

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»  
Институт открытого и дистанционного образования  
Кафедра «Техника, технологии и строительство»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой,  
к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ К.М. Виноградов  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Проектирование участка механической обработки детали "Корпус  
фотообъектива"

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ–15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР

Строительный раздел,  
ст. преподаватель  
\_\_\_\_\_ А.А. Дериглазов  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Руководитель работы,  
доцент  
\_\_\_\_\_ А.А. Ахлюстина  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Автор работы  
студент группы ДО-505  
\_\_\_\_\_ Р. Р. Гилязов  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Нормоконтролер,  
преподаватель  
\_\_\_\_\_ О.С. Микерина  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Челябинск 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ .....	7
1.1 СЛУЖЕБНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ ДЕТАЛИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К НЕЙ.....	7
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	9
2.1 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ДЕТАЛИ И ДЕЙСТВУЮЩЕГО ТЕХПРОЦЕССА .....	9
2.2 АНАЛИЗ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА .....	12
2.2.1 Анализ документации действующего техпроцесса .....	12
2.2.2 Анализ оборудования, режущего инструмента, оснастки .....	13
2.2.3 Размерный анализ действующего техпроцесса.....	23
2.2.4 Выводы из анализа и предложения по разработке проектного техпроцесса .....	24
2.3 РАЗРАБОТКА ПРОЕКТНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.....	24
2.3.1 Разработка маршрута проектного техпроцесса.....	24
2.3.2 Выбор оборудования для реализации техпроцесса .....	25
2.3.3 Выбор исходной заготовки.....	31
2.3.4 План операций и переходов проектного техпроцесса.....	31
2.3.5 Расчет режимов резания .....	36
3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	42
3.1 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ .....	42
3.1.1 Расчет режимов резания .....	43
3.1.2 Расчет усилия зажима заготовки .....	45
3.2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ (ВЫБОР) РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА.....	46
3.2.1 Расчет бесстружечного метчика .....	46
3.2.3 Описание режущего инструмента, применяемого в проектном техпроцессе .....	49
4 СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ .....	56
4.1 ОПИСАНИЕ ПЛАНИРОВКИ УЧАСТКА.....	56
4.2 РАСЧЕТ ПОТРЕБНОГО КОЛИЧЕСТВА ОБОРУДОВАНИЯ.....	57
4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	58
6.1 ИНСТРУКЦИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ОПЕРАТОРОВ СТАНКОВ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ .....	58
5 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ .....	60
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	63
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	64

					15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А. АЛЬБОМ ИЛЛЮСТРАЦИЙ

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. СПЕЦИФИКАЦИИ

ПРИЛОЖЕНИЕ В. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

					15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## ВВЕДЕНИЕ

Машиностроительный комплекс представляет сложное межотраслевое образование, включающее машиностроение и металлообработку. Машиностроение объединяет специализированные отрасли, сходные по технологии и используемому сырью.

Машиностроение является ведущей отраслью тяжелой индустрии страны. Создавая наиболее активную часть основных производственных фондов — орудия труда, машиностроение в значительной степени оказывает влияние на темпы и направления научно-технического прогресса в различных отраслях хозяйственного комплекса, на рост производительности труда и другие экономические показатели, определяющие эффективность развития общественного производства.

Специализация является важнейшим направлением интенсификации производства машиностроения. Она дает большие возможности для использования высокопроизводительного оборудования, средств автоматизации и роботизации производственных процессов, что обеспечивает рост производительности труда и повышает эффективность развития производства.

Основным направлением развития на современном этапе является повышение качества изделий и эффективности производства во всех отраслях машиностроения.

В связи с этим основными технологическими задачами являются изготовление деталей в строгом соответствии с технической документацией и разработка новых оптимизированных технологических процессов.

В системе подготовки производства проектирование технологических процессов занимает важное место. Разработка технологического процесса изготовления изделия представляет собой решение сложной комплексной задачи, охватывающей процессы сборки изделия и изготовления деталей, входящих в ее состав [1].

Большое значение для развития машиностроения имеет организация производства на основе взаимозаменяемости. Создание и внедрение надежных средств контроля и измерения.

					15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

Особенно важно обеспечить взаимозаменяемость деталей и изделий, получаемых безотходной технологией, при которой механическая обработка сведена к минимуму. Это увеличивает эффективность технологий не только в отношении экономии материалов, но и резкого повышения производительности труда и качества продукции.

Целью данной дипломной работы является проектирование участка механической обработки детали «Корпус объектива» с разработкой конструкторско-технологического оснащения. Для этого решаются следующие задачи:

- 1) полный анализ действующего технологического процесса и применяемого оборудования, оснастки и инструмента.
- 2) проектирование технологического процесса механической обработки детали «Корпус объектива», и операции ее контроля, зажимного и контрольного приспособления.
- 3) расчет промежуточных операционных размеров, размеров заготовки на основе размерных цепей и выбор способа её получения, а также режимов резания на операции механической обработки.
- 4) проектирование специального участка механической обработки.

					15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

# 1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

## 1.1 Служебное назначение детали и технические требования, предъявляемые к ней

Корпусные детали предназначены для размещения в них сборочных единиц и деталей. Они должны обеспечивать постоянство точности относительного положения деталей и механизмов, как в статическом состоянии, так и при эксплуатации машины, поэтому обладают достаточной жесткостью. Корпусные детали имеют основные базирующие поверхности, как правило, в виде плоскостей, которыми они присоединяются к другим корпусам.

Деталь используется в приборостроении и радиоаппаратостроении. Являясь деталью оптико-механического прибора, на внутренних плоскостях выполнено рифление, что позволяет значительно уменьшить светорассеяние.

Расположение детали в узле представлено на рисунке 1, общий вид детали представлен в виде 3D-модели на рисунке 2.

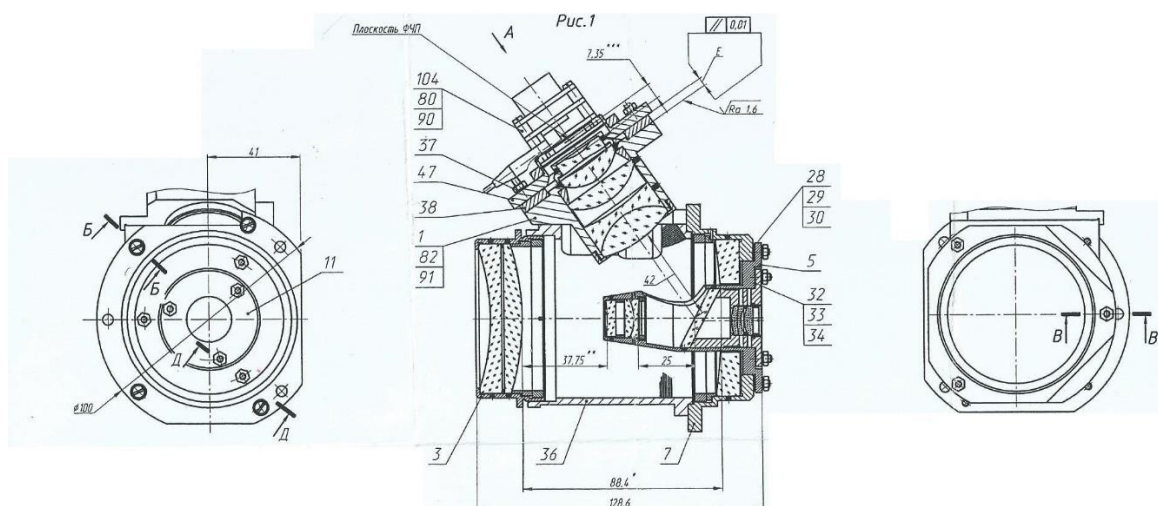
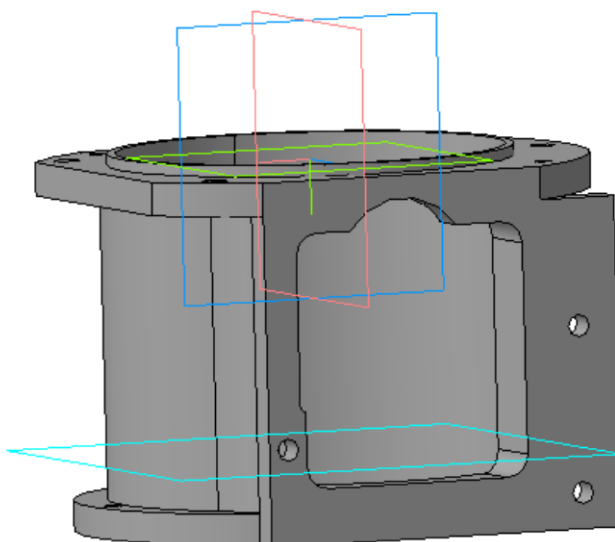


Рисунок 1 – Эскиз детали в узле



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР

Лист

7

Рисунок 2 – Деталь «Корпус фотообъектива»

Деталь нужна для соединения различных частей машины и образования в месте соединения прочного стыка, а значит должна иметь высокую точность рабочих поверхностей и отверстий.

К детали предъявляют ряд требований:

- 1 Стабилизации заготовки в процессе обработки для снятия внутреннего напряжения;
- 2 Неуказанные предельные отклонения размеров Н12, h12;  $\pm \frac{IT}{2}$ ;
- 3 Покрытие Н. м. чёрный.

					15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Анализ технологичности детали и действующего техпроцесса

Деталь «Корпус фотообъектива» изготавливается из прутка ВТ1-0 ОСТ1-900013-81. Пруток представляет собой круглый прокат, который режут на плоские заготовки, используя ленточнопильный станок «PEGASUS». Титановые сплавы являются одним из основных конструкционных материалов, применяемых в настоящее время в разных отраслях промышленности. Широкое их использование связано с присущими титану и его сплавам комплексу свойств – высокая удельная прочность, коррозионная стойкость во многих агрессивных средах, немагнитность, хорошая жаропрочность при температурах эксплуатации до 500–600 оС. В таблицах 1 и 2 отражены основные химические и механические свойства сплава.

Таблица 1 – Химический состав марки

Химический состав сплава ВТ1-0 в %	
Fe	0,25
C	0,07
Si	0,1
N	0,04
Ti	99,24-99,7
O	до 0,2
H	до 0,01
прочие примеси	0,3



Химический состав марки

Таблица 2 – Механические свойства сплава при T = 20 °C

Прокат	Толщина или диаметр, мм	E, ГПа	$\sigma_T$ , ГПа	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %
Сплав ВТ1-0	-	72	300-420	400-450	320	30

Твердость материала: НВ  $10^{-1}$  = 131-163 МПа

Титан ВТ1-0 высокочистый, легкий, жаропрочный. Плавление наступает при температуре 1668°С. Сплав характеризуется невысоким тепловым коэффициентом расширения. Он малоплотный (плотность составляет всего 4,505 г/см<sup>3</sup>) и вы-



сокопластичный (пластичность может составлять от 20 до 80%). Эти качества делают возможным получение из описываемого сплава деталей любой нужной формы. Сплав стоек к коррозии за счет наличия на его поверхности оксидной защитной пленки.

Среди недостатков можно выделить необходимость в высоких трудозатратах на его производстве. Плавление титана наступает лишь в вакуумной или инертной газовой среде. Это связано с активным взаимодействием жидкого титана практически со всеми газами атмосферы. Кроме того сплав марки ВТ1-0 плохо режется, хоть и его прочность не так высока в сравнении с другими. Чем меньше в составе сплава алюминия, тем ниже показатели его прочности и жаропрочности, а водородная хрупкость выше.

Благодаря своим высоким техническим характеристикам сплав ВТ1-0 идеален для изготовления трубы, различной штамповки и литых элементов в ракето-, авиа- и судостроительной, химической и энергетической промышленности. Металл немагнитен и имеет высокое электрическое сопротивление, чем отличается от многих других металлов. За счет этих качеств он просто незаменим в таких сферах, как радиоэлектроник, электротехника.

Присутствует ряд технических требований предъявляемых к детали.

Покрытие Н. м. чёрный – никелирование – процесс обработки материала, путём покрытия её слоем никеля от 1 до 50 микрон. Никелирование применяется для придания соответствующего внешнего вида и для защиты от коррозии, внешнего воздействия. Никелированная деталь имеет матовую поверхность. Для нанесения никелевого покрытия, применяется гальванический метод и химический. Для металлов в 90% случаев применяют гальванический метод с применением сернокислых электролитов. Процесс это довольно сложный, требующий повышенного внимания и немалых затрат как энергетических, так и материальных. Проводится обезжиривание, сушка и промывка детали. Изделия подключаются к катоду и опускаются в ванну с электролитом и никелевыми пластинами, посаженными на анод. Далее, частицы никеля «прилипают» к изделию через электролит.

