреза Walter Advance MC501-12.0A6L-WJ30TF

Для разметки отверстий используют центровочные сверла Walter NC-Anbohrer  $\varnothing 6$  мм,  $\varnothing 10$  мм и  $\varnothing 20$  мм. Эскиз сверла изображен на рисунке 2.2.7



Рисунок 2.2.7 – Центровочное сверло Walter NC-Anbohrer

Для сверления отверстий используют спиральные сверла фирмы Walter Xtra-tecPoint Drill  $\varnothing 3,3$ ;  $\varnothing 5,9$ ;  $\varnothing 10,5$ ;  $\varnothing 12$ ;  $\varnothing 13$  мм. Они обеспечивают значительный рост производительности. Благодаря конструкции с четырехкромочными пластинами сверло Xtra-tec Drill идеально подходит для засверливания в наклонные и криволинейные поверхности и для сверления глубоких отверстий. Высокая эксплуатационная надежность в процессе сверления и при выводе сверла из глубокого отверстия благодаря надежному закреплению пластины. Низкая потребляемая мощность при использовании такого инструмента. Эскиз сверла изображен на рисунке 2.2.8.



Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата

*ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ*

Лист

25

## Рисунок 2.2.8 – Сверло Walter Xtra-tec Point Drill

Для растачивания небольших отверстий в техпроцессе используют расточную систему фирмы Dandrea. Особенностью этой системы является высокая точность и жесткость, как отдельно взятого патрона, так и всей системы в целом, так, например, при соединении до трех и более единиц системы радиальное на последнем узле не будет превышать 0,002 мм + биение шпинделя станка. Причем, учитывая то, что система зажима цилиндрическо-коническая за счет этого обеспечивается долговечность данных изделий, даже при износе оправок точность остается достаточно высокой. Все компоненты, используемые в системе имеют внутренние каналы подвода СОЖ.

Расточная система позволяет задавать очень узкие поля допусков и получать высочайшую степень чистоты обрабатываемых поверхностей. Пример такой системы показан на рисунке 2.2.9.



Рисунок 2.2.9 – Расточную система фирмы Dandrea

В анализируемом техпроцессе используется современный высокопроизводительный режущий инструмент. Точность обрабатывания деталей, удобство эксплуатации – вот главные критерии предъявляемых к инструменту.

Анализ применяемой оснастки и приспособлений.

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		26

Для закрепления детали в нескольких операциях используют приспособление либо кондуктор. Приспособления, применяемые для установки заготовок, имеющие направляющие (кондукторные втулки) для режущего инструмента, называют кондукторами. Базовой частью кондуктора является его корпус, на который устанавливаются кондукторные втулки, установочные и другие элементы и устройства приспособления. На рисунке 2.2.10 показана схема кондуктора, скомпонованного из универсальных элементов.

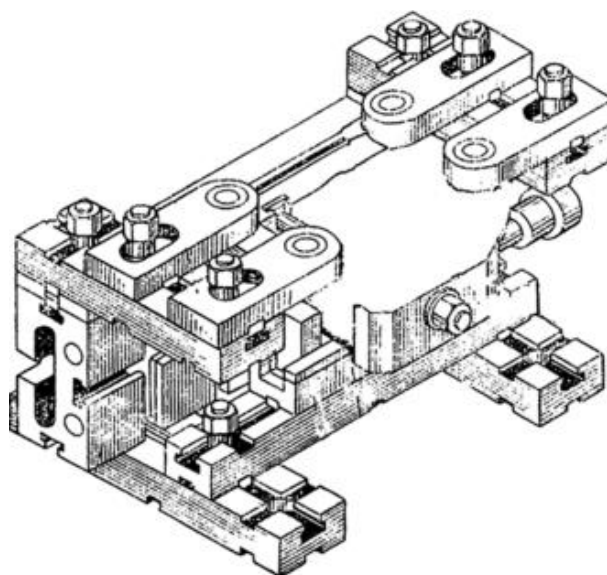


Рисунок 2.2.10 – Кондуктор, собранный из элементов УСП

Преимущества УСП (универсального станочного приспособления):

- минимальная затрата времени для подготовки приспособления к работе;
- относительно высокая универсальность.

Недостатки УСП:

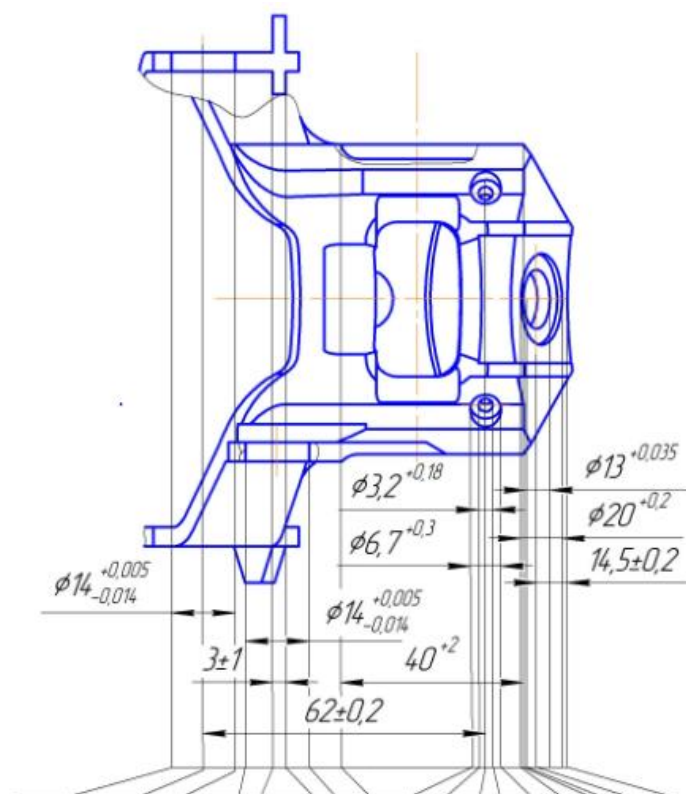
- отсутствие на рабочих поверхностях элементов для фиксации положения обрабатываемой заготовки (точных пазов, отверстий и т.п.), ведущее к значительным потерям вспомогательного времени, связанного с установкой заготовки в приспособлении;
- отсутствие элементов взаимособираемости с другими разновидностями переналаживаемой оснастки ограничивает универсальность, технологические возможности, получаемую точность.

При обработке детали в кондукторе необходимо учитывать возможное несовпадение оси вращения шпинделя с осями кондукторных втулок, что может

привести к перекоосу сверла, его излому в кондукторной втулке и погрешности базирования заготовки в приспособлении. Исходя из этого, можно сказать, что такое закрепление не очень эффективно для обработки точных поверхностей. Нужно разработать специальное приспособление, которое позволит обработать деталь с нужной точностью.

### 2.2.3 Размерный анализ действующего техпроцесса

Размерный анализ делается для выявления брака при изготовлении детали, для этого строим линейную размерную цепь (рисунок 2.2.3.1).



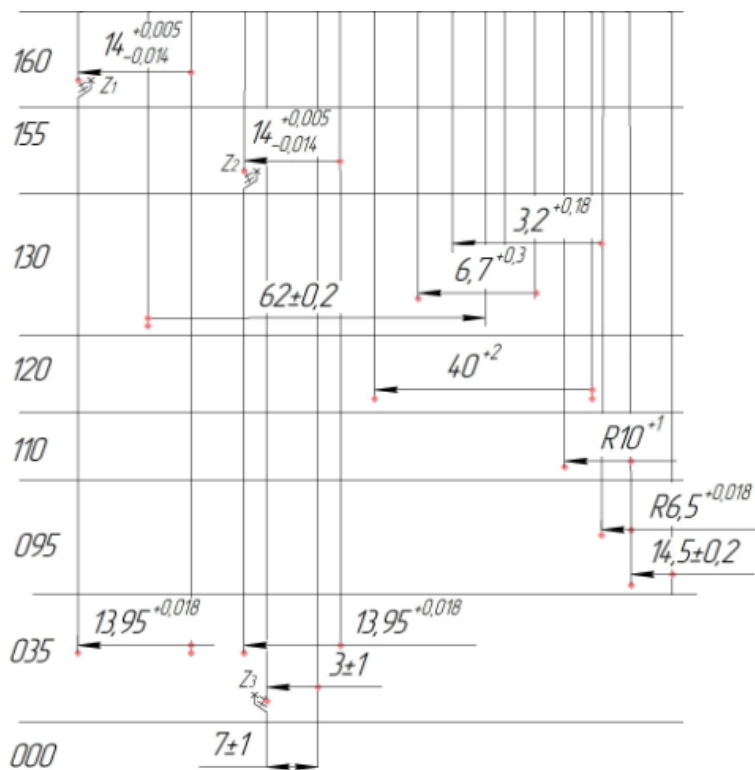


Рисунок 2.2.3.1 – Размерная цепь

### Расчет припусков

$$1. Z_1 = +14_{-0,014}^{+0,005} - 13,95^{+0,018} = 0,05_{-0,032}^{+0,005}$$

$$Z_{1max.расч} = 0,055$$

$$Z_{1min.расч} = 0,018$$

$$Z_{1min}^T = R_z + D_f = 0,025 + 0,025 = 0,05$$

0,018 < 0,05 – возможен брак при обработке

2.  $Z_2$  такой же припуск, так же возможен брак

$$3. Z_3 = -3 \pm 1 + 7 \pm 1 = 4_{-1,05}^{+1,67}$$

$$Z_{3max.расч} = 5,67$$

$$Z_{3min.расч} = 2,95$$

### 2.2.4. Выводы из анализа и предложения по разработке проектного техпроцесса

					ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		29



Анализ техпроцесса изготовления детали «Рычаг внутренний» показал, что он выполнен правильно. Нужно немного подправить все карты.

В целом работа с деталью и документацией показала, что чертеж оформлен правильно, деталь технологична, метод получения заготовки подобран верно, карты техпроцесса есть и заполнены правильно, применяемое оборудование подходит для обработки детали, режущий инструмент соответствует станкам, универсальное приспособление может быть заменено на специальное, размерный анализ выявил брак в расчете припусков, нужно изменить размеры обработки детали, так как не хватает припуска на обработку.

Предложение по усовершенствованию технологии: разработка нового станочного приспособления с возможным изменением последовательности обработки, разработка контрольного приспособления для контроля тех.требований.

### 2.3. Разработка проектного технологического процесса

Проектный вариант составляется на основе анализа чертежа детали, ее заготовки, материала.

Проектный вариант состоит из следующих операций:

000 – Заготовительная

005 – Пескоструйная

010 – Фрезерная с ЧПУ

015 – Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ

020 – Слесарная

025 – Электроэрозионная

030 – Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ

035 – Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ

040 – Контроль

#### 2.3.2 Выбор оборудования

Старый техпроцесс включал в себя 14 механических операций, новый проектный состоит из четырех. Деталь сложной конфигурации, большая часть обработки происходит под углом. Поэтому деталь несколько раз переустанавливалась, чтобы добиться обработки поверхностей. Уменьшение

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		30

операций получилось благодаря применению нового 5-ти координатного станка с ЧПУ, который за один установ может обработать деталь с нескольких сторон. Такой станок имеет смысл применения в условиях серийного производства

Операция 010 – Фрезерная с ЧПУ.

Станок – фрезерный станок с ЧПУ Hurco VMX24T. Он показан на рисунке 2.3.2.1



Рисунок 2.3.2.1 – Фрезерный станок с ЧПУ Hurco VMX24T

Таблица 2.3.2.1.1 – Технические характеристики станка

Система управления	Ultimax 4
Перемещение по осям X / Y / Z	610 x 510 x 610 мм
Размер стола	760 x 510 мм
Максимальная скорость вращения шпинделя	12000 об/мин
Точность позиционирования	±0,005 мм
Автоматически сменных инструментов	24 поз.
Конус шпинделя	Sk 40 / DIN 69871
Ускоренный ход X / Y / Z	30 000 мм / мин.

продолжение таблицы 2.3.2.1.1

Обороты шпинделя	10000 об / мин.
Размер Т-образных пазов	3×18×100 мм
Мощность шпинделя	7,5 кВт
Габариты станка ДхШхВ	3000 х 2500 х 3000 мм
Вес станка	4700 кг
Максимальная длина инструмента	300 мм
Максимальный вес инструмента	7кг
Расстояние пол-стол	890 мм

Станок обладает механической устойчивостью, высокой точностью и высокими оборотами вращения шпинделя. Литая станина изготовлена из мелкозернистого чугуна и обеспечивает высокую статическую и динамическую жесткость, что гарантирует высокую точность механической обработки и долговечность станка.

Система ЧПУ ULTIMAX 4 делает использование и работу станка VMX 24T исключительно легким и эффективным. Диалоговое программирование значительно уменьшает время, необходимое для ввода данных изготавливаемой детали. Программирование также может быть выполнено в кодах ISO.

Станок имеет экран, показывающий обработку детали на станке в реальном времени.

Операции 015, 030, 035 – Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ имеют одинаковое оборудование. Для обработки выбрали 5-ти осевой обрабатывающий центр Naas UMC-500. Он показан на рисунке 2.3.2.2

Пятиосевой центр применяется в нашем случае для фрезеровки с сверления детали под углом, а также из-за повышенной точности обработки.

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		32

Станок предназначен для выполнения следующих операций:

- расточки отверстий;
- фрезерования изделий на торцах;
- разделывания пазов и канавок;
- отделки фасок и углов;
- сверление, зенкерование, развертывание;
- нарезание резьбы.



Рисунок 2.3.2.2 – 5-осевой вертикально-фрезерный центр Haas UMC-500

Технические характеристики станка:

- макс. перемещение по оси X, мм – 610
- макс. перемещение по оси Y, мм – 406
- макс. перемещение по оси Z, мм – 406
- вращение наклонной оси, град – от +120 до –35
- вращение поворотной оси, град – 360
- максимальное расстояние от стола до торца шпинделя, мм – 508
- минимальное расстояние от стола до торца шпинделя, мм – 102
- диаметр планшайбы, мм – 400
- макс. нагрузка на планшайбу, кг – 226,8
- ширина Т-образных пазов, мм – 16
- расстояние между Т-образными пазами, мм – 125

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		33

- размер конуса шпинделя – 40
- максимальная частота вращения шпинделя, об/мин – 8100
- макс. мощность шпинделя, кВт – 22,4
- макс. крутящий момент, Нм – 122
- макс. осевое усилие, кН – 18
- макс. скорость холостых подач, м/мин – 22,9
- макс. рабочие подачи по осям, м/мин – 16,5
- макс. скорость вращения наклонной и поворотной осей, град/сек – 50
- кол-во позиций в автоматическом сменщике инструмента, шт – 30/50\*
- макс. диаметр инструмента (при занятых соседних позициях), мм – 64
- макс. масса инструмента, кг – 5,4
- время смены инструмента (среднее), сек – 2,8
- точность позиционирования, мм –  $\pm 0,0050$
- повтореомсть, мм –  $\pm 0,0025$
- объем бака СОЖ, л – 208
- ориентировочная масса станка (зависит от комплектации), кг – 5700

### 2.3.3 Выбор исходной заготовки

Для детали «Рычаг внутренний» в действующем техпроцессе выбран метод получения заготовки – литье по выплавляемым моделям.

Масса детали по чертежу 0,5 кг, масса заготовки 0,65 кг.