Плюсы от никелирования:

- высокая антикоррозийная стойкость против воды, многих минеральных и органических кислот, а также щелочей;
- никелевое покрытие хорошо полируется;
- возможность сварки никелированной детали;
- хорошая электропроводность;
- высокие декоративные свойства, покрытие может быть сатинированным, матовым или блестящим;
- высокий уровень твёрдости никелевого покрытия;
- высокая твёрдость и износостойкость.

Покрытие никелем, обеспечивает более долгий срок службы изделия и сохранение декоративных свойств. Из недостатков никелирования можно отметить:

- высокая восприимчивость к соединениям серы и аммиаку;
- при сильных ударах, покрытие может треснуть;

					15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

- при некачественном нанесении, покрытие может со временем отслаиваться и даже смываться под воздействием жидкостей

Состав раствора для получения покрытия приведён в таблице 3.

Таблица 3 – Состав раствора

Аммоний сернокислый, г/л	12-18
Никель сернокислый, г/л	40-50
Калий роданистый, г/л	25-35
Цинк сернокислый 7-водный; г/л	20-30
Температура, °С	15±35
Время, мин	30-35

Стабилизация детали 1 по ГОСТ 17535 – 77, который распространяется на высокоточные металлические детали приборов с наибольшим размером до 600 мм и рабочей температурой до 100°С, а так же устанавливает рекомендуемые типовые технологические процессы термической обработки, обеспечивающие стабилизацию размеров деталей приборов.

Неуказанные предельные отклонения размеров Н14, h14;  $\pm \frac{IT_{14}}{2}$

В целом деталь является технологичной. Большая часть поверхностей имеют простую форму и легко доступны для обработки. Значение шероховатостей поверхностей соответствует классам точности их размеров. Метод получения заготовок дешёв, прост, но существенными недостатками данного способа получения заготовки являются: низкий коэффициент использования материала и как следствие увеличенное время обработки детали, а также большой износ инструмента.

## 2.2 Анализ действующего технологического процесса

### 2.2.1 Анализ документации действующего техпроцесса

Анализ чертежа детали. Подробно с чертежом можно ознакомиться в графической части проекта.

На рабочем чертеже присутствует достаточное количество видов и разрезов. Чертеж выполнен согласно стандартам ГОСТа. Габаритные размеры детали: Ø114×75мм.

Знак неуказанных шероховатостей указанный на чертеже должен иметь указание конкретного вида обработки, что никак не отражено.

Проставлены все размеры, отклонения, допуски, шероховатости поверхностей, технические требования, необходимые для изготовления данной детали.

Несмотря на некоторые недочёты чертеж имеет достаточное количество видов и выполнен в соответствии стандартам ГОСТ Р 21.1101-2013.

Анализ маршрутного листа. Так как действующего технологического процесса для данной детали нет, для анализа взят маршрутный лист изготовления детали.

Порядок операций не нарушен. В операциях указано применяемое оборудование, но отсутствуют указания по обработке детали и набору инструмента, указано только машинное время.

Карты обладают недостаточной информацией по способу получения детали. Они позволяют определить только последовательность операций, но не порядок обработки и время их выполнения.

Анализ карт эскизов. На картах операционных эскизов отсутствует эскиз получения заготовки. На всём режущем инструменте, используемом в программах отсутствует указание ГОСТов.

Простановка размеров на картах совпадает с простановкой размеров на чертеже, но размеры не имеют допусков. На картах отсутствуют режимы резанья и простановка шероховатостей на всех операционных эскизах, также следует заметить отсутствие схем базирования и закрепления детали.

На всех эскизах отсутствует обозначение порядка обработки, а на некоторых допущены ошибки в простановке размеров.

При проставлении размеров на картах выполняется принцип единства баз. Некоторые эскизы обладают недостаточным количеством видов, что делает невозможным понимание некоторых операций обработки.

Анализ карты технического контроля. Карты технического контроля отсутствуют.

					15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

## 2.2.2 Анализ оборудования, режущего инструмента, оснастки

### Оборудование применяемое в базовом техпроцессе

#### Заготовительная операция

На заготовительной операции применяется ленточнопильный станок «PEGASUS» (см. рисунок 3). Фирма изготовитель: FMB (Италия).



Рисунок 3 – Ленточнопильный станок «PEGASUS»

Ленточнопильный станок «PEGASUS» предназначен для резания заготовок, как из черных, так и из цветных металлов, различной формы и размеров. Данный станок состоит из пильной рамы, имеющей два шкива на которых закреплена ленточная пила. Тип ленточной пилы и шаг зубьев выбирается в соответствии с разрезаемым материалом. Тиски зажимают заготовку, которую необходимо разрезать. Пильная рама поворачивается вдоль режущей плоскости для распила под определенным углом. Корпус станка состоит из станины. Перемещение движущейся части тисков и повороты пильной рамы вниз и вверх, а так же зажим и ослабление тисков осуществляется при помощи гидравлической системы, используя кнопки. Ленточная пила в зоне резания движется между двумя направляющими, с закрепленными в них опорными роликами и твердосплавными пластинами. Верхняя (подвижная) направляющая позволяет регулировать размер выступающей части режущей кромки пилы. Движение ленточной пилы приводится электродвигателем при помощи механического вариатора, подсоединенного к ведущему шкиву. Движение включается нажатием кнопки, движение автоматически прекращается по окончании резания, когда срабатывает концевой выключатель. Кожух, закрепленный на нижней части пильной рамы, защищает ленточную пилу и шкивы ленточной пилы [5]. Характеристики станка представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики станка «PEGASUS»

Наименование параметра	Величина параметра
Габаритные размеры, мм	1400x2100x1600
Вес, кг	850
Насос СОЖ, кВт	0,06
Главный двигатель, кВт	2,2
Размер ленточной пилы, мм	4120x34x1,1
Высота рабочего стола, мм	760
Максимальный диаметр заготовки, мм	330
Скорость ленточной пилы, м/мин	16-120

Рабочая зона станка удовлетворяет нашим требованиям, а благодаря малой толщине ленточной пилы образуется тонкий пропил и как следствие небольшой расход материала.

#### Токарная операция

На токарной операции используют станок 16К20Ф3 (см. рисунок 4) разработанный на базе универсального станка и имеющий традиционную компоновку.



Рисунок 4 – Токарный станок с ЧПУ 16К20Ф3

Станок 16К20Ф3 предназначен для токарной обработки в автоматическом режиме наружных и внутренних поверхностей деталей типа тел вращения со ступенчатым и криволинейным профилем по заранее составленной управляющей программе. Обработка происходит в замкнутом автоматическом цикле. Установка заготовок осуществляется в патроне, а длинных – в центрах.

					15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Высокопрочная станина представляет собою монолитную отливку из чугуна СЧ20 с термообработанными шлифованными направляющими обеспечивающими повышенную точность обработки. Каретка суппорта с поворотным резцедержателем перемещается по передней призматической и плоской задней направляющим. Задняя бабка так же перемещается по передней плоской и задней призматической направляющим. Автоматическая коробка скоростей сообщает шпиндельной бабке девять скоростей, которые переключаются в цикле обработки за счет включения электромагнитных муфт. Привод главного движения обеспечивает наибольший крутящий момент до 800 Нм. Инструмент получает движение подачи от приводов продольных и поперечных подач [5].

Надежная защита шарико-винтовых пар обеспечивает долговечность работы механизмов перемещения по координатам X и Z. Станок оснащается системами ЧПУ и электроприводами как отечественного производства, так и производства зарубежных фирм. Датчики обратной связи и резьбонарезания модели ВТМ-1М. Характеристики станка представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики станка 16К20Ф3

Технические характеристики	Параметры
Диаметр обработки над станиной, мм	500
Диаметр обработки над суппортом, мм	200
Наибольшая длина обработки позиционных головок, мм	900
Наибольшая длина обработки в центрах, мм	1000
Диаметр цилиндрического отверстия в шпинделе, мм	55
Наибольший поперечный ход суппорта, мм	210
Наибольший продольный ход суппорта, мм	905
Максимальная рекомендуемая скорость продольной рабочей подачи, мм	2000
Максимальная рекомендуемая скорость поперечной рабочей подачи, мм	1000
Количество одновременно управляемых координат, шт.	2
Пределы частот вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>	20 - 2500

Окончание таблицы 5

Максимальная скорость быстрых продольных и поперечных перемещений, мм/мин	15000-7500
Количество позиций инструментальной головки	8
Мощность электродвигателя главного движения, кВт	11
Класс точности по ГОСТ 8-82	П
Габаритные размеры станка (Д x Ш x В), мм	3700 × 2260 × 1650
Масса станка, кг	4000

Данный станок позволяет получить требуемый профиль детали, но его точность не соответствует требуемой точности по чертежу из-за чего приходится использовать дополнительный станок.

Фрезерная операция

Для выполнения фрезеровальной программы на заводе используется Обрабатывающий центр с ЧПУ DMU 50 (см. рисунок 5).

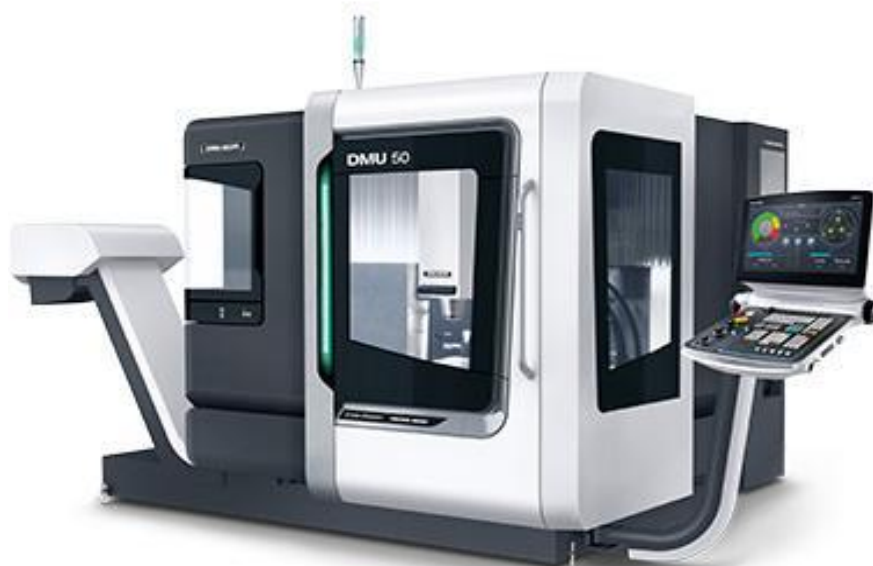


Рисунок 5 – Обрабатывающий центр с ЧПУ DMU 50

Станок DMU 50 открывает новые возможности для обработки деталей в цеховых условиях, обучения, лабораторных исследований, производства приспособлений и инструментов. Этот универсальный станок с ЧПУ разра-

					15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

ботан по инновационной машиностроительной технологии. К отличительным особенностям относятся цифровые приводы по всем осям, быстрый ход до 24 м/мин и шпиндельный двигатель со скоростью вращения до 18000 об/мин, которые повышают динамические характеристики станка DMU 50. Помимо стандартного жесткого стола дополнительно предлагаются другие варианты исполнения столов, в том числе механический стол, поворотный/вращающийся стол с электроприводом и гидравлической системой зажима инструментов и универсальный стол. Современная конструкция поперечных салазок суппорта с ребристыми литыми элементами создают основу для существенно более высокой точности и жесткости. Самая последняя технология управления с панелью управления DMG ERGOline®, экраном 19" и программным обеспечением 3D гарантирует достижение самой высокой рабочей скорости, точности и надежности.

Таблица 6 – Технические характеристики DMU 50

Привод	
Поперечный ход по осям X/Y/Z, мм	500 / 450 / 400
Диапазон скоростей, об/мин	20-18000
Быстрый ход по осям X/Y/Z, м/мин	24
Интегрированный поворотный/вращающийся стол с ЧПУ	
Рабочая поверхность поддона, мм	ø 630 × 500
Максимальная нагрузка, кг	200 / 300
Диапазон наклона, градусы	-5 / +110
Масса станка, кг	4 480

Данный станок позволяет выполнить необходимые требования предъявляемые к детали. Рабочая зона станка для данной детали велика, что ведёт к увеличению вспомогательного времени при подводе инструмента.

Обработка детали производится на различном оборудовании, что приводит к необходимости применения дополнительных приспособлений для закрепления и позиционирования заготовок. В процессе обработки деталь обрабатывается на токарном станке и в обрабатывающем центре – это оборудование достаточно эффективно. В процессе обработки происходит множество переустановок детали, что приводит к возникновению погрешностей установки и базирования. Это сказывается на качестве изготовления детали, возникает необходимость промежуточного контроля выполнения размеров на операции, что приводит к увеличению времени обработки, а соответственно и к повышению затрат на изготовление детали.

Инструмент применяемый в базовом техпроцессе. Весь инструмент используемый в данном техпроцессе является стандартным и включает в себя:

					15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17



1) Резцы: 2101-0005 ГОСТ 18870-73 – резец токарный проходной упорный из быстрорежущей стали (см. рисунок 6).

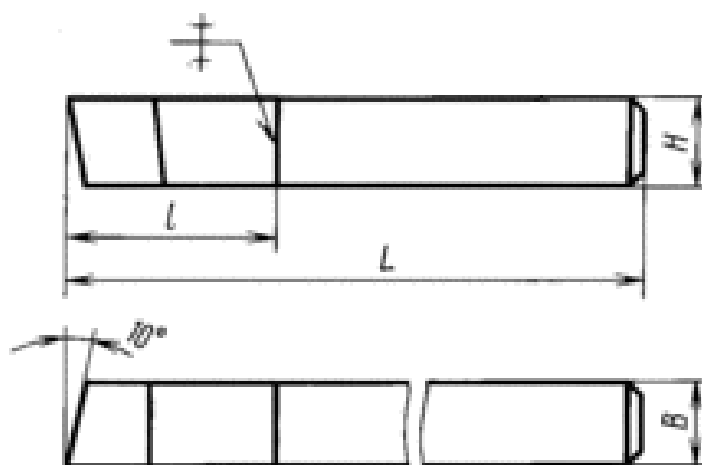


Рисунок 6 – Резец проходной упорный

2141-0202 ГОСТ 18883-73 – резец токарный расточной из быстрорежущей стали (см. рисунок 7).

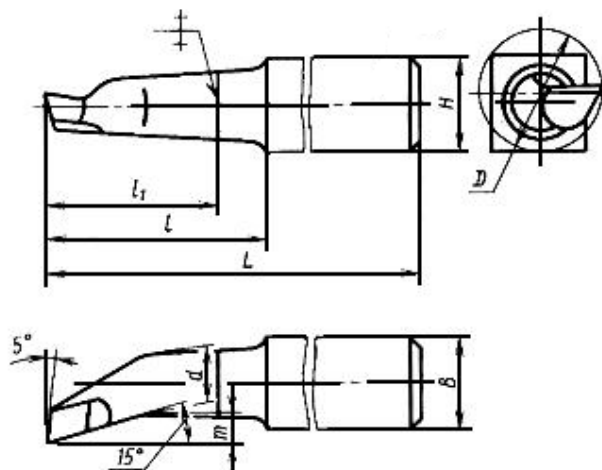


Рисунок 7 – Резец расточной

2112-0031 ГОСТ 18871-73 – резец токарный торцевой из быстрорежущей стали (рисунок 8).

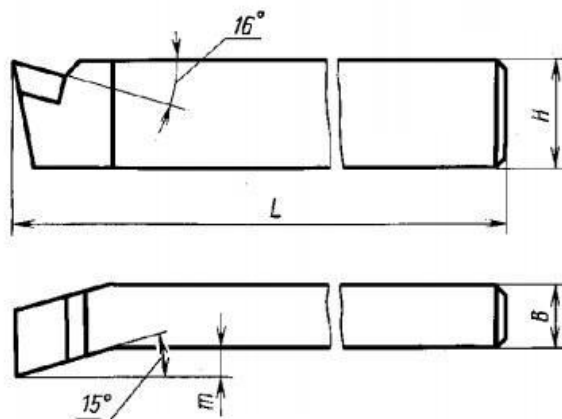


Рисунок 8 – Резец торцевой

					15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

2130-0509 ГОСТ 18874-73 – резец токарный отрезной из быстрорежущей стали (см. рисунок 9)

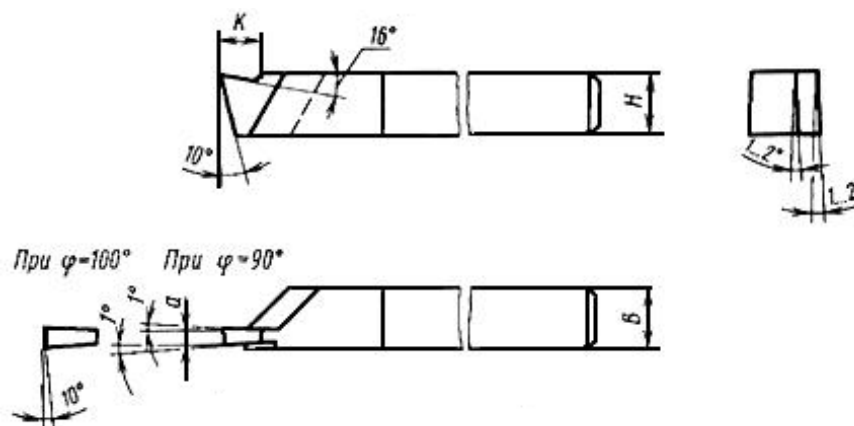


Рисунок 9 – Резец отрезной

Резцы изготовлены из быстрорежущей стали, что увеличивает их износостойкость и позволяет выдерживать большие нагрузки при обработке детали. Основным недостатком является то, что резцы не имеют сменных многогранных пластин и нужно специальное оборудование для их заточки.

2) Фрезы: 2220-0001, 2220-0003, 2220-0007, 2220-0017 ГОСТ 17025-71 – фрезы концевые из быстрорежущей стали с цилиндрическим хвостовиком. Примерный вид фрезы представлен на рисунке 10.

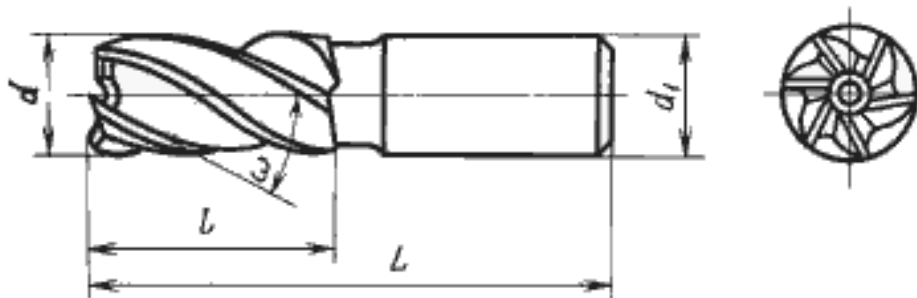


Рисунок 10 – Концевая фреза

Основным недостатком фрез является их цельная конструкция, что требует их постоянного затачивания и как следствие приобретение специального оборудования.

3) Свёрла: 2317-0125 ГОСТ 14952-75 – сверло центровочное комбинированное из быстрорежущей стали (см. рисунок 11).

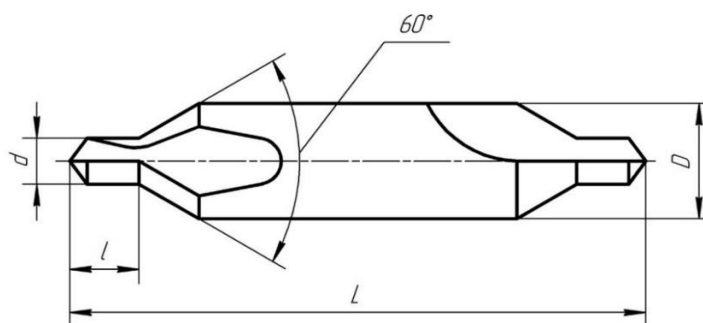


Рисунок 11 – Центровочное сверло без предохранительного конуса

					15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Центровочное сверло не имеет предохранительного конуса, что может привести к забоине или повреждению получившегося отверстия, что скажется на точности установки детали.

2300-8101, 2300-8131, 2300-8155, 2300-8161, 2300-0158, 2300-0167, 2300-0171, 2300-0174, 2300-0176, 2300-3459, 2300-6467 ГОСТ 10902-77 – сверла спиральные из быстрорежущей стали с цилиндрическим хвостовиком (см. рисунок 12).

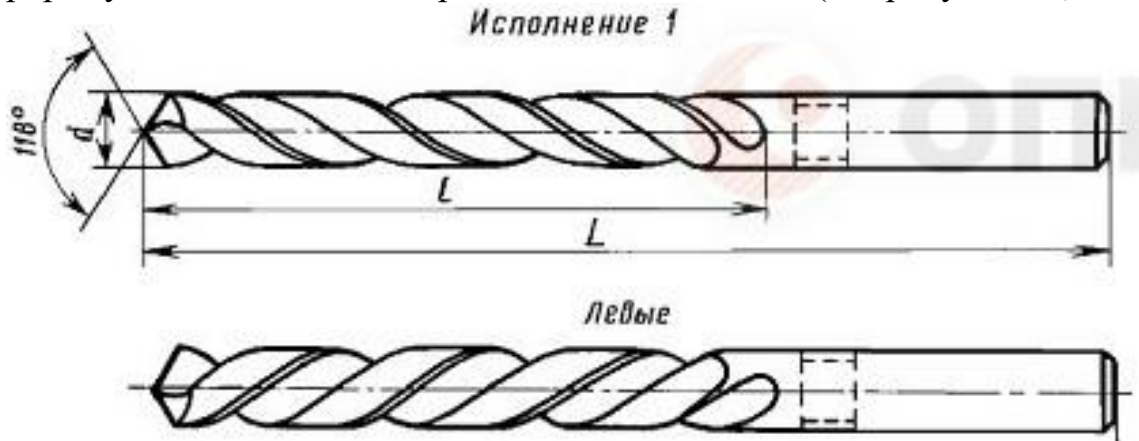


Рисунок 12 – Сверло спиральное

Свёрла, как и фрезы, имеют цельную конструкцию, что также требует специальное оборудование для их затачивания.

4) Метчики: 2620-1013, 2620-1149, 2620-1157, 2620-1485 ГОСТ 3266-81 – машинные и ручные метчики из быстрорежущей стали (см. рисунок 13).

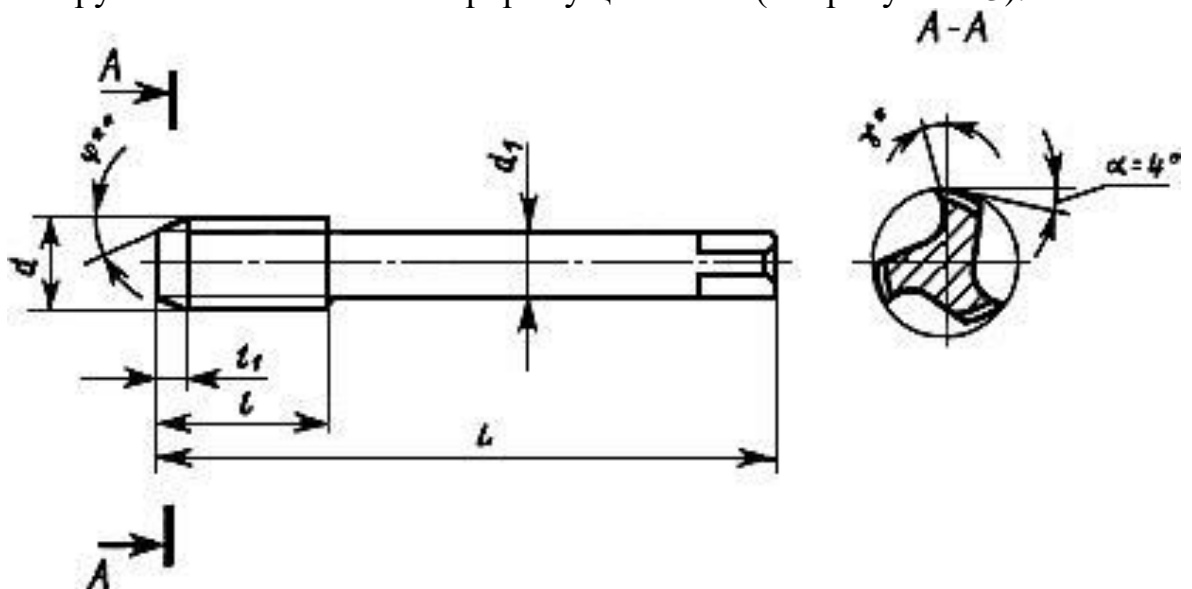


Рисунок 13 – Ручной метчик

Метчики имеют цельную конструкцию и требуют вывинчивания, что требует дополнительного времени.