Коэффициент использования металла:

$$K = \frac{m_{дет}}{m_{загот}} = \frac{0,5}{0,65} = 0,77$$

Получается высокий показатель. Способ получения заготовки менять не целесообразно. Деталь сложной конфигурации, оставляем литье.

Литье по выплавляемым моделям (ЛВМ) – способ получения отливок в многослойных оболочковых неразъемных керамических формах, изготавливаемых с использованием выплавляемых, выжигаемых или растворяемых моделей однократного использования.

Смысл способа получения отливки по выплавляемым моделям состоит в том, что модель отливки и модель литниковой системы изготавливают из

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		34

легкоплавких материалов путем запрессовки или заливки их в пресс-формы. Затвердевшую модель извлекают из пресс-формы, припаивают к литниковой системе, образуя модельный блок. На поверхность модельного блока наносят несколько слоев суспензии и обсыпки, которые после сушки создают на блоке высокоогнеупорную керамическую оболочку. Выплавив из оболочки модельный состав, получают тонкостенную оболочку литейной формы отливки. Полученную оболочку формуют в специальных неразъемных опоках, прокаливают и заливают расплавом.

Способ получения отливок по выплавляемым моделям дает возможность:

- получать отливки, максимально приближенные по форме и размерам с высокой чистотой поверхности;
- получать отливки с минимальным припуском на обработку из любых сплавов, в том числе не поддающихся ковке и штамповке и трудно обрабатываемых механической обработкой;
- объединять отдельные детали в компактные цельнолитые узлы;
- создавать конструкции (например, лопатки ГТД со сложными лабиринтными полостями газового тракта), невыполнимые какими-либо другими методами обработки.

#### 2.3.4 Маршрут операций и переходов проектного техпроцесса

Изготовление детали «Рычаг внутренний» включает в себя несколько механических операций. Рассмотрим каждую из них подробно (попереходно).

Операция 010 –Фрезерная с ЧПУ (рисунок 2.3.4.1).

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		35

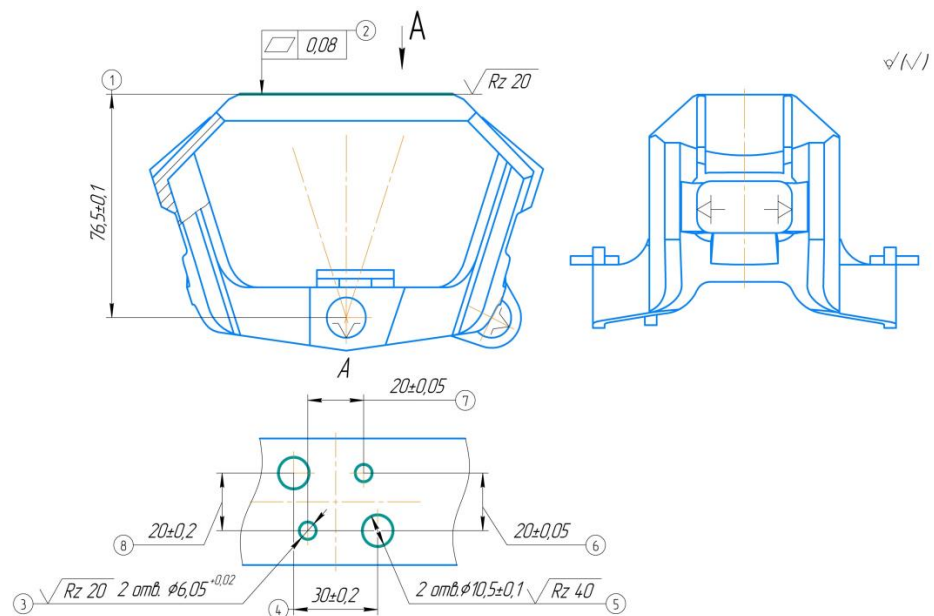


Рисунок 2.3.41. – Эскиз к операции 010 – Фрезерная с ЧПУ

Описание переходов на операцию:

1. Установить заготовку в приспособление станка, закрепить, снять;
2. Фрезеровать поверхность, выдерживая размер 1;
3. Сверлить 2 отверстия  $\phi 6$ , выдерживая размеры 3, 6, 7;
4. Сверлить 2 отверстия  $\phi 20$ , выдерживая размеры 4, 5, 8;
5. Контроль наладчиком: после наладки и периодически 10 %.

Деталь устанавливается в специальное приспособление, закрепляется. В операции фрезеруется поверхность, на которую деталь будет ставиться и сверлятся 4 отверстия, которые нужны для закрепления детали в следующей операции.

Режущий инструмент для обработки: фреза  $\phi 63$  H490 SM D063-48-3-27-17C, пластина H490 ANKX 170608PNTR IC830 Iscar; сверло  $\phi 6$  SCD 060-009-12A-1,5D Iscar; сверло  $\phi 20$  SCD 200-030-25A-1,5D Iscar.

Мерительный инструмент: пробка  $\phi 20$  8133-0934 ГОСТ 14810-69, пробка  $\phi 6$  8133-0213 ГОСТ 14810-69, штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

Операция 015 – Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ. Эскиз к операции на рисунке 2.3.4.2



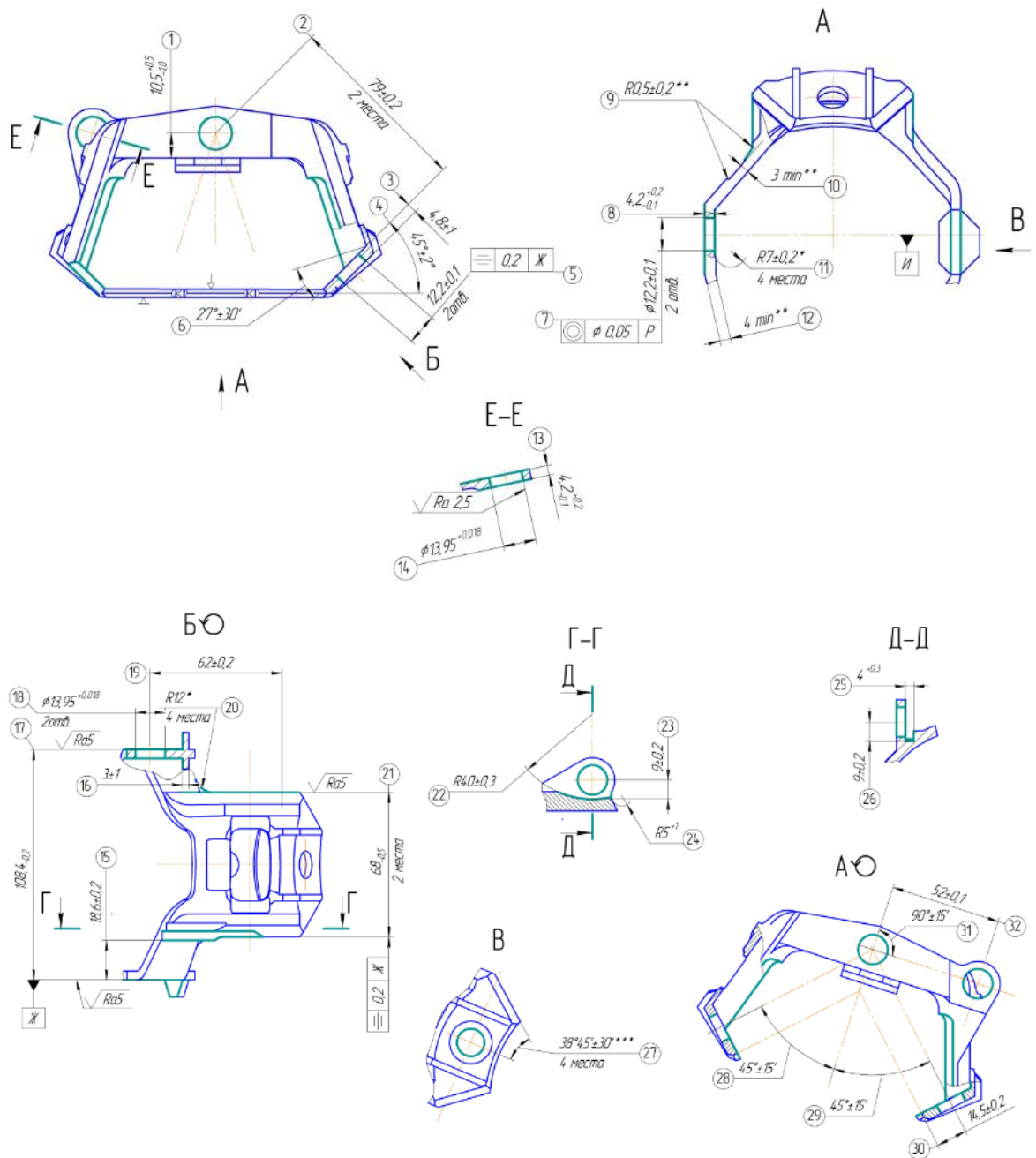


Рисунок 2.3.4.2 – Эскиз к операции 015 – Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ

Описание переходов на операцию:

1. установить заготовку в приспособление станка, закрепить, снять;
2. фрезеровать поверхность, выдерживая размеры 8, 11, 12, 16, 17;
3. фрезеровать поверхность, выдерживая размеры 15, 21, 23, 24;
4. фрезеровать поверхность, выдерживая размеры 5, (предварительно 13);
5. фрезеровать поверхность, выдерживая размеры 22, 23, 24, 25, 26;
6. сверлить 3 отверстия, выдерживая размеры  $\phi 13,9$  1, 2, 19, 28, 29, 30;
7. развернуть 3 отверстия, выдерживая размеры 14, 18, 31, 32;

Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ

Лист

37

8. сверлить 2 отверстия, выдерживая размеры 5, 7, 27;

9. контроль наладчиком: после наладки и периодически 10 %.

В операции фрезеруются поверхности по контуру детали, внутренняя поверхность. Сверлятся отверстия Ø 13,95 мм и Ø 12,2 мм

Применяемый режущий инструмент:

- фреза концевая ø12 EC-E4L 12-26/38W12CF83 IC900 Iscar;
- фрезаконцевая ø20 EC-E4L 20-42/60W20CF110 IC900 Iscar;
- фреза дисковая ø32 SD D32-4.0-R0.4-SP15 Iscar
- сверло ø13,9 DCN 139-041-16R-3D, головка ICP 13-13,9 Iscar;
- развертка ø13,95 RM-BNT6-5D-16A Iscar;
- сверлоø12,2 DCN 122-036-16R-3D, головка ICP 12-12,2 Iscar;

Применяемый мерительный инструмент:

- штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89;
- штангенглубиномер ШГ-160-0,05 ГОСТ 162-90;
- шаблон <math>27^{\circ}30'</math> специальный;
- шаблон 4+0,3 специальный;
- пробка ø13,9 спец.;
- пробка ø13,95 спец.;
- пробка ø12,2 спец.

Операция 030 – Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ. Эскиз к операции на рисунке 2.3.4.3

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		38

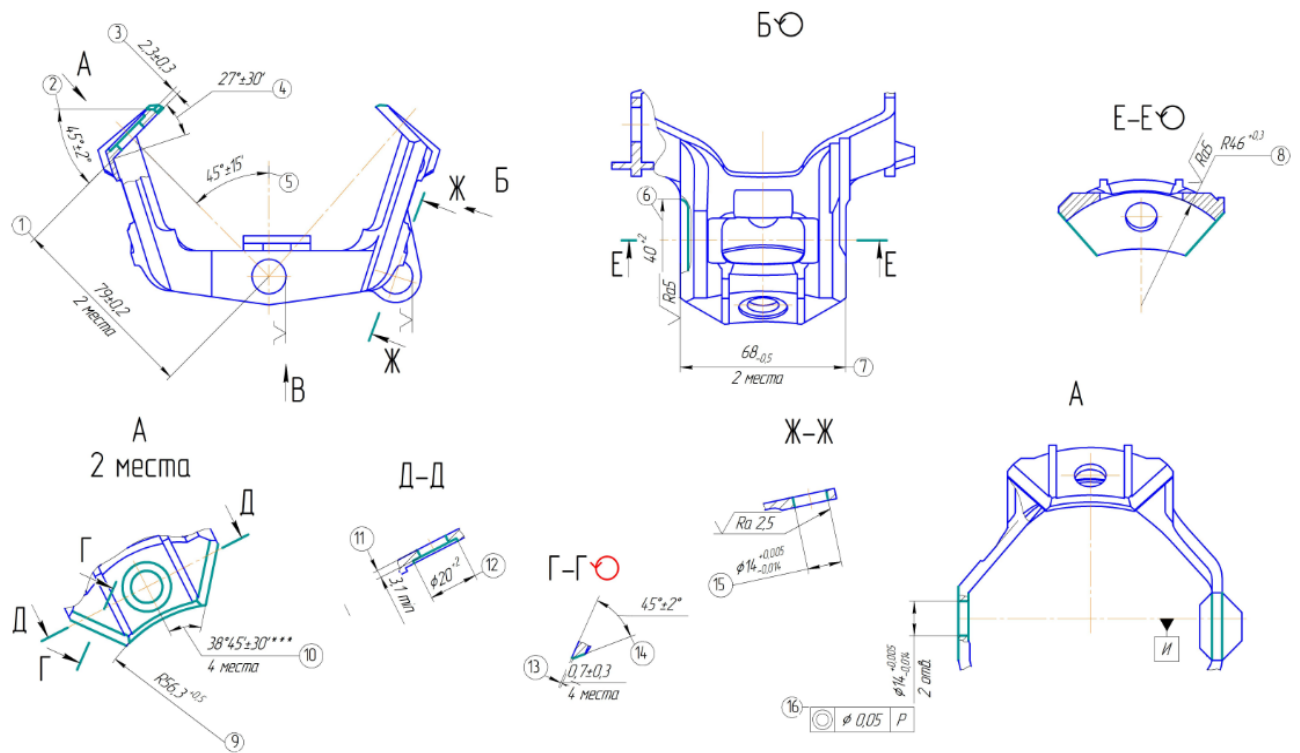


Рисунок 2.3.4.3 – Эскиз к операции 030 – Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ

Деталь ставится в универсальное станочное приспособление. В операции фрезеруется лыска длиной 40 мм, обрабатываются торцы детали под углом, разворачивается отверстие  $\phi 14 \begin{smallmatrix} +0,005 \\ -0,014 \end{smallmatrix}$ , сверлятся отверстия  $\phi 20 \pm 2$ .

Переходы на операцию:

1. установить заготовку в приспособление станка, закрепить, снять;
2. фрезеровать поверхность, выдерживая размеры 1, 4, 8, 9;
3. фрезеровать поверхность, выдерживая размеры 13, 14;
4. сверлить отверстия комбинированным инструментом, выдерживая размеры 5, 11, 12;
5. фрезеровать поверхность, выдерживая размеры 6, 7;
6. развернуть 3 отверстия, выдерживая размеры 15, 16;
7. контроль наладчиком: после наладки и периодически 10 %.

Применяемый режущий инструмент:

- фреза  $\phi 20$  ЕС-E4L 20-42/60W20CF110 IC900;
- фреза фасочная  $< 45^\circ$  T245 ELN D12-4-W16-05 Iscar;

- комбинированный инструмент 15.03.05 спец.;
- развертка  $\varnothing 14$  RM-SHR-1500-H7S-CS-CH 07 Iscar.