Весь инструмент применяемый в процессе обработки детали является стандартным и изготовлен из быстрорежущей стали, что снижает траты на заточку инструмента и позволяет выдерживать большие нагрузки при обработке детали, а так же увеличивает их износостойкость. Весь представленный инструмент явля-

ется цельным и для его заточки необходимо специальное оборудование. В современном машиностроении большее предпочтение отдаётся инструментам со сменными многогранными пластинами, так как это позволяет сократить количество заточного оборудования, трудоёмкость на изготовление инструмента исключает пайку и т.д.

Технологическая оснастка применяемая в техпроцессе.

Наибольшее применение для закрепления заготовок при обработке на токарных станках получили трехкулачковые самоцентрирующиеся патроны с ручным приводом.

Самоцентрирующийся трехкулачковый патрон (рисунок 14) состоит из корпуса 6 с пазами, в которых перемещаются кулачки 1, 2, 3. Перемещение кулачков от периферии к центру патрона происходит при помощи спиральной нарезки, выполненной на диске 4. Диск приводится во вращательное движение при помощи специального ключа, устанавливаемого в квадратное отверстие конического зубчатого колеса 5. Зубчатое коническое колесо 5 находится в зацеплении с диском 4, на котором нарезаны зубья. Кулачки изготовляют трехступенчатыми, что позволяет закреплять заготовки с базированием по внутреннему диаметру различного размера. Для повышения износостойкости кулачков они подвергаются закалке.

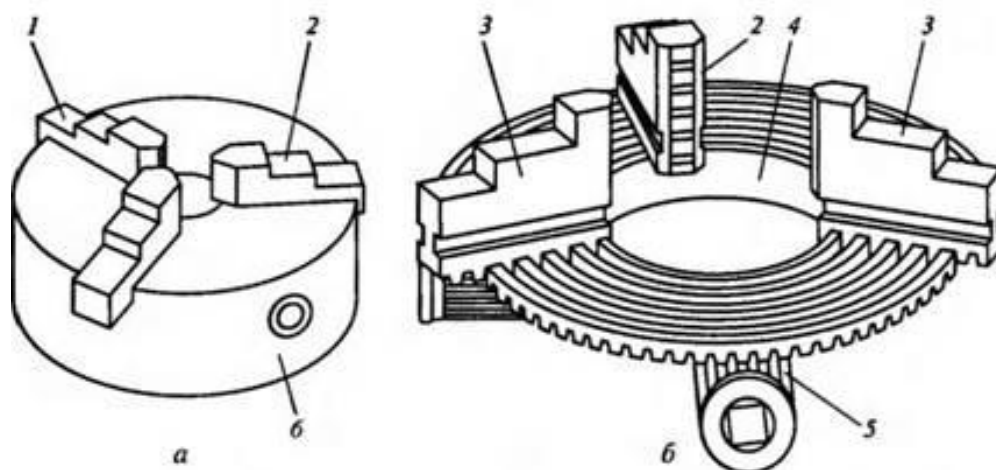


Рисунок 14 – Самоцентрирующийся трёхкулачковый патрон:  
а – общий вид; б – устройство; 1, 2, 3 – кулачки; 4 – диск; 5 – зубчатое коническое колесо; 6 – корпус

При обработке заготовки на фрезерном станке применялись тиски 7200–0214 ГОСТ 16518–96 (см. рисунок 15). Тиски станочные с ручным приводом предназначены для закрепления заготовок при механической обработке на металлорежущих станках. Класс точности тисков Н по ГОСТ 16518 (DIN 6370). Основные корпусные детали тисков изготавливаются из чугуна. Установка тисков на столе станка осуществляется с помощью шпонок, крепление с помощью 2-х болтов. Наличие в конструкции упорного подшипника уменьшает усилие на рукоятке при зажиме заготовок. Наличие тарельчатых пружин повышает надежность удержания закрепленной заготовки.



Рисунок 15 – Тиски

Станки, выполняющие фрезерные операции, обязательно должны иметь в своей комплектации прижимы (см. рисунок 16). С их помощью происходит фиксация заготовки на станине, чтобы с нужной стороны проводить обработку.

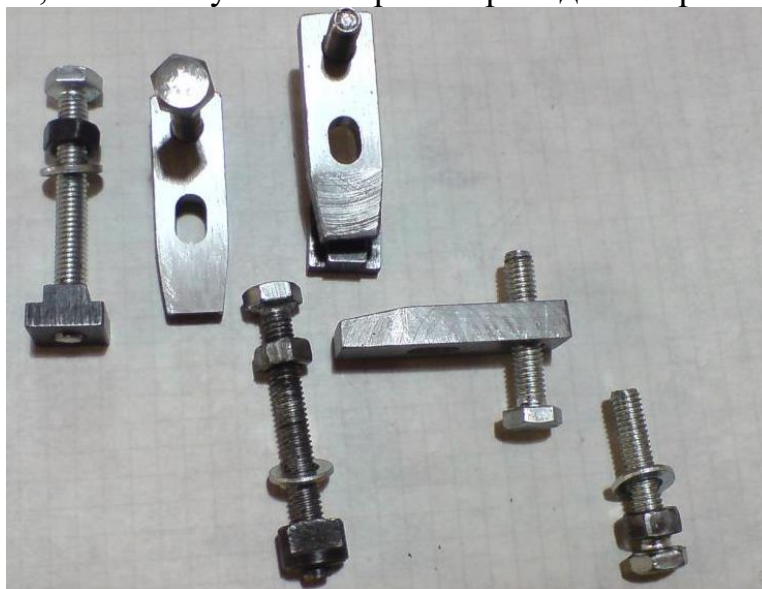


Рисунок 16 – Прижимы

Прижимы, используемые на фрезерной операции, имеют регулировку по высоте, не мешают подводимому инструменту, обеспечивают точность базирования и надёжно крепят заготовку.

На операциях используются стандартная оснастка, что является эффективным, так как нет надобности проектировать новое приспособление подходящее только для данной детали. Приспособления не автоматизированы и их приходится закреплять в ручную, что увеличивает время на установку и закрепление детали. Ни на одном приспособлении не применяются гидравлические и пневматические приводы, что увеличивает затраты и время на изготовление детали.

### 2.2.3 Размерный анализ действующего техпроцесса

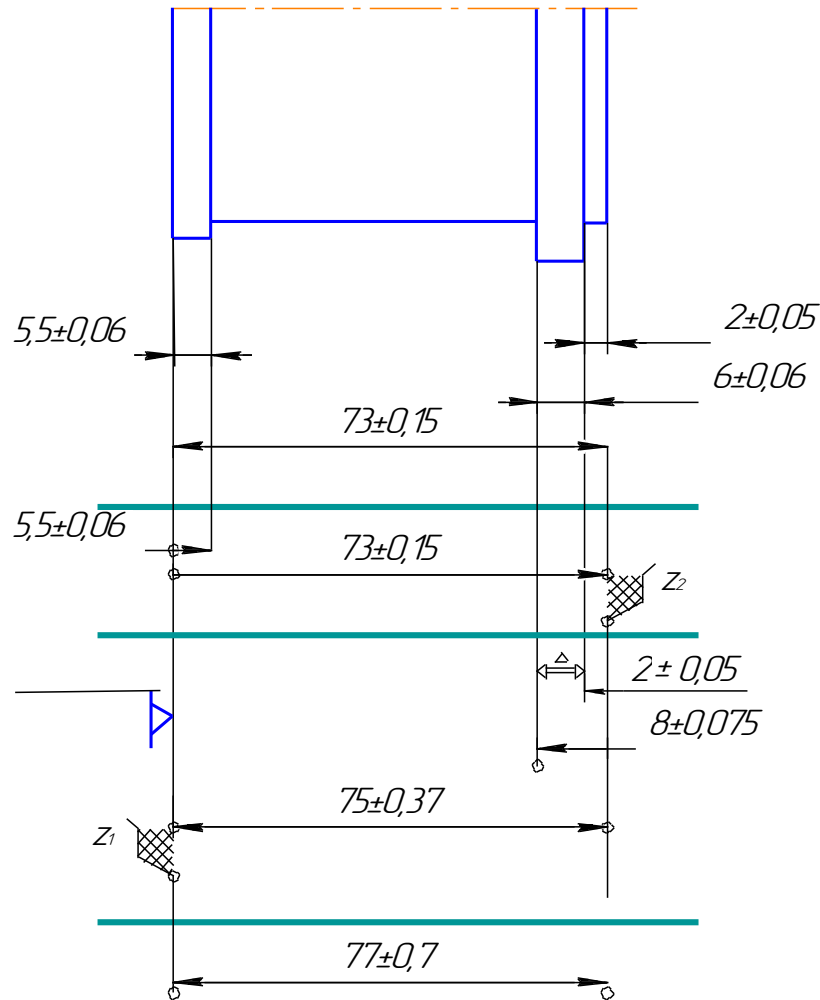


Рисунок 17 – Размерная схема базового техпроцесса

По базовому техпроцессу был проведён размерный анализ и построена размерная цепь (см. рисунок 17). В результате размерного анализа было выявлено недостаточное количество размеров для расчёта замыкающих звеньев и проанализированы номиналы припусков, используя формулы 2.1 и 2.2

$$Z^{\Phi} = \sum УВ - \sum УМ \quad (2.1)$$

$$Z_{min}^T = R_{z_{i-1}} + D_{f_{i-1}} \quad (2.2)$$

$$Z_1 = 77 \pm 0,7 - 75 \pm 0,37 = 2 \pm 1,07$$

$$Z_2 = 75 \pm 0,37 - 73 \pm 0,15 = 2 \pm 0,52$$

$$Z_{1min}^{\Phi} = 2_{-1,07} = 0,93$$

$$Z_{1min}^T = 0,15 + 0,16 = 0,31$$

$$Z_{2min}^{\Phi} = 1,7_{-0,52} = 1,18$$

$$Z_{2min}^T = 0,15 + 0,61 = 0,31$$

$$\Delta = 8 \pm 0,18 - 2 \pm 0,05 = 6 \pm 0,23$$

Из расчётов видно, что припуски  $Z_1^{\phi}$  и  $Z_2^{\phi}$  больше минимального теоретического припуска необходимого для получения размера, но завышены более чем в 3-4 раза, что ведёт к перерасходу материала и как следствие большему времени на изготовление детали. Замыкающим звеном размерной цепи действующего техпроцесса является линейный размер  $6 \pm 0,06$ . Из расчетов видно, что замыкающий размер по ТП не соответствует чертежному, из этого следует, что вероятность получения брака 30%.

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

Проанализировав технологический процесс изготовления детали были выявлены некоторые ошибки, которые необходимо принять во внимание при разработке нового технологического процесса.

Деталь изготавливают из прутка и в процессе обработки теряется почти 92% его объёма. Для понижения материалоемкости предлагается изменить материал и получить заготовку методом литья под давлением, что максимально приблизит её к конечному варианту и уменьшит время на её обработку.

В технологическом процессе присутствует большое количество установов и нерациональное использование механической обработки детали, что сказывается на точности и времени её получения. Замена оборудования на более высокоточное позволит уменьшить его количество до двух единиц и сократит количество переустановов в следствии чего повысится точность. В технологическом процессе используется цельный режущий инструмент который требуется затачивать. Предлагается использование инструмента с СМП, что позволит сократить количество заточного оборудования и трудоёмкость на изготовление инструмента.

Необходимо устранить как завышенные припуски, для уменьшения материалоемкости, так и заниженные, для исключения возможности брака.

Для обработки детали по новому технологическому процессу требуется проектирование специального приспособления.

### 2.3 Разработка проектного технологического процесса

#### 2.3.1 Разработка маршрута проектного техпроцесса

В таблице 7 приведен проектный маршрутный технологический процесс изготовления детали «Корпус фотообъектива».

					15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Таблица 7 – Маршрутная технология проектного технологического процесса изготовления детали «корпус фотообъектива»

№ операции	Наименование операции	Оборудование
000	Заготовительная	Индукционная вакуумная литейная установка для центробежного литья Linn SUPERCAS T Titan
005	Транспортная	Электропогрузчик ЭП-103
010	Термическая	Электродпечь СНО-4.82,5/13И2
015	Транспортная	Электропогрузчик ЭП-103
020 (Установ А)	Токарная	Токарный станок с ЧПУ DMG NEF 400
020 (Установ Б)		
025	Моечная	Ванна цеховая
030	Слесарная	Слесарный стол
035 (Установ А)	Фрезерная	Комплексный станок с ЧПУ DMU 40 eVo linear
035 (Установ Б)		
040	Моечная	Ванна цеховая
045	Слесарная	Слесарный стол
050	Контрольная	Контрольный стол

### 2.3.2 Выбор оборудования для реализации техпроцесса

#### 000 Заготовительная

Для реализации заготовительной операции используется индукционная вакуумная литейная установка для центробежного литья Linn SUPERCAS T Titan (см. рисунок 18). Характеристики станка представлены в таблице 8.





Рисунок 18 – Литейная машина Linn SUPERCAST Titan

Таблица 8 – Технические характеристики Linn SUPERCAST Titan

Технические характеристики	Параметры
Размеры литейной камеры, мм	350x200x220
Габаритные размеры литейной машины, мм	1800x1500x2700
Размер литейных форм, мм	200
Максимальный длина литейной формы, мм	350
Максимальный вес литейной формы, кг	14
Вес литейной машины, кг	1100
Расход охлаждающей воды, л/мин	20
Температура охлаждающей воды, °С	15-20
Скорость центробежного литья, об./мин	300
Время разгона, с	1,5-15
Время литья, с	0-180
Вакуум, атм	$10^{-3}$
Мощность среднечастотного генератора, кВт	30 при 20 кГц

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР

Лист

26

Индукционный нагрев и контролируемая атмосфера, в сочетании с центробежным литьем позволяют наладить производство высококачественных и высокоточных деталей. Высокое потребление электроэнергии при индукционном нагреве целиком компенсируется кратчайшими сроками плавления, в конечном счете обеспечивая огромный выигрыш по энергии. Простота в обращении, микропроцессорный контроль, блочная организация прибора, минимальные размеры — вот лишь некоторые основные преимущества данных установок. Устройство способно производить отливку металлов с температурой плавления до 2000 °С. При этом, вихревые токи, возникающие при индукционном нагреве, гомогенно перемешивают содержимое тигля, обеспечивая равномерность состава отливки, что особенно важно при литье из сплавов и практически недостижимо с помощью других методов литья. Микропроцессорный контроль обеспечивает высочайшую воспроизводимость условий литья и, таким образом, гарантирует отсутствие изменений в структуре серийных отливок. Дополнительным преимуществом прецизионного литья является минимизация отходов при механической обработке конечных деталей

#### 020 Токарная

Для реализации токарной операции предлагается использовать токарный станок с ЧПУ от DMG MORI «NEF 400» (см. рисунок 19).



Рисунок 19 – Токарный станок NEF 400

Станки NEF 400 обеспечивают великолепную производительность. Пользователям. Многочисленные опции позволяют создать индивидуальную конфигурацию станка для максимальной продуктивности производства – от единичных деталей вплоть до малых серий[6].

Высокая динамика и точность гарантируют высокое качество обработки, как в массовом производстве, так и в изготовлении форм. Сочетание таких функций как контроль ускорения, опережающее управление скоростью и ускорением, прогно-

					15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

зирование и контроль ориентации инструмента обеспечивает оптимальное использование технологии и соответствие меняющимся требованиям по скорости, точности и качеству поверхности. Современное управление SIEMENS поможет в повышении производительности во всех отношениях, в программировании, обслуживании и обработке. Характеристики станка представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Технические характеристики станка NEF 400

Технические характеристики	Параметры
Максимальный диаметр устанавливаемой детали, мм	385
Поперечное перемещение по оси X, мм	255
Продольное перемещение по оси Z, мм	800
Быстрый ход (X/Z), м/мин	30/30
Диаметр отверстия шпинделя	65
Диаметр зажимного патрона	200/250
Мощность подачи X (40/100 % цикла нагрузки), кН	6/4,5
Мощность подачи Z (40/100 % цикла нагрузки), кН	8,5/6,2
Мощность привода (40/100% цикла нагрузки), кВт	11,5/8
Диапазон скорости, об/мин	0-4500
Количество рабочих инструментов	12
Масса, кг	3700

Важные особенности:

- 1) панель DMG ERGOline® с 19"-TFT-экраном и трехмерным программным обеспечением
- 2) новая конструкция: дальнейшее улучшение обзора рабочей зоны, оптимальное удобство обслуживания, компактная конструкция
- 3) управление DMG ERGOline® с экраном 19" и 3D-матобеспечением Software Siemens 840D solutionline с ShopTurn, Heidenhain Plus iT с DINPlus (TurnPlus)
- 4) стабильная массивная литая станина
- 5) теперь стандартно револьверная головка VDI 30 на 12 мест
- 6) теперь стандартно задняя бабка с автоматическим (гидравлическим) управлением
- 7) наилучшая в своем классе приводная техника с цифровыми приводами для высокой точности: Концентрическое вращение шпинделя в диапазоне 2μ
- 8) улучшенное удаление стружки за счет новой конструкции станины

Отличительные особенности solutionline:

- 1) новая системная платформа для оптимизированной коммуникации, инсталляции и диагностики на базе современных операционных систем;
- 2) поддержка в «онлайн» с графикой и текстом;
- 3) 3D-графика детали / 3D-симуляция;
- 4) функциональность для широкого спектра применения;
- 5) модульная система управления 840D для всех вариантов исполнений.

Станок используется как для обработки одиночных деталей, так и целой серии металлических заготовок. При эксплуатации данной машины достигается высокий уровень производительности и отличное качество обрабатываемой поверхности.

035 Фрезерная (1 и 2 установ)

На фрезерной операции используется фрезерный станок от DMG MORI «DMU 40 eVo/linear» (рисунок 20). Характеристики станка представлены в таблице 10.



Рисунок 20 – Фрезерный станок DMU 40 eVo/linear

Таблица 10 – Технические характеристики станка DMU 40 eVo/linear

Технические характеристики	Параметры
Оси X/Y/Z, мм	400 / 400 / 375
Расстояние между передним концом шпинделя и столом, мм	125 – 500
Мотор-шпиндель переменного тока SK40/HSK-A63, об/мин	14000/18000/24000
Мощность привода (40/100% цикла нагрузки), кВт	18,9/14; 35/25; 24/16

Окончание таблицы 10

Быстрый ход по осям X/Y/Z, м/мин	80
Нагрузка стола, кг	250
Диапазон наклона оси В, град	-5/+110
Диапазон поворота оси С, град	360
Скорость осей В/С, об/мин	60/60
Накопитель инструментов	30/60/120
Занимаемая площадь (без охладителя распределительного шкафа), mm × mm	1 970×2 730
Высота, мм	2 480

Станок DMU 40 eVo/linear дополняет успешную продуктовую линейку DMU eVo. Его отличительной особенностью является революционная порталная конструкция осей X и Y. Небольшое расстояние между направляющими гарантирует высочайшую и постоянную жесткость по всей рабочей зоне. В сравнении с классической порталной конструкцией оптимизированная порталная конструкция этого станка также обеспечивает существенно лучший доступ с боковой стороны. Даже если станок имеет систему автоматического управления, все равно можно получить доступ к рабочей зоне[6].

Ключевые аспекты DMU 40 eVo / linear:

- 1) оптимизированная порталная конструкция, высокая жесткость, хороший доступ, небольшое занимаемое пространство;
- 2) динамичный поворотный/вращающийся стол с ЧПУ, высокая скорость хода, скорость вращения 60 об/мин по оси В и С и разрешенная нагрузка 250 кг;
- 3) одновременная обработка с 5 сторон и максимум по 5 осям;
- 4) исполнение станка с более высокими динамическими характеристиками, оснащенный линейными приводами по осям X и Y для мощной точной обработки. Высокая скорость хода до 80 м/мин;
- 5) мощные шпиндельные двигатели со скоростью вращения 14000, 18000 или 24000 об/мин;
- 6) инструментальный магазин на 30 мест и двойной захват для быстрой и надежной смены инструментов;
- 7) технология 3D drive с панелью управления DMG ERGOline® с Heidenhain iTNC 530 или Siemens 840D solutionline.

Благодаря новой концепции занимаемая площадь уменьшается, а рабочая зона увеличивается. Станок оснащается поворотным/вращающимся столом, нагрузка на который составляет до 250 кг. Для обработки точением/фрезерованием предла-

					15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

гается моментный стол. Сдвоенное устройство смены поддонов в качестве опции занимает небольшую площадь, гарантирует короткое время смены и рассчитано на тяжелые детали[5].

### 2.3.3 Выбор исходной заготовки

Недостатком получения заготовки в базовом техпроцессе является низкий коэффициент использованного материала. Исходя из этого в проектном техпроцессе вместо круглого проката предлагается получение заготовки методом литья под давлением. Металлическая форма устанавливается в гнездо литейной машины J116E (см. рисунок 21).

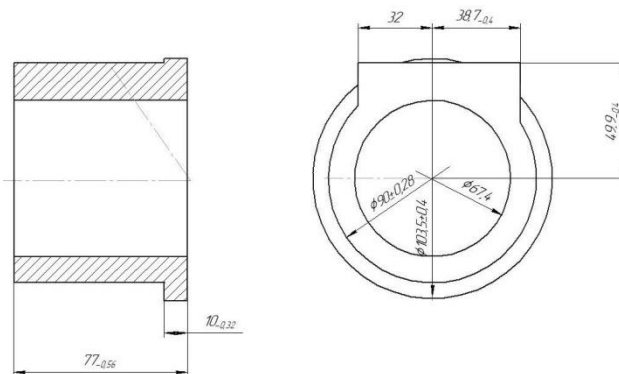


Рисунок 21 – Заготовка

### 2.3.4 План операций и переходов проектного техпроцесса

Таблица 11 – Технологический процесс изготовления детали

Операция	Операционный эскиз	Оборудование
000 Заготовительная		Индукционная вакуумная литейная установка для центробежного литья Linn SUPERCAS TITAN

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

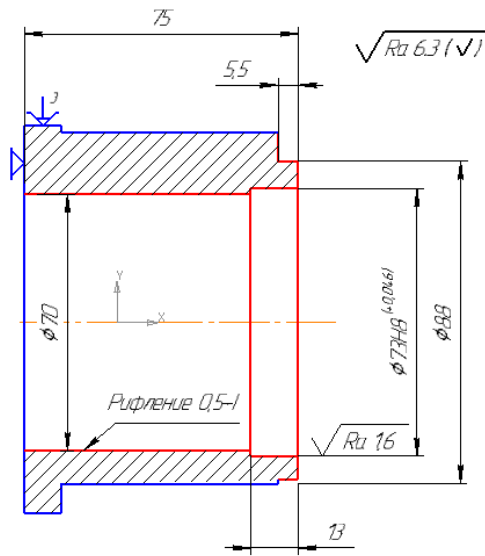
15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР

Лист

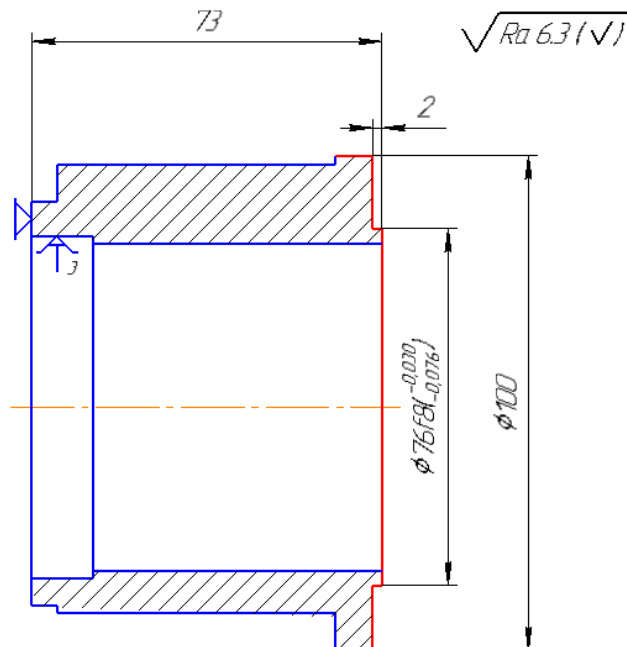
31

Продолжение таблицы 11

020 Токарная с ЧПУ (Установ А)