Для контроля мерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89, угломер ГОСТ 5378-88, шаблон  $0,7 \pm 0,3 < 45^\circ$  специальный, пробка 8133-0928 ГОСТ14810-69.

Операция 035 – Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ. Эскиз к операции на рисунке 2.3.4.4

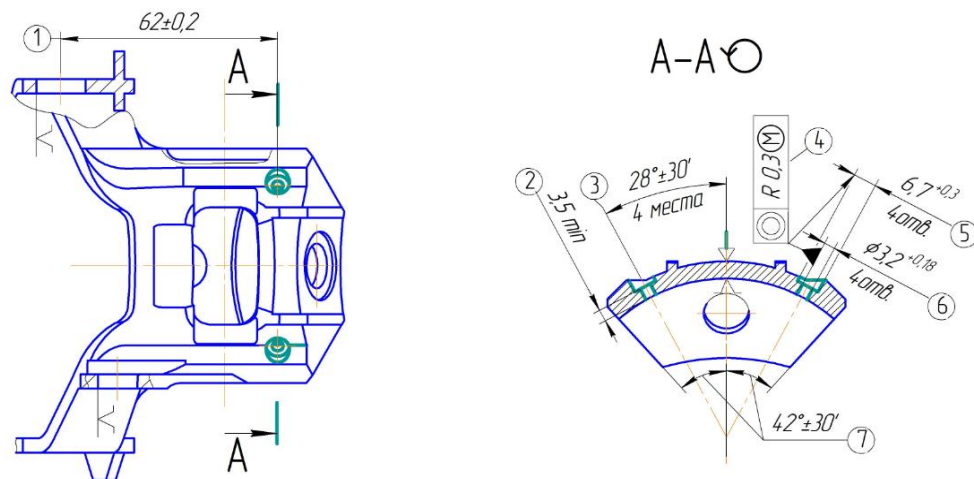


Рисунок 2.3.4.4– Эскиз к операции 035 – Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ

Деталь ставится в универсальное станочное приспособление. В операции сверлятся отверстия  $\varnothing 3,2^{+0,18}$  и  $\varnothing 6,7^{+0,3}$ .

Переходы на операцию:

1. установить заготовку в приспособление станка, закрепить, снять;
2. сверлить отверстия  $\varnothing 3,2$ , выдерживая размеры 1, 3, 4, 6, 7;
3. сверлить отверстия  $\varnothing 6,7$ , выдерживая размеры 2, 5;
4. контроль наладчиком: после наладки и периодически 10 %.

Применяемый режущий инструмент:

- сверло  $\varnothing 3,2$  SCD 032-023-060 AG5;
- сверло  $\varnothing 6,7$  SCD 067-043-080 AG5.

Для контроля мерительный инструмент: пробка  $\varnothing 6,7$  специальная, пробка  $\varnothing 3,2$  специальная

### 2.3.5 Размерный анализ проектного техпроцесса

Размерная цепь строится на проектный техпроцесс для детали «Рычаг внутренний». Она показана на рисунке 2.3.5.1

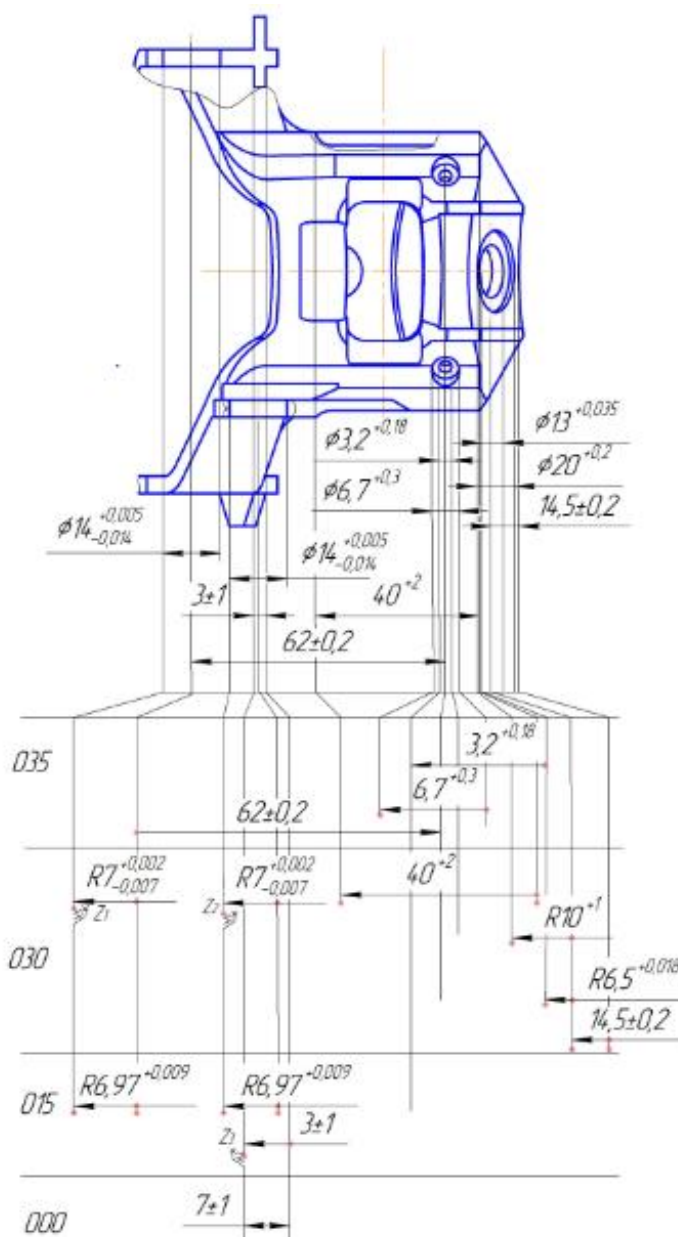


Рисунок 2.3.5.1 – Размерная цепь на проектный техпроцесс

Расчет замыкающих звеньев:

$$1. Z_1 = +7_{-0,007}^{+0,002} - 6,97_{-0,009}^{+0,009} = 0,03_{-0,016}^{+0,002}$$

$$Z_{1max.расч} = 0,032$$

$$Z_{1min.расч} = 0,014$$

$$A_{min} = R_z + D_f = 0,025 + 0,025 = 0,05$$

$$A_i = A_{min} + \frac{T_{ai}}{2} - \Delta_{0Ai}$$

$$\Delta_{0Ai} = \sum \Delta_{0Ai}^{y\beta} - \sum \Delta_{0Ai}^{y\mu} = \frac{0,002 + (-0,007)}{2} - \frac{0,009 + 0}{2} = -0,007$$

$$A_i = 0,05 + \frac{0,002 + 0,007 + 0,009 + 0}{2} + 0,007 = 0,066$$

0,066 > 0,014 – припуск занижен, но так как до этого отверстие делается сверлом ø13,9 черноты не будет.

2.  $Z_2$  такой же припуск, так же возможен брак

$$3. Z_3 = -3 \pm 1 + 7 \pm 1 = 4_{-1,05}^{+1,67}$$

$$Z_{3max.расч} = 5,67$$

$$Z_{3min.расч} = 2,95$$

$$Z_{3min}^T = R_z + D_f = 0,03 + 0,03 = 0,06$$

$$A_{min} = R_z + D_f = 0,03 + 0,03 = 0,06$$

$$A_i = A_{min} + \frac{T_{ai}}{2} - \Delta_{0Ai}$$

$$\Delta_{0Ai} = \sum \Delta_{0Ai}^{y\beta} - \sum \Delta_{0Ai}^{y\mu} = \frac{1 + (-1)}{2} - \frac{1 + (-1)}{2} = 0$$

$$A_i = 0,06 + \frac{1 + 1 + 1 + 1}{2} - 0 = 2,06$$

2,06 < 2,95 – припуска хватит, черноты не будет

Анализ размерной цепи показал, что брака не будет, черноты не останется.

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		42

### 2.3.6 Расчет режимов резания

Режимы резания и нормы времени в проектном технологическом процессе будем считать на несколько видов обработки.

Данные для расчета:

Материал – 08X14НН5М2ДЛ-2 – сталь для отливок легированная;

Масса детали 0,5 кг, масса заготовки 0,65 кг.

Для расчета возьмем одну операцию 015 – Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ. Деталь зажимается в приспособление универсальное ГОСТ 31.0151.01-90. Эскиз к операции показан на рисунке 2.3.6.1

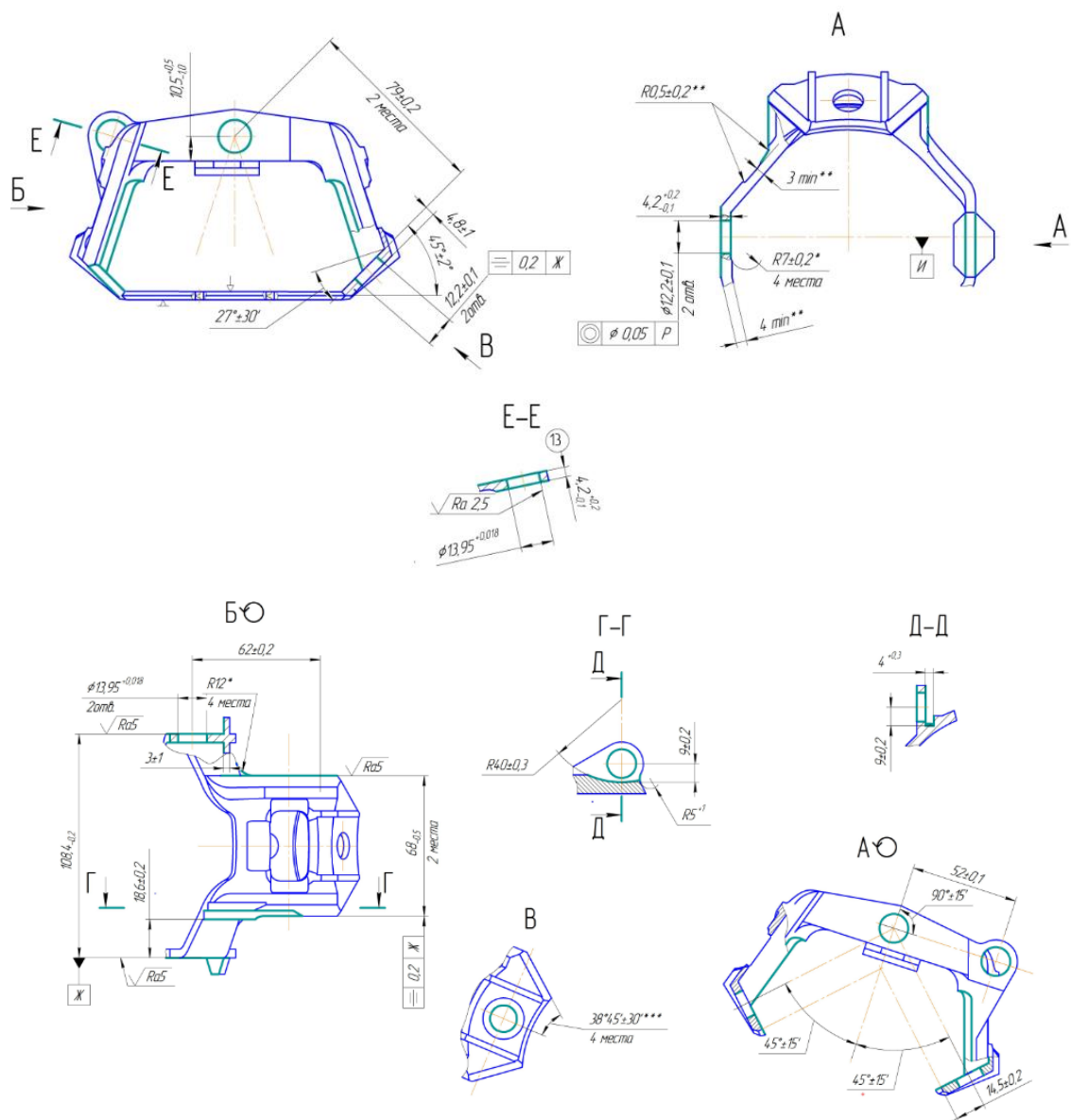


Рисунок 2.3.6.1 – эскиз операции 015 – Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ

В операции фрезеруем несколько плоскостей концевыми фрезами, паз  $4^{+0,3}$  обрабатывается фрезой дисковой, сверлятся три отверстия  $\varnothing 13,9$ , разворачиваются разверткой до диаметра 13,95, сверлятся два отверстия  $\varnothing 12,2$ .

Фреза  $\varnothing 12$  EC-E4L 12-26/38W12CF83 IC900 Iscar обрабатываем четыре плоскости детали. Глубина фрезерования 1 мм.

Назначаем подачу (карта 80, с. 215 [2])  $S=0,08$  мм/зуб

Поправочные коэффициент на подачу (карта 82, с. 218 [2]) в зависимости от твердости обрабатываемого материала  $K_{SM}=0,6$ ;

Материал фрезы – быстрорежущая сталь –  $K_{SH}=1,0$ ;

Подача для прохода с учетом поправочного коэффициента:

$$S = 0,08 \times 1,0 \times 0,6 = 0,05 \text{ мм/зуб}$$

Определяем скорость и мощность резания (карта 84 с. 221 [2]):

$$V = 34 \text{ м/мин}, N = 0,82 \text{ кВт}$$

Поправочные коэффициенты на скорость:

$K_{SM}=0,6$  – в зависимости от твердости обрабатываемого материала;

$K_{SH}=0,8$  – заготовка с коркой.

$$V = 34 \times 0,8 \times 0,6 = 16,3$$

Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

$$n = \frac{1000V}{\pi D}, \quad (1)$$

где  $n$  – частота вращения шпинделя, об/мин;

$V$  – скорость резания, м/мин;

$D$  – диаметр инструмента, мм

$$n = \frac{1000 \times 16,3}{3,14 \times 12} = 432 \text{ об/мин}$$

Минутная подача равна:

$$S_m = 0,05 \times 432 = 22 \text{ мм/мин}$$

Определяем основное время по формуле:

$$T_o = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{S_{M_i}}, \quad (2)$$



где  $L_i$  – длина пути, проходимого инструментом или деталью в направлении подачи при обработке  $i$ -го технологического участка (с учетом врезания и перебега), мм;

$S_i$  – минутная подача на данном участке, мм/мин;

$i$  – число технологических участков обработки,  $i=4$ .

$$L_i=L+l_1+l_2+l_3, \quad (3)$$

где  $L$  – длина пути, проходимого инструментом или деталью в направлении подачи, мм;

$l_1$  – длина подвода инструмента, 5..10 мм;

$l_2$  – длина врезания инструмента, мм;

$l_3$  – длина перебега инструмента, мм;

$l_2 + l_3 = 4$  мм (приложение 22, с. 292 [2])

$L = 26 + 4 + 8 = 38$  мм

$$T_0 = \frac{30}{22} = 1,36 \text{ мин}$$

Фрезеровка 4-х таких же участков будет  $1,36 \times 4 = 5,44$  мин

Для фрезерования остальных плоскостей выбираем концевую фрезу  $\varnothing 20$  EC-E4L 20-42/60W20CF110 IC900 Iscar. Назначаем режимы резания.

Подача на зуб фрезы по шероховатости обработанной поверхности  $S_z = 0,11$  мм/зуб (карта 61, с. 186 [2]), в зависимости от твердости обрабатываемого материала  $K_{SM} = 0,6$ ; материал фрезы – быстрорежущая сталь –  $K_{Si} = 1,0$ .

Подача для прохода с учетом поправочного коэффициента:

$$S = 0,11 \times 1,0 \times 0,6 = 0,07 \text{ мм/зуб.}$$

Определяем скорость и мощность резания (карта 84 [с. 221, 2]):

$$V = 34 \text{ м/мин, } N = 0,82 \text{ кВт.}$$

Поправочные коэффициенты на скорость:

$K_{SM} = 0,6$  – в зависимости от твердости обрабатываемого материала;

$K_{Sp} = 0,8$  – заготовка с коркой.

$$V = 34 \times 0,8 \times 0,6 = 16,3$$

Частота вращения шпинделя по (формуле 1):

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		45

$$n = \frac{1000 \times 16,3}{3.14 \times 20} = 259 \text{ мин}^{-1}$$

Определим минутную подачу:

$$S_m = 259 \times 0, = 18 \text{ мм/мин.}$$

Определяем основное время для обработки концевой фрезой. Сложим все длины обрабатываемых поверхностей, указанных в операции.

$$L=46+4+8+(20+5+4) \times 4=174 \text{ мм.}$$

$$T_0 = \frac{174}{18} = 9,66 \text{ мин.}$$

При обработке паза 4 мм выбираем дисковую фрезу SDD32-4.0-R0.4-SP15 фирмы Iscar.

Назначаем режимы резания.

Подача на зуб фрезы по шероховатости обработанной поверхности  $S_z=0,1$  мм/зуб (карта 95, [с.246, 2]).

В зависимости от твердости обрабатываемого материала  $K_{SM}=0,5$ ; фрезеруем паз –  $K_{Sw}=1,0$ ;

Подача для прохода с учетом поправочного коэффициента:

$$S = 0,1 \times 1,0 \times 0,5 = 0,05 \text{ мм/зуб}$$

Определяем скорость главного движения резания

$$V_T = 47 \text{ м/мин (карта 96, [с.248, 2]).}$$

Выбираем поправочные коэффициенты (карта 96, [с.249, 2]):

$K_{VM}=0,6$  – твердость обрабатываемого материала выше 300 НВ;

$K_{VP}=0,8$  – состояние обрабатываемой поверхности, с коркой;

$K_{VЖ}=1,0$  – обработка с охлаждением.

$$V = V_T \times K_{VM} \times K_{VP} \times K_{VЖ} \text{ м/мин}$$

$$V = 47 \times 0,6 \times 0,8 \times 1,0 = 22,5 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя по формуле (1):

$$n = \frac{1000 \times 22,5}{3.14 \times 10} = 223,9 \text{ мин}^{-1}$$

Устанавливаем действительную частоту вращения шпинделя по паспорту станка:  $n_d = 224 \text{ мин}^{-1}$ .

Определим минутную подачу:

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		46

$$S_m = 224 \times 0,05 = 11 \text{ мм/мин}$$

Определяем основное время для обработки дисковой фрезой.  $L=22+5+8=35$

мм

$$T_o = \frac{35}{11} = 3,18 \text{ мин.}$$

Определяем режимы резания для сверления отверстия  $\varnothing 13,9$ . Для обработки выбираем сверло DCN 139-041-16R-3D, головка ICP 13-13,9 Iscar.

Определяем глубину резания.

Глубина резания для перехода сверления принимается равной половине сверла  $t=6,95$  мм.

Определяем подачу  $S=0,29$  мм/об, (карта 46, с.128,[2])

Поправочный коэффициент на подачу в зависимости от обрабатываемого материала и его твердости  $K_{Sm}=0,6$ .

$$S=0,29 \times 0,6=0,17 \text{ мм/об.}$$

Определяем скорость резания  $V_m=21$  м/мин, (карта 46, с.128,[2]),

$K_{Vm}=0,6$  – материал медный сплав;

$K_{Vж}=1,0$  – с охлаждением;

$K_{Vw}=0,9$  – отливка из сплавов;

$K_{Vж}=1,0$  – сверление с охлаждением.

С учетом поправочных коэффициентов

$$V=21 \times 0,6 \times 0,9 \times 1,0=11,3 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя по формуле (1).

$$n = \frac{1000 \times 11,3}{3,14 \times 13,9} = 258 \text{ об/мин,}$$

Определяем основное время по формуле (2), длина обработки по формуле (3).  $y + y_1$  принимаем 3 мм (приложение 23, [с.293, 2]).

$$L=3+8+3=14 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{14}{0,17 \times 258} \times 3 = 0,95 \text{ мин.}$$

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		47

Определяем режимы резания для сверления отверстия  $\varnothing 12,2$ . Для сверления берем сверло  $\varnothing 12,2$  DCN 122-036-16R-3D, головка ICP 12-12,2 Iscar. Глубина резания для перехода сверления принимается  $t=6,1$  мм.

Определяем подачу  $S=0,39$  мм/об, (карта 46, с.128,[2])

С учетом поправочного коэффициента на подачу  $K_{sm}=0,6$ .

$S=0,29 \times 0,6=0,17$  мм/об.

Определяем скорость резания  $V_m=21$  м/мин, (карта 46, [с.128, 2]),

С учетом поправочных коэффициентов:

$$V=21 \times 0,6 \times 0,9 \times 1,0=11,3 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя по формуле (1)

$$n = \frac{1000 \times 11,3}{3,14 \times 12,2} = 295 \text{ об/мин,}$$

$u + u_1$  принимаем 3 мм (приложение 23, [с.293, 2]).

$$L=3+8+3=14 \text{ мм}$$

$$T_0 = \frac{14}{0,17 \times 295} \times 2 = 0,56 \text{ мин.}$$

Определяем режимы резания для развертывания отверстия  $\varnothing 13,95$

Глубина резания для перехода сверления принимается  $t=0,025$  мм.

Определяем подачу  $S=0,56$  мм/об, (карта 49, [с.133, 2])

Определяем скорость резания  $V_m=17,6$  м/мин, (карта 49, [с.133, 2]).

С учетом поправочного коэффициента на подачу  $K_{sm}=0,6$ .

$S=0,56 \times 0,6=0,34$  мм/об.

С учетом поправочных коэффициентов:

$$V=17,6 \times 0,6 \times 0,9 \times 1,0=9,5 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя по формуле (1)

$$n = \frac{1000 \times 9,5}{3,14 \times 12,2} = 217 \text{ об/мин,}$$

$u + u_1$  принимаем 3 мм (приложение 23, [с.293, 2]).

$$L=3+8+3=14 \text{ мм}$$

$$T_0 = \frac{14}{0,34 \times 217} \times 2 = 0,38 \text{ мин.}$$

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		48

Суммарное основное время на операцию 015 - Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ  $T_0=20,17$  мин.

Норма времени на выполнение операций на станках с ЧПУ при работе на одном станке состоит из нормы подготовительно-заключительного времени и нормы штучного времени.

$$T_{ш.к} = T_{ш} + \frac{T_{нз}}{n}, \quad (4)$$

$$T_{ш} = (T_{ц.а} + T_0) \times \left(1 + \frac{a_{тех.} + a_{орг.} + a_{отл.}}{100}\right), \quad (5)$$

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

$T_0$  – вспомогательное время, мин;

$a_{тех.}$  – время на техническое обслуживание рабочего места, % от оперативного времени;

$a_{орг.}$  – организационное время на обслуживание рабочего места, % от оперативного времени;

$a_{отл.}$ –время на отдых и личные потребности, % от оперативного времени;

$$a_{тех.} + a_{орг.} + a_{отл.} = 14\% T_{оп}$$

$$T_{ц.а} = T_0 + T_{мв}, \quad (6)$$

где  $T_0$  – основное время , на обработку одной детали,  $T_0=20,17$  мин;

$T_{мв}$  – машинно-вспомогательное время по программе (на подвод детали или инструмента от исходных точек в зоны обработки и отвод; установку инструмента на размер, смену инструмента, изменение величины и направления подачи, время технологических пауз т.п.), мин;

$$T_{мв} = 0,5 + 1,0 + 0,2 = 1,7 \text{ мин.}$$

На 6 инструментов это время составит 10,2 минуты.

$$T_{ц.а} = 20,17 + 10,2 = 30,37 \text{ мин}$$

$$T_В = T_{Вуст} + T_{Виз}, \quad (7)$$

где  $T_{Вуст}$  – вспомогательное время на установку и снятие детали,  $T_{Вуст}=0,8$  мин (карта 10, [с 64, 4]);

$T_{Виз}$  – вспомогательное время на контрольные измерения, мин;

$T_{Виз} = 0,88$  минут. Во вспомогательное время еще добавится время на контроль рабочим 10% от 0,88 минут.

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		49

$$T_B=0,8+0,88+0,1=1,78 \text{ мин};$$

Определяем оперативное время.

$$T_{оп}=T_o + T_B \quad (8)$$

$$T_{оп}=20,17+1,78=21,95 \text{ мин}$$

$$a_{тех.} + a_{орг.} + a_{отл.} = 21,95 \times 0,14 = 3,073 \text{ мин}$$

Определяем штучное время

$$T_{ш} = (30,37 + 1,78) \times \left(1 + \frac{3,073}{100}\right) = 33,14 \text{ мин}$$

Определяем подготовительно-заключительное время. Подготовительно – заключительное время состоит из организационной подготовки ( $T_{пз1}$ ), наладки станка, приспособлений, инструмента, программных устройств ( $T_{пз2}$ ), пробной обработки ( $T_{пр.обр.}$ ).

Организационная подготовка:

$$T_{пз1}=4+9+2+2=17 \text{ мин},$$

где 4 мин - получить наряд, чертеж, тех. документацию, режущий и измерительный инструмент;

9 мин – получить вспомогательный инструмент, контрольно-измерительный инструмент и приспособления, заготовки исполнителем до начала и сдать их после окончания обработки партии деталей;

2 мин – ознакомится с работой, чертежом, тех. документацией;

2 мин – инструктаж мастера.

Наладка станка, приспособлений, инструмента, программных устройств:

$$T_{пз2}=0,15+1,0+1,5 \times 6+2,0=12,15 \text{ мин},$$

где 0,15 мин – установить исходные режимы работы станка;

1,0 мин - ввести программу в память системы с ЧПУ с программноносителя

1,5 мин – установить и снять инструментальный блок или отдельный режущий инструмент;

2 мин – установить исходные координаты X и Z (настроить нулевое положение).

Пробная обработка:

$$T_{пр.обр.}=2 \text{ мин}$$

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		50

Итого подготовительно – заключительное время:

$$T_{пз} = T_{пз1} + T_{пз2} + T_{пр.обр.},$$

$$T_{пз} = 17 + 12,15 + 2 = 31,15 \text{ мин.}$$

### 2.3.7 Расчет необходимого количества оборудования

Для расчёта требуемого количества станков и требуемого количества рабочих используем следующие исходные данные:

- техпроцесс обработки изделия;
- годовой объем выпуска основной детали;
- трудоемкость производства основного изделия.

Трудоемкость производства основного изделия приведена в таблице 5.

Таблица 5 – Трудоемкость производства основного изделия

Операция	Наименование	Трудоемкость, мин	Станок
010	Фрезерная с ЧПУ	16,55	Фрезерный станок с ЧПУ Hurco VMX24T
015	Комплексная обрабатывающих центрах с ЧПУ	33,14	5-ти осевой обрабатывающий центр Haas UMC-500
020	Слесарная	9,4	верстак
025	Электроэрозионная	240	Прошивной станок AgieCharmilles FORM 300
030	Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ	22,64	5-ти осевой обрабатывающий центр Haas UMC-500
030	Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ	6,1	5-ти осевой обрабатывающий центр Haas UMC-500

Рассчитаем годовой объем выпуска основной детали:

$$N_{пр} = N_v \cdot 1,02 \cdot 1,05$$

где  $N_v$  – годовой объем выпуска основной детали,  $N_v = 200$  шт;

$$N_{пр} = 200 \cdot 1,02 \cdot 1,05 = 214 \text{ шт.}$$

Для расчёта требуемого количества оборудования необходимо сначала рассчитать суммарное время механической обработки изделий на каждой единице оборудования. Рассчитаем время обработки годового объёма изделий на  $i$ -м виде станка:

$$T_{\Sigma i} = (T_i \cdot N_{пр}) / 60$$

Время механической обработки годового объёма изделий для операции 010 «Фрезерная с ЧПУ»:

$$T_{\Sigma 010} = (16,55 \cdot 214) / 60 = 59 \text{ ч}$$

Время механической обработки годового объёма изделий для операциях 015, 030 и 035 «Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ»:

$$T_{\Sigma 015,030,035} = ((33,14 + 22,64 + 6,1) \cdot 214) / 60 = 220,7 \text{ ч}$$

Трудоемкость обработки годовой программы для слесарной операции:

$$T_{\Sigma 020} = (9,4 \cdot 214) / 60 = 33,5 \text{ ч}$$

Время механической обработки годового объёма изделий для операции 025 «Электроэрозионная»:

$$T_{\Sigma 025} = (240 \cdot 214) / 60 = 856 \text{ ч}$$

Рассчитаем потребность в оборудовании для всех операций:

$$C_i = T_{\Sigma i} / \Phi В,$$

где  $T_{\Sigma i}$  – суммарная трудоёмкость годовой программы;

$\Phi В$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования с учетом сменности работ.

Рассчитаем фактический годовой фонд продолжительности работы станка при 12-часовом сменном графике в две смены [6]:

$$\Phi В = [К_в - (ВД + ПД + ТР + КР)] \cdot ЧС \cdot ДС \cdot (100 - ТП) / 100,$$

где  $К_в$  – календарных дней в году:  $\Phi = 366$  дней;

ВД – выходные дни, при непрерывном графике работы;

ПД – праздничные дни, при непрерывном графике работы;

ТР – количество смен на текущие ремонты, ТР = 8 суток;

КР – количество смен на капитальные ремонты КР = 10 суток;

ЧС – количество смен;

ДС – продолжительность рабочей смены, ДС = 12 ч;

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		52



ТП – текущие простои в процентах к номинальному времени, для оборудования ТП=12,5%.

Определим фонд фактического рабочего времени оборудования:

$$ФВ_{TK6113} = [366 - (0 + 0 + 8 + 10)] \cdot 2 \cdot 12 \cdot (100 - 12,5)/100 = 7391 \text{ ч}$$

Рассчитаем действительный годовой фонд времени работы рабочего на слесарном участке при 40 часовой рабочей неделе:

$$ФВ_{\text{раб}} = \{[K_{\text{в}} - (ВД + ПД + ОД)] \cdot ДС - СЧ (ПД - 2)\} \cdot k_{\text{п}}, \quad (2.72)$$

где ОД – число дней отпуска: ОД = 28 дней;

СЧ – количество часов, на которое сокращается смена в праздничные дни, СЧ = 1 ч;

$k_{\text{п}}$  – коэффициент, учитывающий потери рабочего времени по уважительной причине,  $k_{\text{п}} = 0,96$ ;

$$ФВ_{\text{сл}} = \{[366 - (119 + 14 + 28)] \cdot 8 - 5 \cdot (14 - 2)\} \cdot 0,96 = 1517 \text{ ч.}$$

$$C_{010} = 59 / 7391 = 0,008.$$

$$C_{015,030,035} = 220,7 / 7391 = 0,030.$$

$$C_{020} = 33,5 / 1517 = 0,022.$$

$$C_{025} = 856 / 7391 = 0,116.$$

Исходя из расчетов, видно следующее:

- для операции 010 «Фрезерная с ЧПУ» достаточно одной единицы оборудования;
- для операций 015, 030 и 035 «Комплексная с ЧПУ» достаточно одного станка;
- для операции 020 «Слесарная» достаточно одного рабочего;
- для операции 025 «Электроэрозионная» достаточно одной единицы оборудования;
- указанное оборудование возможно использовать для механической обработки аналогичных по габаритам и конфигурации изделий.