020 Токарная с ЧПУ (Установ Б)



Токарный станок  
с ЧПУ DMG NEF  
400

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

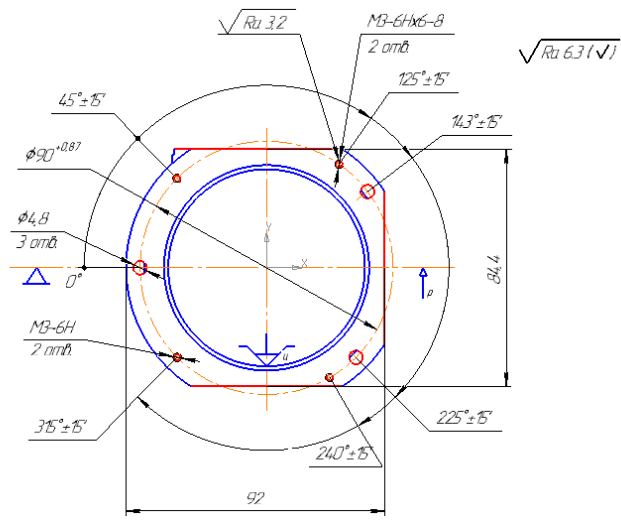
15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР

Лист

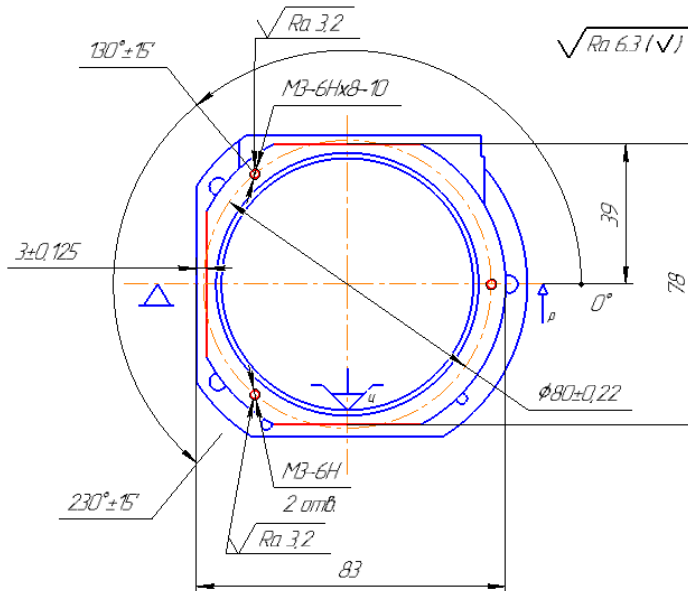
32

Продолжение таблицы 11

035 Комплексная с ЧПУ (Установ А)



035 Комплексная с ЧПУ (Установ Б)



Фрезерный  
станок с ЧПУ  
DMU 40 eVo  
linear

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР

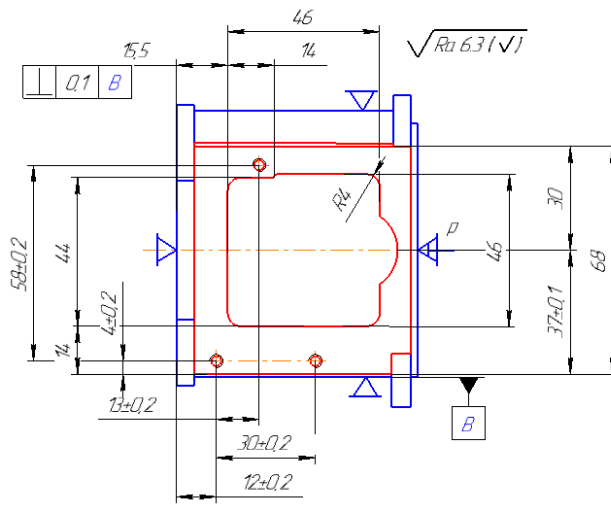
Лист

33

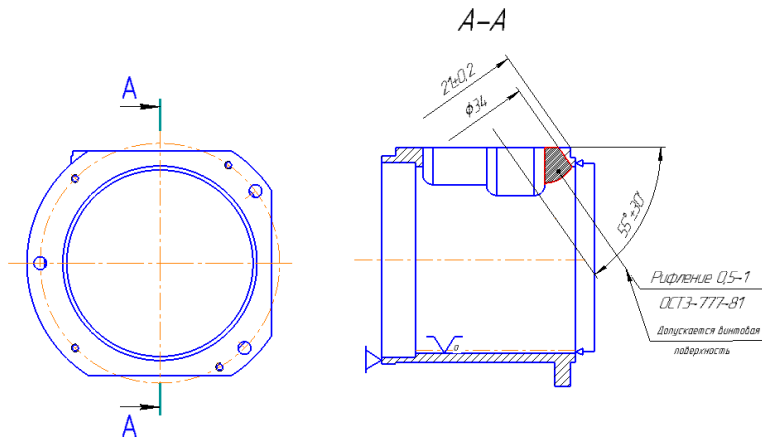


Продолжение таблицы 11

035 Комплексная с ЧПУ (Установ В)



035 Комплексная с ЧПУ (Установ Г)



Фрезерный станок с ЧПУ DMU 40 eVo linear

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

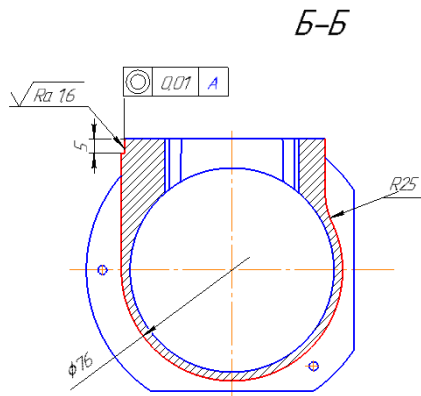
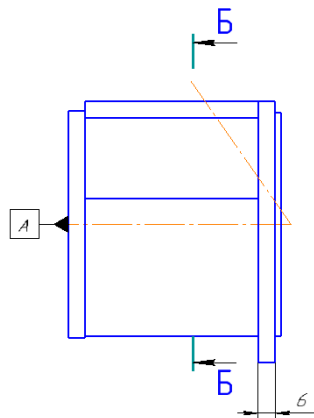
15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР

Лист

34

Окончание таблицы 11

035 Комплексная с ЧПУ (Установ Д)



Фрезерный станок  
с ЧПУ DMU 40  
eVo linear

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР

Лист

35

## 2.3.5 Расчет режимов резания

Расчет режимов резания осуществляется по данным, приведенным в каталогах инструмента фирмы SANDVIK и программного обеспечения «Sandvik Coromant TollGuide» [10].

Фрезерование (см. рисунок 22)

Исходные данные для расчёта:

1) инструмент:

– державка для обработки канавок R390-020C3-11M050;

– режущая пластина R390-11 T3 12E-PM S30T;

2) обрабатываемая поверхность:

– длина, мм: 60;

– ширина, мм: 5,5;

– глубина обработки, мм;

– материал ВТ1-0.

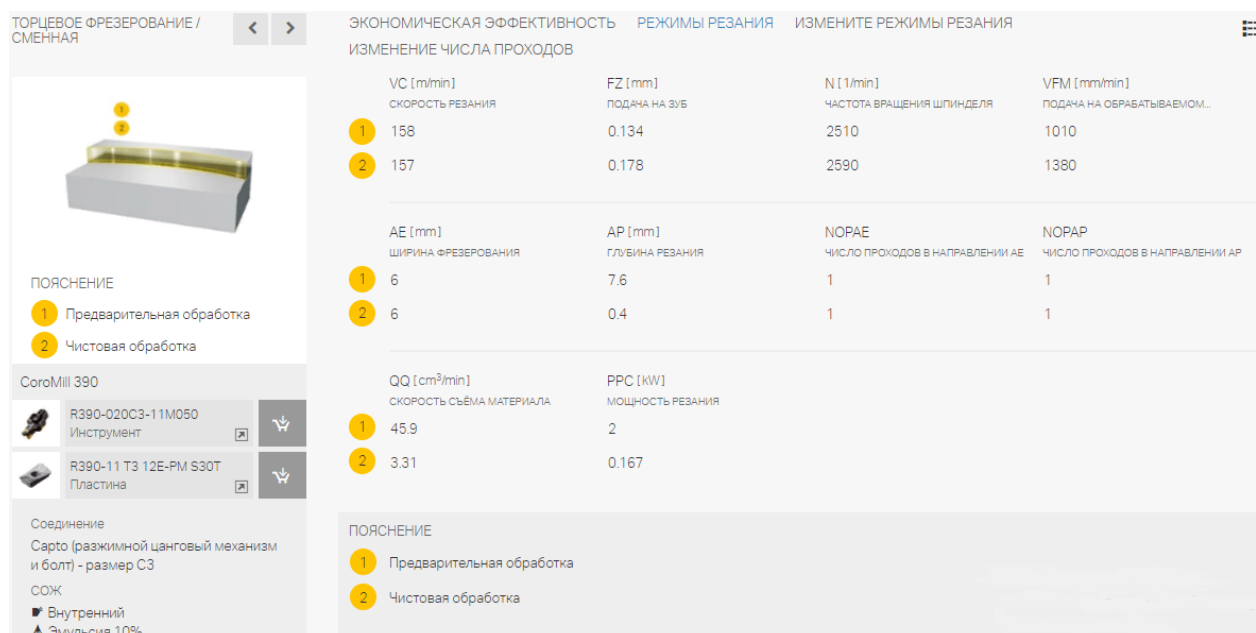


Рисунок 22 – Режимы резанья для фрезерования

Расчётные данные:

1) подача на зуб, мм: 0,134 (1), 0,178 (2);

2) скорость резанья, м/мин: 158 (1), 157 (2);

3) время обработки на элемент, сек: 0,768.

Фрезерование кармана (см. рисунок 23)

Исходные данные для расчёта:

1) инструмент:

– 2F340-0800-050-SC 1745.

2) обрабатываемая поверхность:

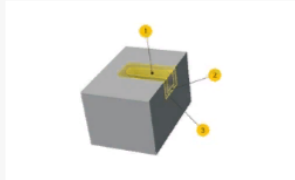
					15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

- длина, мм: 46;
- ширина, мм: 46;
- глубина обработки, мм: 18;
- материал VT1-0.

ФРЕЗЕРОВАНИЕ КАРМАНОВ / ЦЕЛЬН.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ИЗМЕНИТЕ РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

ИЗМЕНЕНИЕ ЧИСЛА ПРОХОДОВ ПРОГИБ СТРАТЕГИЯ ОБРАБОТКИ



ПОЯСНЕНИЕ

- Предварительное фрезерование с врезанием под углом
- Чистовое фрезерование с врезанием под углом
- 1 Чистовая обработка стенки
- 2 Предварительная обработка
- 3 Чистовая обработка основания

CoroMill Plura

2F340-0800-050-SC 1745  
Инструмент

Соединение  
Cylindrical shank (DIN1835-A / DIN6535-NA) -metric: 8

СОЖ  
Наружный  
Эмульсия 10%

VC [m/min] СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ	FZ [mm] ПОДАЧА НА ЗУБ	N [1/min] ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ ШПИНДЕЛЯ	VFM [mm/min] ПОДАЧА НА ОБРАБАТЫВАЕМОМ.
89.9	0.0202	3580	360
108	0.0275	4430	608
222	0.112	8850	4960
89.9	0.0252	3580	450
108	0.0344	4430	760

AE [mm] ШИРИНА ФРЕЗЕРОВАНИЯ	AP [mm] ГЛУБИНА РЕЗАНИЯ	NORAE ЧИСЛО ПРОХОДОВ В НАПРАВЛЕНИИ AE	NOPAP ЧИСЛО ПРОХОДОВ В НАПРАВЛЕНИИ AP
8	1.98	-	3
7.73	0.16	-	1
0.16	18	1	1
8	5.95	-	3
7.73	0.16	-	1

QQ [cm³/min] СКОРОСТЬ СЪЕМА МАТЕРИАЛА	PPC [kW] МОЩНОСТЬ РЕЗАНИЯ	RMP [°] ЭФФЕКТИВНЫЙ УГОЛ ВРЕЗАНИЯ
-	-	3.56
-	-	3.56
14.3	0.56	-

Активация Windows  
Чтобы активировать Wind

Рисунок 23 – Режимы резанья для фрезерования

Расчётные данные:

- 1) подача на зуб, мм: 0,112 (1);
- 2) скорость резанья, м/мин: 222 (1);
- 3) время обработки на элемент, сек: 4,7681.