Определим процент загрузки оборудования на основное изделие:

$$C_{\%010} = C_{010} \cdot 100 \% = 0,008 \cdot 100 \% = 0,8 \%$$

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		53

$$C_{\%015,030,035} = C_{015,030,035} \cdot 100 \% = 0,030 \cdot 100 \% = 3 \%$$

$$C_{\%025} = C_{025} \cdot 100 \% = 0,116 \cdot 100 \% = 11,6 \%$$

### 3 Проектирование и расчет станочного приспособления

#### 3.1 Анализ операционного эскиза. Обоснование базирования

Предлагается разработать приспособление для выполнения переходов операции 010 – Фрезерная с ЧПУ. Операционный эскиз обработки показан на рисунке 3.1.1

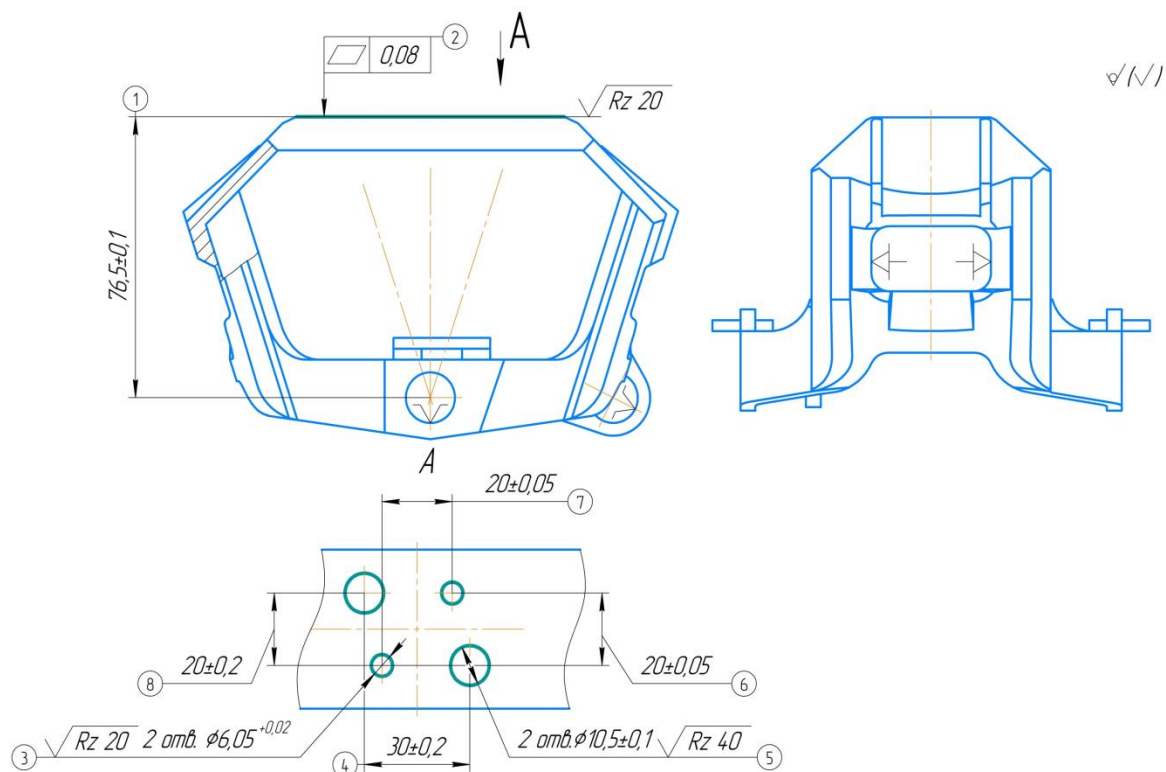


Рисунок 3.1.1 – Операционный эскиз

Схема теоретического базирования представлена на рисунке 3.1.2

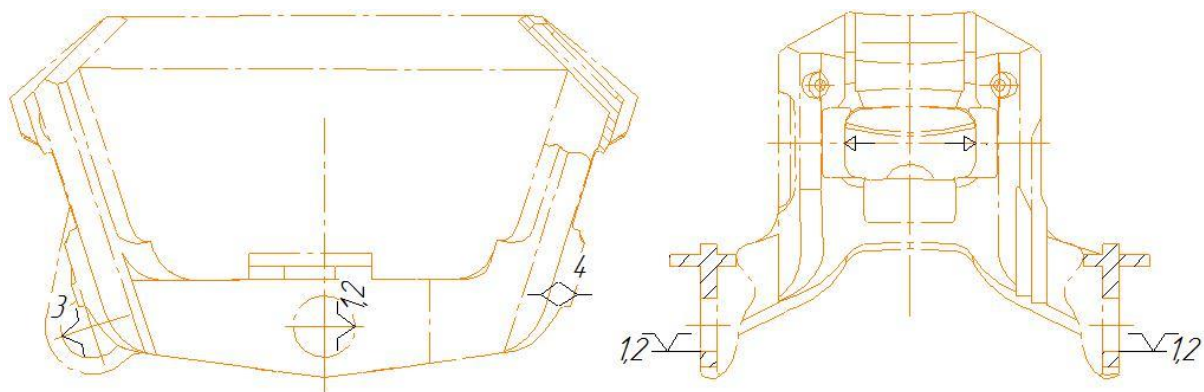


Рисунок 3.1.2 – Схема базирования детали

В соответствии со схемой базирования разработана схема установки заготовки, показанная на рисунке 3.1.3

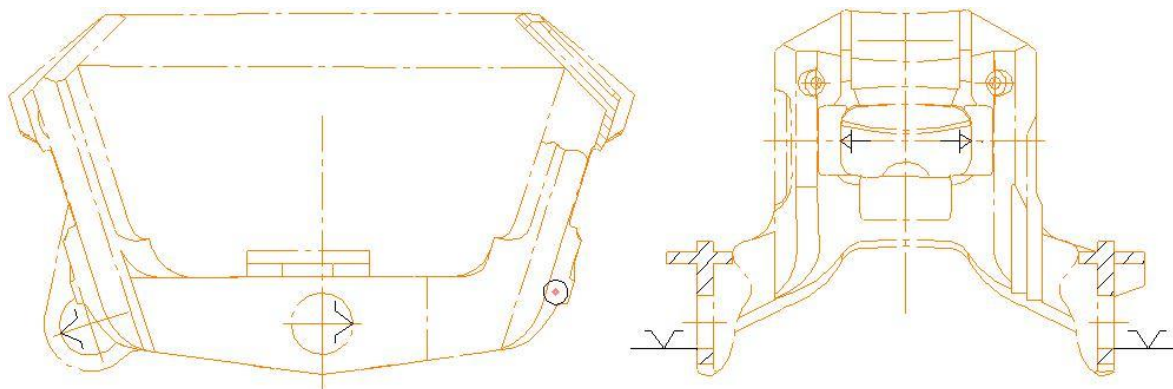


Рисунок 3.1.3 – Схема установки заготовки

Расчётная схема приспособления.

Для приспособления, используемого на операции 010 (Фрезерная с ЧПУ) необходимо рассчитать силу зажима заготовки. Это позволит определить параметры пневмоцилиндра. Расчет усилия зажима производится на переход фрезерование. рисунке 3.1.4

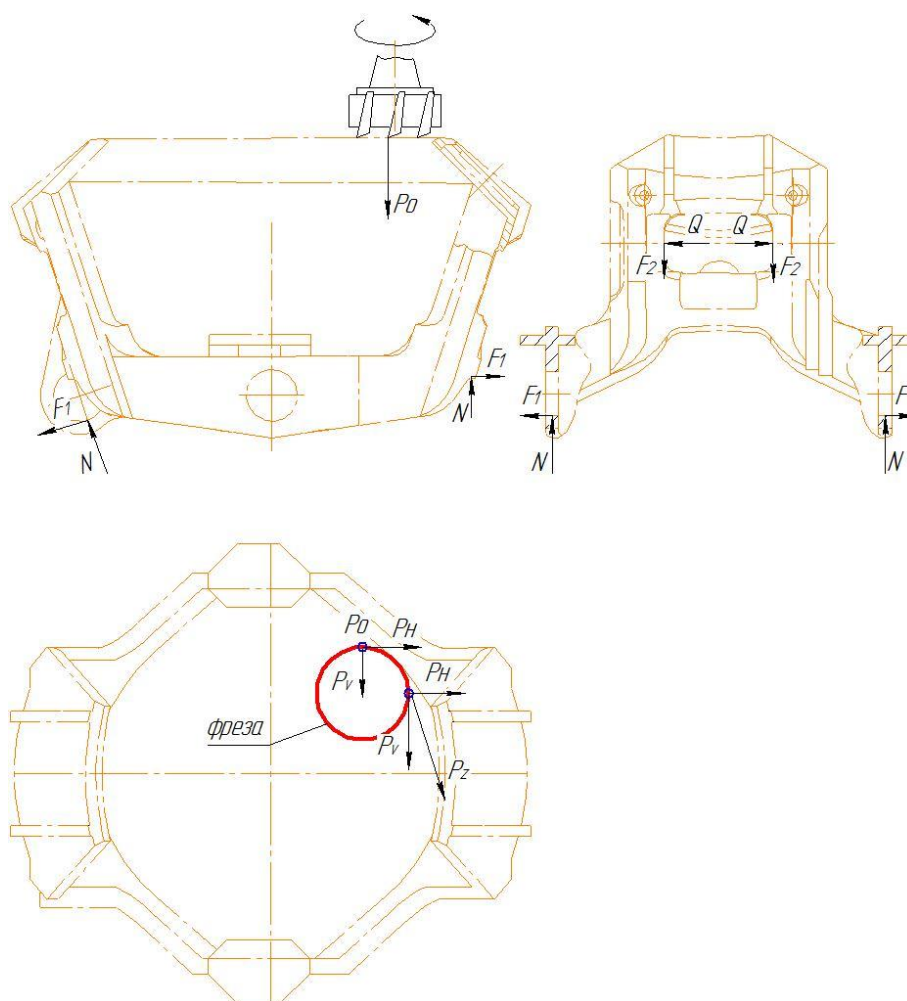


Рисунок 3.1.4. – Схема сил резания при фрезеровании

$$P_H \leq F_1 + F_2; \quad K \times P_H = F_1 + F_2 \quad (9)$$

$$F_2 = Qf_2; \quad F_1 = (Q + P_0)f_1 \quad (10)$$

$$Qf_2 + Qf_1 + P_0f_1 = KP_V$$

$$KP_V - P_0f = Q(f_1 + f_2)$$

$$Q = \frac{K \times P_V - P_0 \times f_1}{f_1 + f_2} \quad (11)$$

Для решения задачи необходимо определить следующие параметры: коэффициент надежности закрепления  $K$ ; силу резания  $P_z$ ; коэффициент трения  $f_1=f_2=0,1$

Коэффициент надежности закрепления  $K$  определяется по формуле:

$$K = K_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6 \quad (6.4)$$

где-  $K_0 = 1,5$  - учитывает гарантированный запас надежности закрепления;

$K_1 = 1,2$  - учитывает наличие случайных неровностей на заготовке;

$K_2 = 1,0$  - увеличение сил резания от затупления режущего инструмента;

$K_3 = 1,0$  - учитывает увеличение сил резания при прерывистой обработке;

$K_4 = 1,0$  - возможность изменения зажимного усилия при ручном закреплении;

$K_5 = 1,0$  - учитывает удобство расположения рукояток в зажимных устройствах;

$K_6 = 1,0$  - учитывает неопределенность контакта плоских базовых поверхностей с плоскими поверхностями установочных элементов.

$$K = 1,5 \times 1,2 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 1,8$$

$$Q = \frac{1,8 \cdot 234,8 - 129,14 \cdot 0,1}{0,1 + 0,1} = 2048,6 \text{ Н}$$

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		56

## Расчёт усилия зажима заготовки

### 3.1.1 Расчёт потребной силы зажима

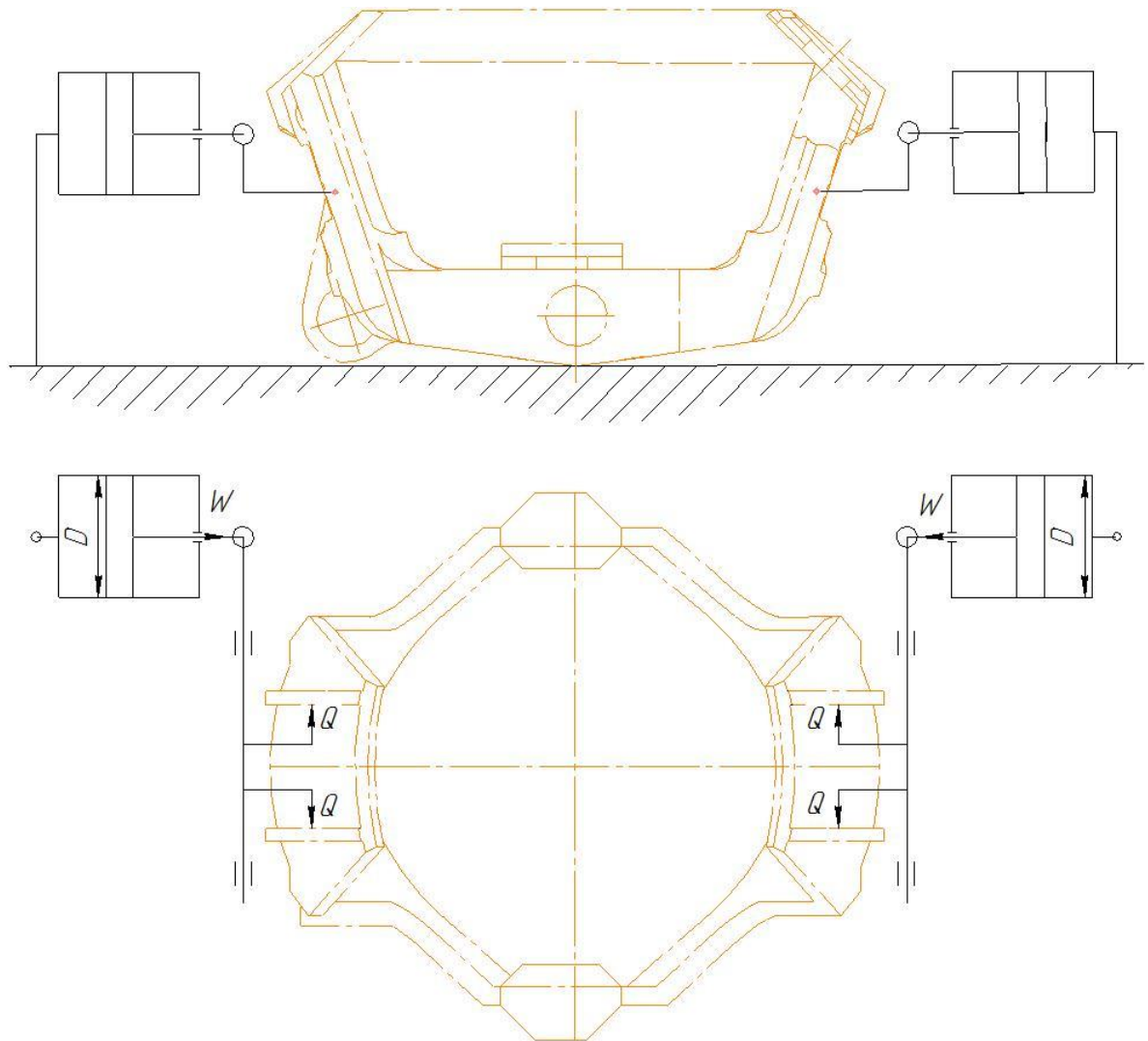


Рисунок 3.1.1.1 – Расчетная схема зажимного устройства

Резьбовой механизм, который предполагается использовать в приспособлении, обладает передаточным отношением ( $i = 1$ ). Это значит, что сила штока привода без изменений (кроме потерь на трение) передается на заготовку. Анализ схемы показывает, что определяемыми параметрами зажимного устройства являются тяговое усилие  $W$ , развиваемое пневмоцилиндром и его диаметр.

$$W = Q$$

### 3.1.2 Расчёт зажимного устройства

Для зажима детали выбрали пневматический привод. Пневматический привод представляет собой поршневое устройство. Пневмоцилиндр рассчитан для

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		57

работы на сжатом воздухе при давлении до 6 кгс/см<sup>2</sup>, очищенном от влаги, кислот и механических примесей и насыщенном распылённым маслом. .

Рассчитываем значение параметра пневмоцилиндра:

$$W = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot \rho \cdot \eta \quad (12)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot \eta \cdot \rho} + d^2} \quad (13)$$

где  $q_B$  – давление воздуха,  $q_B=0,4$  МПа;

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2048,6}{3,14 \cdot 0,98 \cdot 0,4}} = 81,6 \text{ мм}$$

По таблице 6.14 [1] устанавливаем, что ближайший стандартный диаметр пневмоцилиндра  $D=80$  мм.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2048,6}{3,14 \cdot 0,98 \cdot 0,4} + 20^2} = 84 \text{ мм}$$

На основании расчёта принимаем два пневмоцилиндра  $D=40$  мм, диаметр штока  $d=14$  мм. Получившееся значение обеспечит надёжный зажим заготовки в приспособлении.

По ГОСТ 6540-68 «Гидроцилиндры и пневмоцилиндры» выбираем пневмоцилиндр с шарнирным креплением. Шарнирный пневмоцилиндр имеет крышку, конструктивный элемент которой позволит осуществить непосредственное крепление цилиндра на плите приспособления. С помощью шпилек М8 стягиваются в общий узел верхняя и нижняя крышки с гильзой.

### 3.1.3 Расчёт на прочность слабого звена

Рассчитаем на прочность резьбовое соединение М14×1,5 ходовой шпильки, рисунок 3.1.3.1

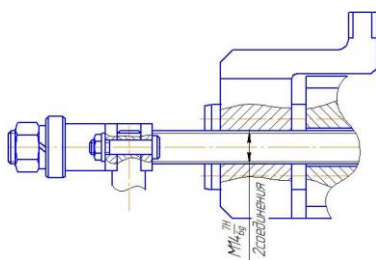


рисунок – 3.1.3.1.1

					ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		58

Определяем расчетные нагрузки, по формуле:

$$F = r \times Q,$$

где  $Q$  – усилие, действующее на резьбовое соединение,  $Q=2048,6 \text{ Н}$ ;

$r$  – коэффициент затяжки, для переменной нагрузки,  $r=2,5 \div 4$ , принимаем  $r=2,5$ .

$$F = 2,5 \times 2048,6 = 5121,5 \text{ Н}$$

Определяем растягивающее напряжение, по формуле:

$$\sigma_p = \frac{4 \times F}{\pi \times d_1^2},$$

где  $F$  – расчетная нагрузка;

$d_1$  – диаметр отверстия под резьбу,  $d_1 = 12,43^{+0,3} \text{ мм}$ .

$$\sigma_p = \frac{4 \times 5121,5}{3,14 \times (12,43 \times 10^{-3})^2} = 42,23 \text{ Мпа}.$$

Определяем касательное напряжение в резьбе:

$$\tau = \frac{F \times d_0 \times k_1}{0,2 \times d_1^3},$$

где  $k_1$  – коэффициент, зависящий от коэффициента трения фрикционной пары  
 $k_1 = 0,12$ ;

$d_0$  – наружный диаметр резьбы  $d_0 = 14 \text{ мм}$ .

$$\tau = \frac{5121,5 \times 0,014 \times 0,12}{0,2 \times (0,01243)^3} = 22,4 \text{ МПа}$$

Определение приведённого напряжения в резьбе:

$$\sigma_{np} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} < [\sigma_T]$$

$$\sigma_{np} = \sqrt{42,23^2 + 3 \times 22,4^2} = 57,3 \text{ МПа}$$

Определение коэффициента запаса по пластическим деформациям:

$$n = \frac{\sigma_m}{\sigma_{np}} \geq 1,2 \div 2,5,$$

где  $\sigma_m$  – предел текучести материала, для стали 40Х,  $[\sigma_m] = 700 \text{ МПа}$ .

$$n = \frac{700}{57,3} = 12,2 > 1,2 \div 2,5.$$

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		59

Прочность резьбы соединения M14×1,5 обеспечивается.

#### 9.5 Расчёт на точность

При фрезеровании торцевой поверхности необходимо выдержать размер  $76,5 \pm 0,1$ .

$$T = 0,2 \Delta_{np} < T$$

Найдём отдельные составляющие суммарной погрешности.

Погрешность станка.

На длине хода до 630 мм допуск составляет 0,025 мм, (с285, П.11[1]). Длина хода равна 88 мм. Тогда

$$\Delta_c = \frac{88 \cdot 0,025}{630} = 0,0035 \text{ мм}$$

Величина погрешности, вызванная тепловыми деформациями:

$$\Delta_T = 0,016 [1, \text{с165}].$$

Погрешность, связанная с износом инструмента.

Износ по задней поверхности за период стойкости для торцевых фрез  $I_{\text{изн}} = 0,8-1$  мм, задний угол  $18^\circ$  [1, с167]. Тогда

$$\Delta_{\text{инстр.}} = I_{\text{изн.}} \cdot \operatorname{tg} \alpha = 0,8 \cdot \operatorname{tg} 18^\circ = 0,26 \text{ мм}$$

Найденная величина сопоставима с допуском на обработку. Для ограничения этой погрешности введем три подналадки за период стойкости фрезы. Тогда в течение промежутка времени между подналадками погрешность, вызванная износом, будет равна

$$\Delta'_{\text{инстр.}} = \frac{I_{\text{инстр.}}}{m + 1} = \frac{0,26}{3 + 1} = 0,065 \text{ мм}$$

Погрешности, вызванные деформациями технологической системы под действием сил резания.

Будем считать, что изменение жесткости технологической системы незначительно. Тогда  $\Delta_D = 0$

Мгновенное рассеяние. Примем  $\omega_m = 0,015$  мм, (с168, таблица 7.3[1]).

Погрешность, связанная с уводом инструмента, при фрезеровании не имеет места  $\omega_{\text{уб}} = 0$

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		60



Погрешность базирования. Измерительная и технологическая база совпадают, поэтому  $\omega_{\delta} = 0$ .

Погрешность закрепления. Погрешность закрепления при базировании на предварительно обработанную поверхность при использовании приспособления с пневмозажимом составляет  $\omega_{зак} = 0,05$  мм.

Погрешность, вызванная износом установочных элементов приспособления. По формуле, (с172, формула 7,26[1]) и таблице, (с172, таблица 7.7[1]), считая  $N = 4000$  установок, а  $\beta_2 = 0,0025$

$$\omega_{изн} = \beta_2 \cdot N = 0,0025 \cdot 4000 = 10 \text{ кмк} = 0,01 \text{ мм}$$

Погрешность установки приспособления на станке.  $\omega_{уст.пр.} = 0,015$  мм

Погрешность регулирования. Считаем, что регулирование выполняется по лимбу с ценой деления 0,05 мм. Тогда  $\omega_{рег} = 0,05$  мм.

Погрешность измерения.

Используя для наладки микрометр гладкий с ценой деления 0,01 мм без теплоизоляции,  $\omega_{изм} = 0,01$  мм., (с286, П.12[1]).

Погрешность смещения.

Считая, что число пробных заготовок используемых при настройке,  $m = 4$ .

$$\omega_{смещ} = \frac{\omega_m}{\sqrt{m}} = \frac{0,015}{\sqrt{4}} = 0,008 \text{ мм}$$

Подставим найденные значения в формулу:

$$\Delta_{изг.пр.} \leq T_n - \Delta'_{сист} - 1,2 \sqrt{\omega_m^2 + \omega_{уб}^2 + \omega_{\delta}^2 + \omega_{зак}^2 + \omega_{изн}^2 + \omega_{уст.пр.}^2 + \omega_{рег}^2 + \omega_{изм}^2 + \omega_{смещ}^2} \quad (14)$$

$$\Delta'_{сист} = \Delta_c + \Delta_{инс} - \Delta_T + \Delta_{\delta} \quad (15)$$

$$\Delta_{изг.пр.} \leq 0,2 - (0,0035 + 0,065 - 0,016) - 1,2 \sqrt{0,015^2 + 0,05^2 + 0,01^2 + 0,015^2 + 0,05^2 + 0,01^2 + 0,008^2} = 0,057 \text{ мм}$$

$$\Delta_{пр.} < T$$

$$0,057 < 0,2$$

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		61

Полученное значение допустимой погрешности изготовления приспособления (после сборки) обеспечивает выполнение размера  $76,5 \pm 0,1$ . Найденное значение погрешности касается длины обрабатываемой плоскости, равной 88 мм, и может быть на чертеже указано так: отклонение от параллельности поверхности опорных пальцев относительно установочной поверхности плиты не должно превышать 0,057 мм.

### 3.1.4 Принцип работы приспособления

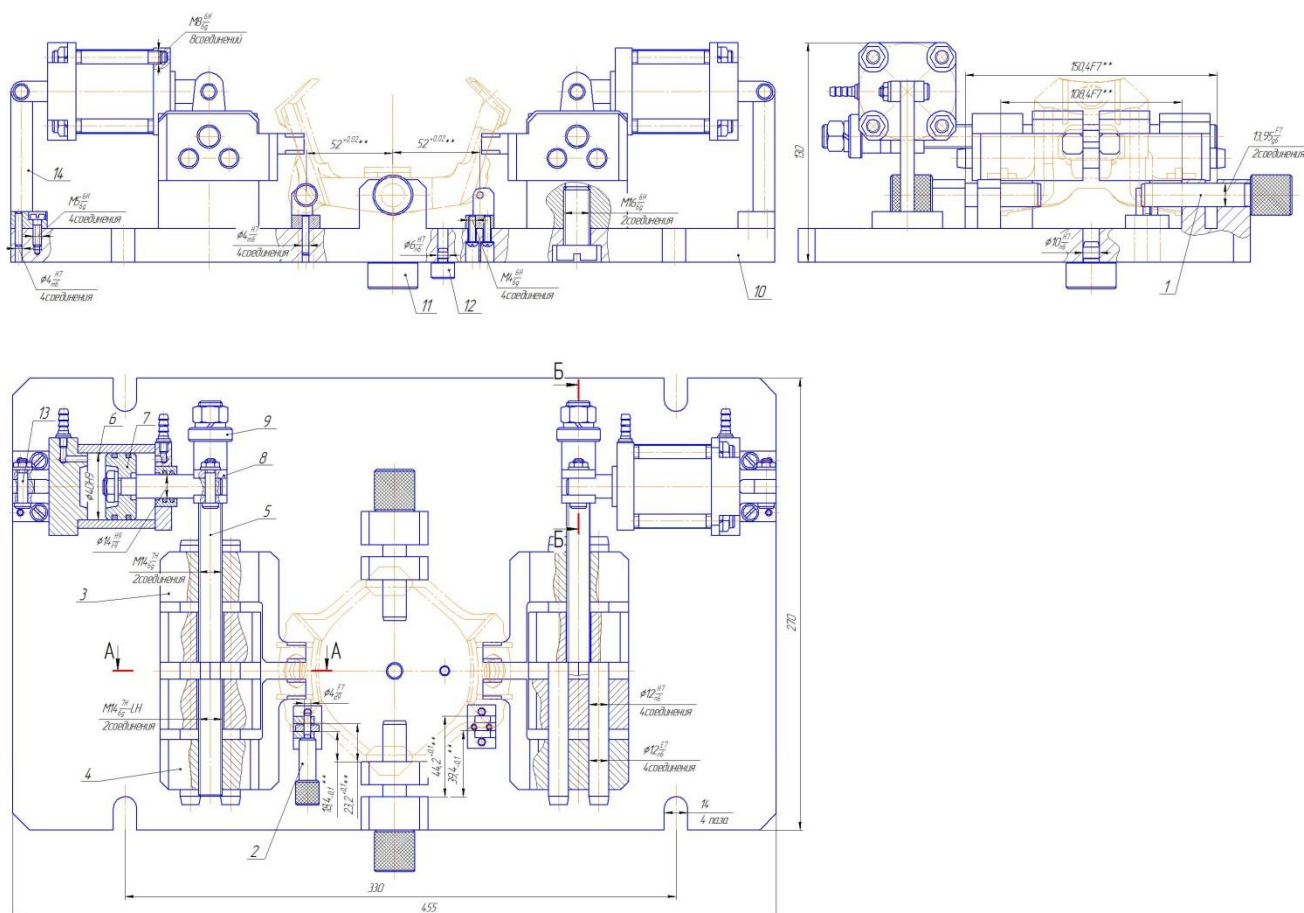


Рисунок 3.1.4.1 – Станочное приспособление

Приспособление предназначено для установки и закрепления детали рычаг для фрезерования плоскости, сверления и растачивания отверстий.

Обрабатываемая деталь устанавливается в определённом положении на пальцы 1,2.

Два подвижных кулачка 3, 4 размещены на ходовой шпильке 5. Ходовая шпилька 5 представляет собой валик с нарезанной на ней правой и левой резьбой. Один конец ходовой шпильки выполнен в виде квадрата на который крепится рычаг 8. На наружном диаметре рычага 8 предусмотрены кулачки. На кулачки

рычага 8 насаживается кулачковая муфта 9. При подаче воздуха в ту или иную полость пневмоцилиндра 6, вместе с поршнем 7 перемещается рычаг 8, который через кулачковую муфту 9 поворачивает ходовую шпильку 5, которая в свою очередь перемещает кулачки 3, 4 и осуществляется зажим и разжим детали. Для закрепления детали на приспособлении используются два пневмоцилиндра 6. Пневмоцилиндры при помощи оси 13 закреплены на стойке 14.

Само приспособление базируется на столе станка плоскостью плиты 10 и двумя пальцами 11,12. Для закрепления приспособления на столе станка в его корпусе предусмотрены проушины под крепление болтами.