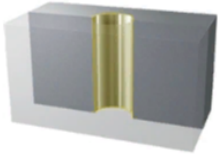
Сверление сквозного отверстия (см. рисунок 24)

Исходные данные для расчёта:

- 1) инструмент:
  - твердосплавное сверло 460.1-0480-014A0-XMGC34.
- 2) обрабатываемая поверхность:
  - обработанный диаметр, мм: 4,8;
  - материал VT1-0.

СВЕРЛЕНИЕ СВЕРЛАМИ С МОНОЛИТНОЙ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТЬЮ / ЦЕЛЬН.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ИЗМЕНИТЕ РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ПРЕДЕЛЫ



VC [m/min] СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ	FN [mm] ПОДАЧА НА ОБОРОТ	N [1/min] ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ ШПИНДЕЛЯ	VF [mm/min] МИНУТНАЯ ПОДАЧА
84.6	0.138	5610	775

PPC [kW] МОЩНОСТЬ РЕЗАНИЯ	MMC [Nm] КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ	FFF [N] УСИЛИЕ ПОДАЧИ
0.733	1.25	407

ПОЯСНЕНИЕ

1 Сверление сверлами с симметричной вершиной

CoroDrill 460

460.1-0480-014A0-XM  
GC34  
Инструмент

Соединение  
Cylindrical shank (DIN1835-A / DIN6535-NA) -metric: 6

СОЖ  
 Наружный  
 Эмульсия 5%

ПОЯСНЕНИЕ

1 Сверления сверлами с симметричной вершиной

Рисунок 24 – Режимы резанья для сверления сквозного отверстия

Расчётные данные:

- 1) подача на оборот, мм: 0,138;
- 2) скорость резанья, м/мин: 84,6;
- 3) минутная подача, мм/мин: 775;
- 4) время обработки на элемент, сек: 0,135.

Накатывание резьбы в сквозном отверстии (см. рисунок 25)

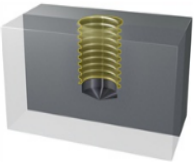
Исходные данные для расчёта:

- 1) инструмент:
  - метчик R217.13-023050CC06K 1630.
- 2) обрабатываемая поверхность:
  - диаметр резьбы, мм: 3;
  - шаг резьбы, мм: 1;
  - класс точности резьбы: 6H;
  - материал ВТ1-0.

ФОРМИРОВАНИЕ РЕЗЬБЫ  
МЕТЧИКОМ-РАСКАТНИКОМ /  
ЦЕЛЬНАЯ

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ИЗМЕНИТЕ РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ПРЕДЕЛЫ

ОТВЕРСТИЕ ПОД РЕЗЬБУ



СогоТар 400

Е305M6  
Инструмент

Соединение  
Tap shank DIN -metric: 6.00 x 4.90  
СОЖ  
Наружный  
Эмульсия 10%

Резьба в глухом отверстии

АЛ9 86 НВ

Универсальный обрабатывающий  
центр  
28 kW, 18000 1/min

Параметры		
Скорость резания	VC [m/min]	44,5
Подача на оборот	FN [mm]	1
Частота вращения шпинделя	N [1/min]	2360
Мощность резания	PPC [kW]	0.337
Крутящий момент	MMC [Nm]	1.36
Общее время обработки	ТССТ [с]	1,7
Время обработки на элемент	ТМФ [с]	1,7

Рисунок 25 – Режимы резанья для накатывания резьбы в глухом отверстии

Расчётные данные:

- 1) подача на зуб, мм: 0,0208;
- 2) скорость резанья, м/мин: 39,2;
- 3) время обработки на элемент, сек: 0,126.

После расчетов всех режимов, данные о них сводятся в таблицу 12.

Таблица 12 – Режимы резания

Операция/Переход	Режимы резания				
	t, мм	V, м/мин	n, об/мин	S, мм/об (мм/зуб)	To, мин
020 Токарная на станке с ЧПУ (У1)					
1 Подрезка торца	0,352 0,24	225 225	1060 1060	0,0707 0,0639	1,0480
2 Продольное точе- ние Ø 70	0,48 0,34	225 225	1050 1020	0,05 0,05	4,2805
3 Точение рифления Ø70	0,248	172	781	1,5	0,3102
4 Точение Ø 73	0,492 0,34	225 224	1050 976	0,05 0,0327	1,4213

Продолжение таблицы 12

Операция/Переход	Режимы резания				
	t, мм	V, м/мин	n, об/мин	S, мм/об (мм/зуб)	T <sub>о</sub> , мин
5 Точение Ø 88	0,494 0,34	225 225	806 812	0,05 0,05	0,5214
020 Токарная на станке с ЧПУ (У2)					
1 Точение торца	0,352 0,24	225 225	1060 1060	0,0707 0,0639	1,0480
2 Точение Ø 100	0,47 0,34	225 225	710 715	0,05 0,05	0,5527
3 Точение Ø76	0,486 0,34	225 224	932 937	0,05 0,0327	1,2631
035 Фрезерная на станке с ЧПУ (У1)					
1 Фрезерование фланцев 84,4x92	7,5 0,5	158 157	2510 2590	0,134 0,178	2,1833
2 Сверление отверстия Ø 4,8	6	84,6	5610	0,138	0,1056
3 Сверление отверстия под резьбу	0,0459 6	77 128	12300 20300	0,00879 0,035	4,728
4 Накатывание резьбы М3	6	39,2	5420	0,0208	0,0768
035 Фрезерная на станке с ЧПУ (У2)					
1 Фрезерование фланцев 83x78	4,6 0,4	158 158	2520 2600	0,137 0,182	2,0251
2 Сверление отверстия под резьбу	0,0459 6	77 128	12300 20300	0,00879 0,035	4,728
3 Накатывание резьбы М3	5,5	39,2	5420	0,0208	0,0256
035 Фрезерная на станке с ЧПУ (У3)					
1 Фрезерование боковой поверхности с образованием фаски	7,5 0,5	143 139	1200 1180	0,122 0,107	0,3198

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР

Лист

40

## Окончание таблицы 12

Операция/переход	Режимы резания				
	t, мм	V, м/мин	n, об/мин	S, мм/об (мм/зуб)	T <sub>о</sub> , мин
2 Фрезерование кармана 46x46 R4	1,98	89,9	3580	0,0202	4,1254
	0,16	108	4430	0,0275	
	18	222	8850	0,112	
3 Накатывание резьбы М4	0,7	71,2	7310	0,056	0,0289
035 Фрезерная на станке с ЧПУ (У4)					
1 Накатывание рифления	0,5	377	2400	0,128	0,0283
035 Фрезерная на станке с ЧПУ (У5)					
1 Фрезерование боковых поверхностей Ø 76	0,508	159	3390	0,504	35,2486
2 Фрезерование уступа	4,88	104	5520	0,0433	0,8261
	0,12	125	6650	0,0433	
	5	156	8290	0,084	
3. Фрезерование фланца	0,12	125	6650	0,433	0,987

Нормы времени приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Нормы времени

Операция	T <sub>о</sub> , мин	T <sub>всп</sub> , мин	T <sub>обсл</sub> , мин	T <sub>олн</sub> , мин	T <sub>пз</sub> , мин
020 Токарная на станке с ЧПУ	9,7053	0,2217	1,997	0,127	30
035 Фрезерная на станке с ЧПУ	47,6023	7,9526	9,58	0,55	32



### 3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

#### 3.1 Проектирование станочного приспособления

Приспособление для закрепления и установки детали при обработке на операции «035 Фрезерная» (см. рисунок 26).

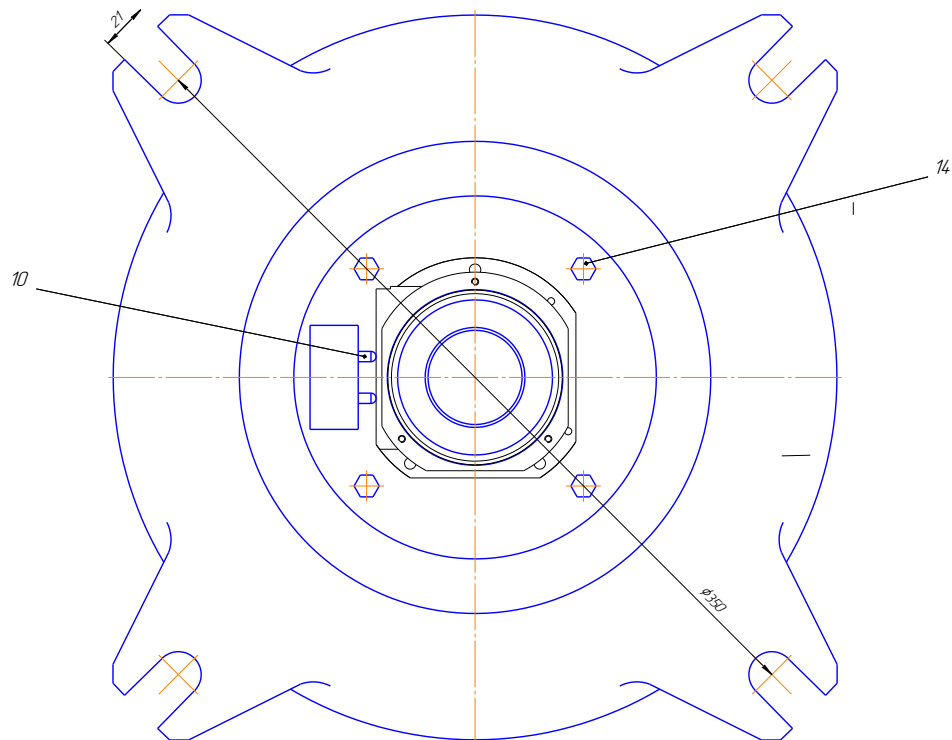
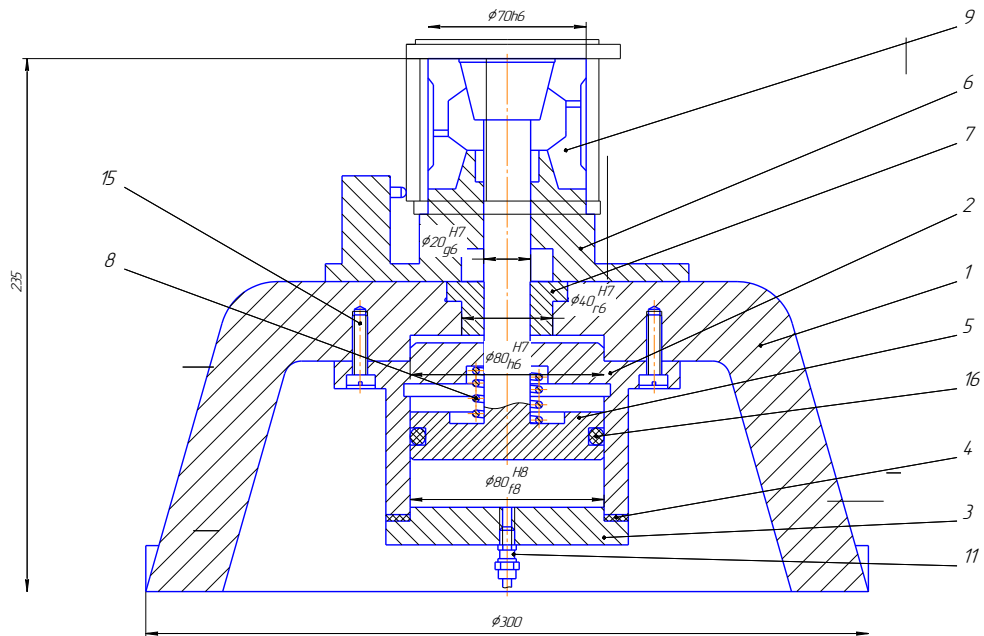


Рисунок 26 – Станочное приспособление.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР

Лист

42

Зажимные устройства служат для создания надёжной фиксации заготовки на неподвижных установочных опорах и сохранение этого положения в процессе обработки.