### **3.2 Расчет и проектирование специального режущего инструмента**

#### **3.2.1 Расчет торцевой фрезы**

На 5-ти осевом обрабатывающем центре Haas UMC-500 обрабатывается деталь «Рычаг внутренний» Сталь 08X15H5Д2Т – жаропрочная высоколегированная коррозионно-стойкая хромоникелевая сталь аустенитно-мартенситного класса. Марка стали 08X15H5Д2Т изготавливается в виде прутков (горячекатаных и кованных), а также поковок, которые предназначены для последующей холодной или горячей механической обработки при изготовлении деталей машин. 08X15H5Д2Т нашла широкое применение в производстве авиационной техники, в энергетической отрасли и других областях машиностроения. Также эта марка стали используется для производства сварочной проволоки, которую применяют для сварки металлоконструкций или наплавки деталей. Химический состав 08X15H5Д2Т регламентируется ГОСТом 5632-72: углерод не более 0,08%; хром до 16%, но не менее 14% , никель в пределах 4-6%, кремний до 0,8%, марганец до 1%, фосфор до 0,035%, сера до 0,03%, медь не более 2%, титан до 1%.

Размеры обрабатываемого отверстия –  $\varnothing 20/\varnothing 13$  мм.

Шероховатость отверстия – Rz40 –  $\varnothing 20$ ; Rz20 –  $\varnothing 13$ .

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		63

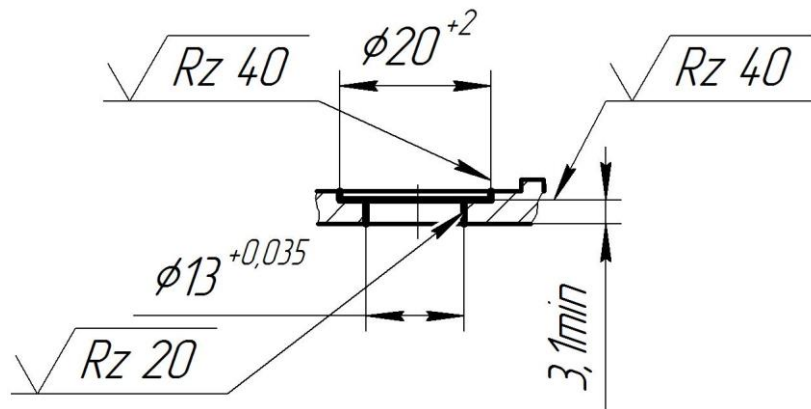


Рисунок 3.2.1.1 – Эскиз обрабатываемого отверстия

### 3.2.2 Определение размеров комбинированного инструмента. Выбор формы заточки

Длину режущей части выбираем конструктивно. Так как длина обрабатываемого отверстия 10 мм, то длину режущей части сверла выбираем по ГОСТ 10902-77 - 25 мм, этого достаточно для выхода сверла и стружки.

Определяем геометрические и конструктивные параметры рабочей части сверла ГОСТ 22735-77 для сталей:

угол наклона винтовой канавки  $\omega=30^\circ$

углы между режущими кромками:  $2\varphi=118^\circ$

задний угол  $\alpha=12^\circ$

угол наклона поперечной кромки  $\varphi=55^\circ$ .

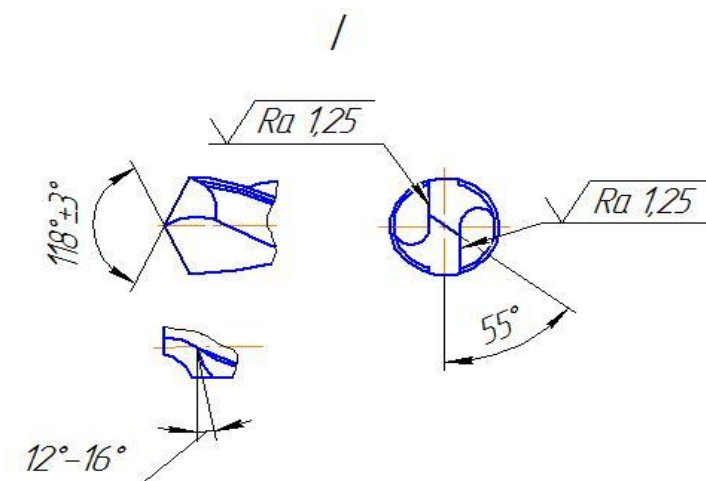


Рисунок 3.2.2.1 – Форма заточки сверла

Толщину  $d_c$  сердцевины сверла выбирают в зависимости от диаметра сверла: принимаем толщину сердцевины у переднего конца сверла равной  $0,2 D$

Тогда  $d_c=0,2 \times 13=2,6$  мм.

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		64

Обратную конусность сверла на 100 мм длины рабочей части принимаем 0,08 мм.

Ширина ленточки  $f_0$  и высота затылка по спинке  $Kf_0=1,0$  мм  $K=0,4$  мм.

Ширина пера  $B=0,58D=0,58 \times 13=7,54$  мм.

Геометрические элементы профиля фрезы для фрезерования канавки сверла определяем аналитическим методом:

Большой радиус профиля

$$R_o = C_R C_r C_\phi D, \quad (16)$$

где

$$C_R = \frac{0.026 \times 2\phi^3 \sqrt{2\phi}}{\omega} = \frac{0.026 \times 118^3 \sqrt{118}}{28} = 0.493$$

$$C_r = \left( \frac{0.14D}{d_c} \right)^{0.044} = 1$$

$$C_\phi = \left( \frac{13\sqrt{D}}{D_\phi} \right)^{0.9}$$

, где  $D_\phi$  – диаметр фрезы =  $13\sqrt{D}$

$$C_\phi = 1$$

$$R_o = 0,493 \times 1 \times 1 \times 13 = 6,4 \text{ мм}$$

Меньший радиус профиля:

$$R_k = C_k D, \quad (3.2)$$

где  $C_k = 0,015 \times 13^{0.75} = 0,1$

$$R_k = 0,1 \times 13 = 1,3 \text{ мм}$$

$$\text{Ширина профиля: } B = R_o + R_k \quad (16)$$

$$B = 4,93 + 1,3 = 6,23 \text{ мм.}$$

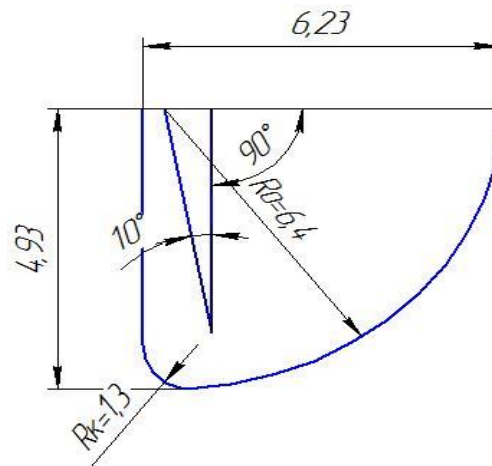


Рисунок 3.2.2.2 – Размеры фрезы под сверло

Определяем геометрические и конструктивные параметры рабочей части зенковки для сталей:

Угол наклона винтовой канавки  $\omega=15^\circ$

Углы между режущими кромками:  $2\varphi=180^\circ$

Передний угол  $\gamma=0$

Задний угол  $\alpha=6^\circ$

Вспомогательный задний угол  $\alpha=30^\circ$

### 3.2.3 Расчет режимов резания. Размеры комбинированного инструмента

Глубина резания при сверлении  $t=D/2=13/2=6,5$  мм

Глубина резания при цековании  $t=(D-d)/2=(20-13)/2=3,5$  мм

Подачу на оборот шпинделя принимаем  $S_o=0,2$  мм/об по паспортным данным станка. Выбираем скорость резания  $V=26$  м/мин.

Определяем осевую составляющую силы резания:

$$P_x = 9.81 C_p D^{x_p} S_o^{y_p} K_{mp}, \quad (17)$$

где  $C_p=68$ ,  $g_p=1$ ,  $y_p=0,7$ ,  $x_p=0$  – коэффициент, учитывающий фактические условия обработки заготовки для стали.

$$K = \left( \frac{\sigma_b}{750} \right)^n, \quad (18)$$

$$K_{Mp} = \left( \frac{230}{750} \right)^{1,75} = 0,13$$

$$P_{x1} = 9,81 \times 68 \times 13 \times 0,2^{0,7} \times 0,13 = 365,4 \text{ Н (36,5 кгс)}$$

$$P_{x2} = 9,81 \times 68 \times 20 \times 0,2^{0,7} \times 0,13 = 562,2 \text{ Н (56,2 кгс)}$$

Момент сил сопротивления резанию (крутящий момент):

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		66

$$M_{кр} = 10K_{мр} C_m D t^x S^y K_p, \quad (19)$$

где  $C_m = 0.0345$ ,  $q_m = 2,0$ ,  $y_m = 0,8$ .

$$M_{кр1} = 10 \times 0,13 \times 0,0345 \times 6,5 \times 13 \times 0,2^{0,8} = 10,45 \text{ Н} \cdot \text{м} \text{ (1045 кгс} \cdot \text{мм)}$$

$$M_{кр2} = 10 \times 0,13 \times 0,0345 \times 3,5 \times 20 \times 0,2^{0,8} = 86,6 \text{ Н} \cdot \text{м} \text{ (8660 кгс} \cdot \text{мм)}$$

Мощность резания рассчитываем по наибольшему крутящему моменту:

$$N_e = \frac{M_{кр} n}{9750}, \quad (20)$$

где  $n$  – частота вращения инструмента, об/мин

$$n = \frac{1000v}{\pi D}, \quad (21)$$

где  $V$  – скорость резания, м/мин;

$D$  – обрабатываемый диаметр, мм.

$$n = (1000 \times 26) / (3,14 \times 20) = 414 \text{ об/мин}$$

Т.к. для станков ЧПУ бесступенчатое регулирование числа оборотов, то для расчета мощности резания оставляем  $n = 415$  об/мин.

Мощность резания:

$$N = (86,6 \times 280) / 9750 = 2,5 \text{ кВт.}$$

Проверяем, достаточна ли мощность привода станка. Необходимо, чтобы  $N_{рез} \leq N_{шп.}$  Мощность на шпинделе станка по приводу  $N_{шп} = N_d \eta$ . У станка Q8 мощность  $N_d = 11$  кВт;  $\eta = 0,75$ ;  $N_{шп} = 11 \times 0,75 = 8,25$  кВт. Следовательно  $N_{рез} < N_{шп}$  ( $2,4 < 8,25$ ), т.е. обработка возможна.

Материал режущей части комбинированного инструмента – сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73, материал хвостовика – сталь 45 ГОСТ 1050-2013. Общая длина  $L = 150$  мм, длина рабочей части сверла  $l = 80$  мм, длина рабочей части цековки  $l = 20$  мм, длина хвостовика  $l_1 = 50$  мм. Диаметр хвостовика  $d_1 = 25h6$  мм, диаметр шейки между сверлом и цековкой  $d_2 = 11$  мм, диаметр шейки между цековкой и хвостовиком  $d_3 = 18$  мм.

### 3.3 Описание работы контрольного приспособления

Проверяемая деталь «рычаг внутренний» имеет точное отверстие диаметром 14 мм, ось его является базой. Параллельность верхних плоскостей проверяем на контрольном приспособлении. Проверяемую деталь устанавливаем

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		67

на направляющие и пальцы приспособления. Направление проходит через два противоположно расположенных отверстия диаметром 14 мм.

На направлении устанавливается призма с закрепленным на ней валиком. Положение призмы на направлении фиксируется винтом. Валик другим концом входит в подшипниковый узел расположенный в корпусе втулки. Это обеспечивает вращение втулки без зазора, что важно для точности измерений. В наружные пазы втулки установлены плечи, которые для прочности прихвачены сваркой. В плечах в отверстия установлены индикаторы. Гильза индикатора вставлена в разрезную втулку, которая находится в отверстии кронштейна. Втулка деформируется винтом, фиксируя индикатор в осевом направлении. Такой способ крепления позволяет регулировать осевое положение индикатора, изменяя по необходимости натяг измерительного стержня.

Измерительный стержень индикатора соприкасается с рычажной передачей, которая подвижно закреплена на оси, и предохраняет индикатор от ударов и преждевременного износа.

Параллельность верхних поверхностей детали проверяется путем вращения втулки с закрепленными на ней индикаторами на один - два оборота. По разности показаний индикатора определяют биение контролируемой поверхности относительно оси базового отверстия.

Контрольное приспособление показано на рисунке 3.3.1

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		68



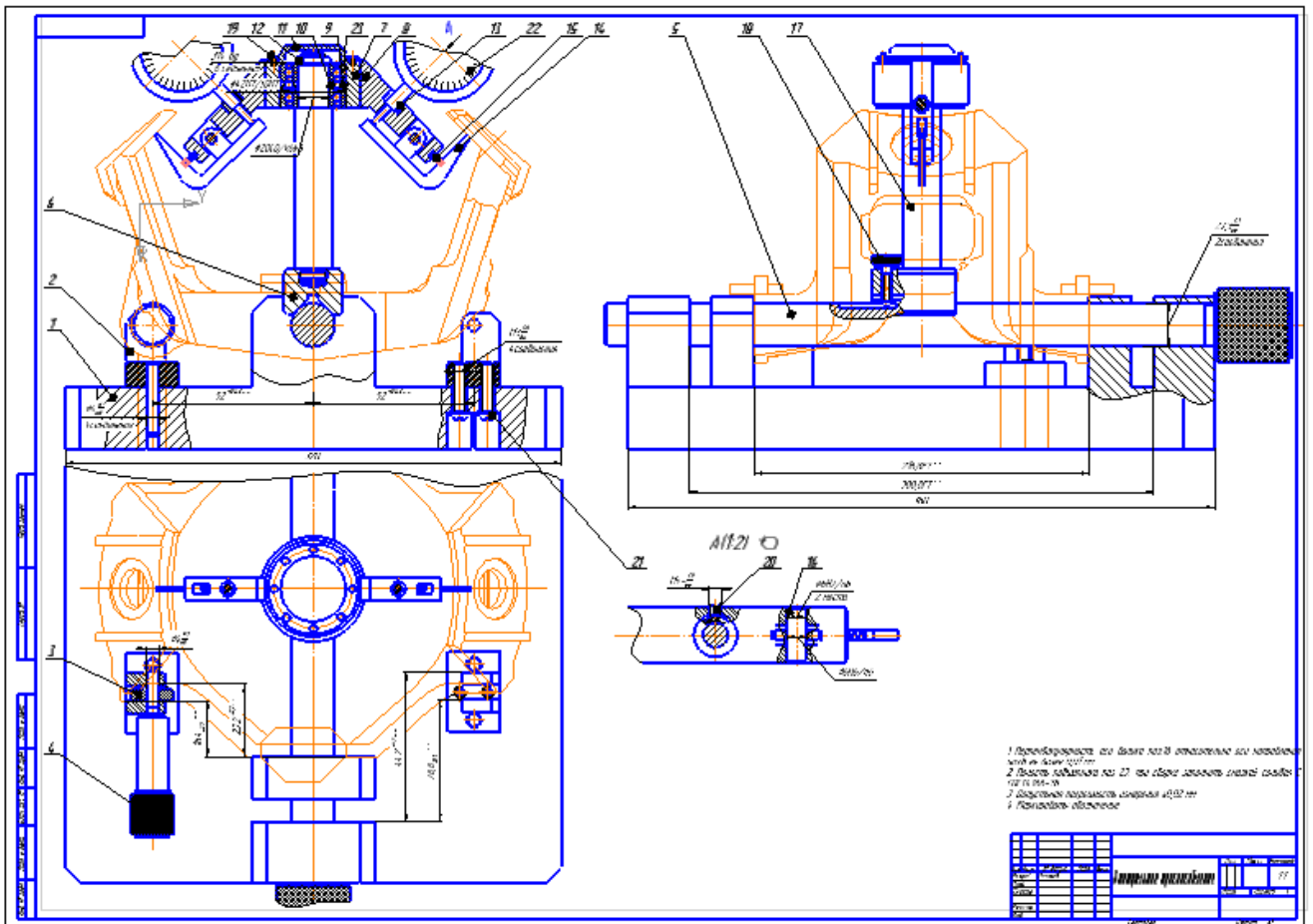


Рисунок 3.3.1 – Контрольное приспособление

#### 4. Планировка участка

##### 4.1 Описание работы участка механической обработки

Проектируемый участок механической обработки состоит из фрезерного станка Hurco VMX24T, 5-ти осевого обрабатывающего центра Haas UMC-500, прошивного станка AgieCharmilles FORM 300, слесарногверстка, контрольного стола и мест для хранения заготовок, и деталей. Расположение станка и рабочих мест на плане начинается с определения сетки колонн. По таблице 8 [8] определяем сетку расположения колонн и высоту затяжки ферм для строения с подвесным краном:

- ширина пролета здания  $B=18$  м;
- шаг колонн здания  $A=6$  м;
- высота затяжки ферм здания  $h=7,2$  м.

Высота затяжки ферм определена с учётом самой высокой единицы оборудования. Данным оборудованием служит фрезерного станка Hurco VMX24T ( $h = 3000$ мм).

Для образующейся в процессе работы стружки, различной по степени загрязнения ветоши установлена специальная тара.

Для локализации и предотвращения возможных пожаров установлены следующие средства пожаротушения:

- пожарный кран;
- огнетушитель водно-пенный ОВП-5;
- огнетушитель углекислотный ОУ-5;
- пожарный щит и ящик с песком.

На плане участка также предусмотрены места подвода электропитания и сжатого воздуха к рабочим местам.

Для перемещения деталей и установки приспособлений предусмотрена кран-балка грузоподъемностью  $Q = 5$  т.

##### 4.2 Описание мероприятий по охране труда

Анализ проектного технологического процесса на наличие потенциально опасных и вредных факторов.

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		70

Заготовка детали 150305.2020.494.00.00 «Рычаг внутренний» получена методом литья по выплавляемым моделям. Материал заготовки – сталь 08X14H5M2ДЛ-2. Масса отливки составляет 0,65 кг, масса готовой детали – 0,5 кг. Заготовка имеет развитые плоские поверхности, и как следствие, может принимать устойчивые положения.

В спроектированном технологическом процессе для обработки рычага внутреннего из основного оборудования применяется следующее оборудование: фрезерный станок Hurco VMX24T, 5-ти осевой обрабатывающий центр Haas UMC-500, прошивной станок AgieCharmilles FORM 300.

В качестве транспортного оборудования применяется:

- гидравлическая тележка;
- электропогрузчик;
- кран-балка Q = 2,5 тонны.

Заготовки перемещаются между станками с помощью гидравлических тележек или электропогрузчика на специальных поддонах.

Все применяемое оборудование соответствует ГОСТ 12.2.003-82 ССБТ «Оборудование производственное. Общие требования безопасности» и ГОСТ 12.2.009-80 ССБТ «Станки металлообрабатывающие. Общие требования к безопасности». Следовательно, на этом оборудовании уровень шума и вибрации соответствует нормативным показателям. Исходя из этого, мероприятия и средства защиты от воздействия шума и вибрации в данном проекте не приводятся.

Одним из значимых условий высоко производительного труда является обеспечение чистоты воздуха и нормальных метеорологических условий в рабочей зоне помещения. Таким образом необходимо наличие пространства высотой до 2-х метров над уровнем пола или площадки, где находятся рабочие места. Основной задачей охраны труда является устранение следующих вредных производственных факторов: газов и паров, пыли, избыточной теплоты и влаги.

В качестве СОЖ в процессе механической обработки на вертикально-обрабатывающем центре применяется OILCOOL CLEANLINE. Это концентрат

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		71

для металлорежущих станков, образующий высокодисперсные эмульсии, обладающие повышенной смазывающей способностью. OILCOOL CLEANLINE не содержит фенолов, нитритов, вторичных аминов и хлора.

По имеющейся информации, OILCOOL CLEANLINE при правильном обращении и использовании не оказывает неблагоприятного воздействия на здоровье. Также не требуются особые меры предосторожности, за исключением соблюдения правил личной гигиены, включая стирку загрязненной одежды и мытье загрязненных участков кожи мыльной водой.

Применение СОЖ приводит к загрязнению воздуха в производственных помещениях, спецодежды, а также оказывает пагубное воздействие на кожу (особенно рук).

При применении СОЖ в техпроцессе выполняются следующие мероприятия:

- 1) на состав СОЖ есть разрешение санитарного надзора;
- 2) антимикробная защита состава СОЖ на водном растворе соответствует требованиям ГОСТ 12.3.025-80 ССБТ;
- 3) замена СОЖ осуществляется не реже 1 раза в 6 месяцев при лезвийной обработке и 1 раза в 3 месяца для моечной машины;
- 4) станочникам при применении СОЖ выдаются мази, кремы для смазывания рук и специальные моющие средства;
- 5) конструкции станков исключают разбрызгивание и растекание СОЖ на прилегающую к станку площадь пола (оборудование укомплектовано ограждениями и экранами);
- б) при работе с СОЖ в цехах присутствует устройство общеобменной механической вентиляции с подачей приточного воздуха в рабочую зону, скорость движения воздуха не превышает 0,4...0,5 м/сек, общая производная вентиляции составляет 850...950 км/час на 1 станок;
- 10) проводятся систематизированный санитарный инструктаж и периодические медосмотры.

Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		72

К нормируемым параметрам микроклимата в производственных условиях относятся следующие параметры:

- температура воздуха  $t$ , °С;
- относительная влажность, %;
- скорость движения воздуха на рабочем месте  $V$ , м/с;
- атмосферное давление  $P$ , Па.

Используя правила по охране труда на предприятиях и в организациях машиностроения (ПОТ РО 14000-001-98) [8] определим категорию тяжести работ по уровню энергозатрат: для 200 ккал/ч это средняя Па категория. Для данной категории определим оптимальные (таблица 1 [8]) и допустимые значения (таблица 2 [9]) температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений.

Оптимальными условиями микроклимата для Па категории работ в различное время года являются:

- для работы в холодное время года (температура ниже +10°С) – это  $t=19-21^{\circ}\text{C}$ , влажность воздуха 60-40% и  $V \leq 0,2$  м/с;
- для работы в теплое время года (температура выше +10°С) – это  $t=21-23^{\circ}\text{C}$ , влажность воздуха 60-40% и  $V \leq 0,3$  м/с.

Допустимыми условиями микроклимата для Па категории работ в различное время года являются:

- для работы в холодное время года – это  $t = 19-25^{\circ}\text{C}$ , влажность воздуха 75-55% и  $V \leq 0,3$  м/с;
- для работы в теплое время года (температура выше +10°С) – это  $t=18-27^{\circ}\text{C}$ , влажность воздуха 75-55% и  $V = 0,2-0,5$  м/с.

Выполнение этих норм достигается при осуществлении следующих мероприятий:

- вентиляция (приточная, вытяжная, естественная, воздушная и тепловая завеса);
- кондиционирование;
- отопление.

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		73

При использовании СОЖ необходимо предусматривать следующие мероприятия:

- разрешение санитарного надзора на состав применяемой СОЖ;
- соответствие СОЖ требованиям ГОСТ 12.3.025–80 ССБТ «Обработка металлов резанием. Общие требования безопасности»;
- централизованное приготовление и подача СОЖ к станкам;
- соблюдение периодичности замены и промывки сосудов СОЖ;
- оборудование станков специальными сборниками и ограждениями, экранами для защиты;
- наличие вентиляции;
- использование рабочими специальных кремов и паст;
- проведение санитарных инструктажей.

Для защиты от различного рода опасностей в разработанном технологическом процессе предусмотрены следующие виды защиты:

- движущиеся части станков и механизмов укрыты соответствующими ограждениями:
  - а) конструкции ограждающих устройств достаточно прочны, надёжно закреплены;
  - б) ограждения имеют рукоятки для удобного и безопасного удержания их при съёме и установке;
  - в) внутренние поверхности защитных дверей, крышек, ограждений и посадочные места для них окрашены в ярко-красный цвет;
  - г) открывающиеся в течение рабочего дня защитные ограждения заблокированы с пуском станка;
- наличие и исправность индивидуальных средств защиты: спецодежда, спец.обувь, головные уборы.

Организационные мероприятия от разлетающейся стружки:

- станки оснащаются экранами, надёжно защищающими рабочих от разлетающейся стружки, случайно поломавшегося инструмента;
- экраны заблокированы с пуском станка;

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		74

- на станках, не имеющих экрана, рабочие обязаны надеть удобные, не мешающие работе очки.

### Мероприятия по электробезопасности

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Электрический ток оказывает термическое, электролитическое и биологическое воздействие.

Согласно “Правилам устройства электроустановок” помещение участка относится к особоопасному с точки зрения электробезопасности.

Основные причины несчастных случаев от воздействия электрического тока:

- случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям, находящимся под напряжением;
- появление напряжения на металлических конструктивных частях электрооборудования – кожухах, корпусах и т.д. – в результате повреждения изоляции и других причин;
- появление напряжения на отключенных токоведущих частях, на которых работают люди, вследствие ошибочного включения установки;
- возникновение шагового напряжения на поверхности земли в результате замыкания провода на землю.

В сетях с глухозаземлённой нейтралью, в качестве защитной меры, применяют соединение корпусов электрооборудования с нейтралью источника питания (зануление), что обеспечивает быстрое отключение повреждённой установки и участка сети.

Основные технические мероприятия и средства защиты от поражения электрическим током:

- изоляция токоведущих частей;
- недоступность токоведущих частей;

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		75

- размещение электрических проводов в трубах;
- применение защитного зануления;
- применение деревянных трапов у станков.

Основные организационные мероприятия:

- обязательный контроль наличия исправности зануления оборудования и изолирующего трапа у станка;
- запрещение ремонта электрооборудования и вскрытие электрошкафов не аттестованными работниками;
- привлечение к ремонту электрооборудования аттестованных специалистов-электриков;
- инструктаж рабочих.

В таблице 11 указан характер воздействия электрического тока на организм человека.

Таблица 11 – Характер воздействия электрического тока

Воздействие тока	(а) Величина тока, мА		Характер воздействия
	Переменный	Постоянный	
Пороговый, осязаемый	0,6 – 1,5	6 - 7	Вызывает осязаемое раздражение организма
Пороговый, неотпускной	10 – 15	50 – 70	Сильные судороги мышц рук, которые человек преодолеть не в состоянии
Пороговый, фибрилляционный	100	300	Воздействие на мышцу сердца, возможна его остановка

Мероприятия по пожарной безопасности участка

Спроектированный участок механической обработки находится в производственном помещении, которое относится к категории Д по пожаробезопасности, так как в нем производится обработка негорючих веществ и материалов в холодном состоянии.



Причина возникновения пожара для данной категории:

- неосмотрительное обращение с открытым огнём при проведении электросварочных работ;
- неисправность производственного оборудования и нарушение технологического процесса;
- неисправность или перегрузка электрооборудования, что может привести к задымлению или возгоранию электродвигателей и других электрических приборов;
- неправильное хранение смазывающих веществ, эмульсий, а так же промасляной ветоши;
- самовозгорание горючих веществ.

К первичным средствам пожаротушения относят: огнетушители, гидropомпы, вёдра, бочки с водой, лопаты, ящики с песком, ломы, войлок и т. д. Для различных объектов и помещений существуют нормы первичных средств пожаротушения.

На спроектированном участке располагаются следующие первичные средства пожаротушения:

- огнетушитель углекислотный ОУ-5 (2 шт.), применяется для тушения электроустановок;
- огнетушитель водно-пенный ОВП-5 (2 шт.), применяемый для тушения горячей масляной ветоши и других очагов горения, не находящихся под напряжением;
- пожарный кран;
- ящик с песком;
- кусок асбестового полотна 2х2 м;
- ломы (2 шт.);
- багры (2 шт.);
- топоры (2 шт.).

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		77

Все первичные средства пожаротушения размещены на специальном щите. Пожарный щит окрашен в красный цвет, на стенде размещены номера телефонов пожарной части, диспетчера завода, правила пользования огнетушителем.

Организационные мероприятия по пожарной безопасности на участке и рабочих местах включают в себя:

1. Разработку инструкций о соблюдении противопожарного режима и о действии людей при возникновении пожара (запрещение курения в не отведенных местах, приводится в порядок хранение и использование промасляной ветоши, СОЖ, обязательная уборка промышленной и других горючих жидкостей).

2. Организацию обучения рабочих и служащих правилам пожарной безопасности (вводный инструктаж, первичный инструктаж на рабочем месте).

3. Оформление наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности.

4. Оформление стенда пожарной безопасности, на котором размещены:

- цеховая инструкция по пожарной безопасности;
- плакаты с устройствами и правилами пользования огнетушителями;
- план эвакуации из цеха в случае пожара;
- номера телефонов пожарной части.

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		78

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведения анализа действующего технологического процесса изготовления детали «Рычаг внутренний», были замечены недостатки, которые учитывались при разработке проектного варианта технологического процесса .  
Последующий размерный анализ показал, что разработанная технология изготовления детали устраняет брак при расчете припусков.

Произвели замену станков с ЧПУ на более производительные, что сократило время изготовления детали. Был спроектирован режущий инструмент, станочное приспособление, контрольное приспособление, разработан план цеха. Размерный анализ показал, что проектный вариант изготовления удовлетворяет все требования производства

Разработаны мероприятия по охране труда на участке.

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		79

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении: Учебник. – СПб.: Издательство «Лань», 2015. – 320 с.: ил. –(Учебники для вузов. Специальная литература).

2. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т./ под ред. Касиловой А.Г., Мещерякова Р.К.– 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985, 496 с., ил.

3. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением. Издательство «Машиностроение» 2005. 365 с.

4. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть 1. Москва экономика 1990.

5. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т./ под ред. Касиловой А.Г., Мещерякова Р.К.– 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985, 496 с., ил.

6. Зубарев Ю.М. Расчёт и проектирование приспособлений в машиностроении: Учебник. -СПб.: Издательство «Лань», 2015г. – 320с.: ил.- (Учебник для вузов. Специальная литература.)

7. Техническое нормирование операций механической обработки деталей: Учебное пособие. Компьютерная версия. – 2-е изд., перер. /И.М. Морозов, И.И. Гузеев, С.А. Фадюшин. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005г..

8. Фельдштейн Е.Э. Металлорежущие инструменты: справочник конструктора/Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич.-Минск: Новое знание,2009.- 1039с.: ил.

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.494.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						80
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		