Усилие зажима создается силовым приводом – пневматическим цилиндром двух стороннего действия, который служит для создания исходной силы тяги на ведущем звене и для преобразования усилия силового привода в силу зажима заготовки. Контактным элементом разжимного устройства являются разжимная цанга, служащая для непосредственного воздействия на заготовку, которая получает энергию зажима через двухстороннюю цангу. Корпус приспособления объединяет все элементы в единое. Корпус должен удовлетворять требованиям прочности, жёсткости и виброустойчивости [1].

Заготовка устанавливается в приспособление на подставку (поз.3) вертикально и зажимается под действием пневмоцилиндра (поз.1) . При подаче воздуха в нижнюю часть пневмоцилиндра происходит разжим цанги и деталь устанавливается в приспособление. После откачки воздуха пружина опускает шток и цанга зажимает деталь. Заготовка оказывается надёжно закрепленной, при этом происходит процесс обработки.

### 3.1.1 Расчет режимов резания

Расчет скорости резания по эмпирической формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V,$$

где:

$\tilde{N}_V$  – коэффициент, учитывающий условия резания;

$\tilde{N}_V = 350$ ;

$T$  – стойкость инструмента;

$T = 60$  мин;

$t$  – глубина резания;

$t = 1,9$  мм;

$S$  – подача инструмента;

$S = 0,2$  мм/об;

$m, x, y$  – показатели степени;

$m = 0,2$ ;

$x = 0,15$ ;

$y = 0,35$ ;

$K_V$  – произведение ряда коэффициентов:

$$K_V = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{\dot{v}},$$

где:

$K_{mv}$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{mv} = 0,94$ ;

$K_{nv}$  – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{nv} = 0,8$ ;

					15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

$K_{ev}$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;

$$K_{ev} = 1,1;$$

$$K_v = 0,94 \cdot 0,8 \cdot 1,1 = 0,83$$

$$V = \frac{92}{60^{0,2} \cdot 1,9^{0,15} \cdot 0,2^{0,35}} \cdot 0,83 = 123 \text{ м/мин}$$

Расчет силы резания:

$$P_Z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P,$$

где:

$C_P, x, y, n$  – коэффициент и показатели степени в формуле силы резания;

$$C_P = 92;$$

$$y = 0,75;$$

$$x = 1;$$

$$n = -0,15;$$

$K_P$  – произведение ряда коэффициентов:

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP},$$

где:

$K_{MP}$  – коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости;

$$K_{MP} = 1,1;$$

$K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}$  – коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания;

$$K_{\phi P} = 1,1;$$

$$K_{\gamma P} = 1,1;$$

$$K_{\lambda P} = 1;$$

$$K_{rP} = 1.$$

$$K_P = 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,3.$$

$$P_Z = 10 \cdot 92 \cdot 1,9^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 123^{-0,15} \cdot 1,3 = 1400 \text{ Н.}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{362 \cdot 123}{1020 \cdot 60} = 1,1 \text{ кВт.}$$

Число оборотов станка:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 123}{3,14 \cdot 10} = 3853 \text{ об/мин.}$$

1. При обработке на заготовку действует только крутящий момент резания  $M_{кр}$ ;
2. Действие всех сил на заготовку имеет точечный характер;
3. Наиболее вероятным смещением заготовки при обработке является её сдвиг от силы  $P_Z$ , образующейся при резании.

					15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

$$W = \frac{k \cdot P \cdot H}{L/2},$$

где:

$K$  – коэффициент запаса надёжности закрепления:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

где:

$K_0 = 1,5$  – гарантированный коэффициент запаса;

$K_1 = 1,15$  – увеличение сил резания при затуплении инструментов;

$K_2 = 1,2$  – увеличение сил резания из-за колебаний припусков на заготовку;

$K_3 = 1,2$  – изменение сил резания при обработке прерывистых поверхностей;

$K_4 = 1$  – непостоянство сил при закреплении для пневмоприводов;

$K_5 = 1$  – непостоянство сил зажимных устройств с ручным приводом;

$K_6 = 1$  – неопределённость мест контакта плоских базовых поверхностей заготовки с плоскими поверхностями УЭ.

$$K = 1,5 \cdot 1,15 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 2,48.$$

$$P = PZ = 882 \text{ Н}.$$

### 3.1.2 Расчет усилия зажима заготовки

Усилие зажима:

$$W = \frac{2,48 \cdot 1400 \cdot 27}{27/2} = 6125 \text{ Н}.$$

Тяговое усилие поршневых приводов:

$$Q = 0,785 \cdot q \cdot D^2, \text{ Н}.$$

где:

$D$  – диаметр пневмоцилиндра, мм;

$q = 0,45$  МПа – давление воздуха.

Уравнение силового замыкания:

$$Q = \frac{W}{\eta} \cdot i = \frac{1775}{0,85} \cdot 1,67 = 3487 \text{ Н},$$

где:

$i = \frac{l_2}{l_1} = \frac{50}{30} = 1,67$  – передаточное отношение рычажного механизма;

$\eta = 0,85$  – коэффициент полезного действия, учитывает суммарные потери всего механизма зажима.

В приспособлении используется два пневмоцилиндра, следовательно при расчете диаметра поршня цилиндра учитывается сила закрепления  $W/2$ .

					15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

Рассчитывается значение диаметра пневмоцилиндра:

$$D = \sqrt{\frac{W}{0,785 \cdot q \cdot \eta \cdot i}} = \sqrt{\frac{1775}{0,785 \cdot 0,45 \cdot 0,85 \cdot 1,67}} = 39,9 \text{ мм.}$$

Устанавливается стандартный диаметр пневмоцилиндра  $D=40$  мм и штока  $d=15$  мм.

### 3.2 Проектирование (выбор) режущего инструмента

#### 3.2.1 Расчет бесстружечного метчика

Бесстружечные метчики рекомендуют применять при получении резьбы методом пластической деформации в деталях из цветных и черных металлов, обладающих высокой пластичностью. По сравнению с обычными метчиками метчики-накатники обладают большей прочностью, обеспечивают получение точных резьб с низкой шероховатостью поверхности, повышение прочности резьбы до 20 %.

Бесстружечными метчиками могут обрабатываться не только цилиндрические, но и конические резьбы. Для получения цилиндрической резьбы диаметром 10 мм (и менее) и конической резьбы 1/8 дюйма (и менее) применяются метчики с «трехгранным» профилем поперечного сечения метчика, а больших размеров – с «четырёхгранным» профилем. В практике встречаются метчики с большим количеством граней.

Основным критерием стойкости бесстружечного метчика является износ наружного диаметра до размера, при котором прекращается свинчивание калибра с обрабатываемого резьбового отверстия. Экспериментально установлено, что оптимальный диаметр:

$$d_H = (d_o + 0,102P + \Delta_o) - \Delta_o,$$

где:

$d_o$  – диаметр отверстия под нарезание резьбы, мм;

$P$  – шаг резьбы, мм;

$\Delta_o$  – допуск на изготовление наружного диаметра, мм.

$$d_H = (3,6 + 0,102 \cdot 0,7 + 0,038) - 0,02 = 3,702_{-0,02}.$$

Расчет среднего диаметра производится по формуле:

$$d_{cp} = (D_2 + 0,65b + \Delta_2) - \Delta_2,$$

где:

$D_2$  – средний диаметр гайки, мм;

$b$  – поле допуска среднего диаметра гайки, мм;

$\Delta_2$  – допуск на изготовление среднего диаметра метчика, мм.

$$D_{cp} = (3,48 + 0,65 \cdot 0,125 + 0,02) - 0,02 = 3,581 - 0,02 \text{ мм.}$$

Расчет внутреннего диаметра производится по формуле:

$$d_{вн} = (D_1 + \Delta_1) - \Delta_1,$$

					15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

где:

$D_1$  – внутренний диаметр гайки, мм;

$\Delta_1$  – поле допуска внутреннего диаметра, мм.

$$D_{вн} = (3,134 + 0,2) - 0,2 = 3,334_{-0,2} \text{ мм.}$$

Минимальный размер площадки по внутреннему диаметру резьбового профиля:

$$m_{\min} = (0,866P + d_{вн\min} - d_{ср\max}) \cdot \text{tg}0,5\alpha,$$

$$m_{\min} = (0,866 \cdot 0,8 + 3,134 - 3,581) \cdot 0,577 = 0,142 \text{ мм.}$$

Максимальный размер площадки:

$$m_{\max} = (0,866P + d_{вн\max} - d_{ср\min}) \cdot \text{tg}0,5\alpha,$$

$$m_{\max} = (0,866 \cdot 0,8 + 3,334 - 3,561) \cdot 0,577 = 0,269 \text{ мм.}$$

Номинальный размер площадки:

$$\Delta_m = m_{\max} - m_{\min} = 0,269 - 0,142 = 0,127 \text{ мм.}$$

Для сквозных отверстий длина заборной части зависит от угла заборного конуса, равного  $4,5^\circ$ . Рекомендуется:

$$l_1 = \frac{1,4(d_n - d_{отв})}{2 \cdot \text{tg}4,5} = \frac{0,143}{0,158} = 0,905 \text{ мм}$$

Длина калибрующей части установлена производственным опытом  $l_2 = 9,6$  мм.

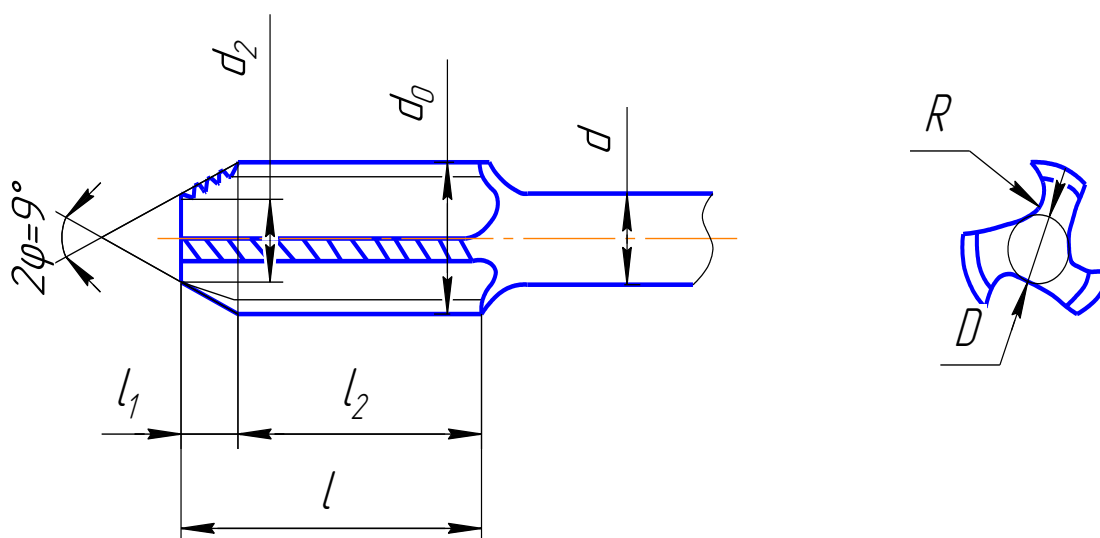


Рисунок 27 – Эскиз бесстружечного метчика

### 3.2.2 Проектирование и расчет концевой фрезы

Фрезы являются одним из самых распространенных видов инструмента. Предназначены они для черновой, чистовой и получистовой обработки простых и фасонных поверхностей. Помимо высокой производительности фрезерование позволяет получать поверхности достаточно правильной геометрической формы.

Основными конструктивными элементами цельных фрез являются: рабочая или режущая часть и корпус с крепежной частью. Материал рабочей части фрез –

					15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

быстрорежущие стали марок P6M5, P18, P6M5K5, P5K10 или твердые сплавы групп ВК и ТК.

Концевые фрезы применяются для обработки глубоких пазов в корпусных деталях контурных выемок, уступов, взаимно перпендикулярных плоскостей. Концевые фрезы в шпинделе станка крепятся коническим или цилиндрическим хвостовиком. У этих фрез основную работу резания выполняют главные режущие кромки, расположенные на цилиндрической поверхности, а вспомогательные торцовые режущие кромки только зачищают дно канавки. Такие фрезы, как правило, изготавливаются с винтовыми или наклонными зубьями.

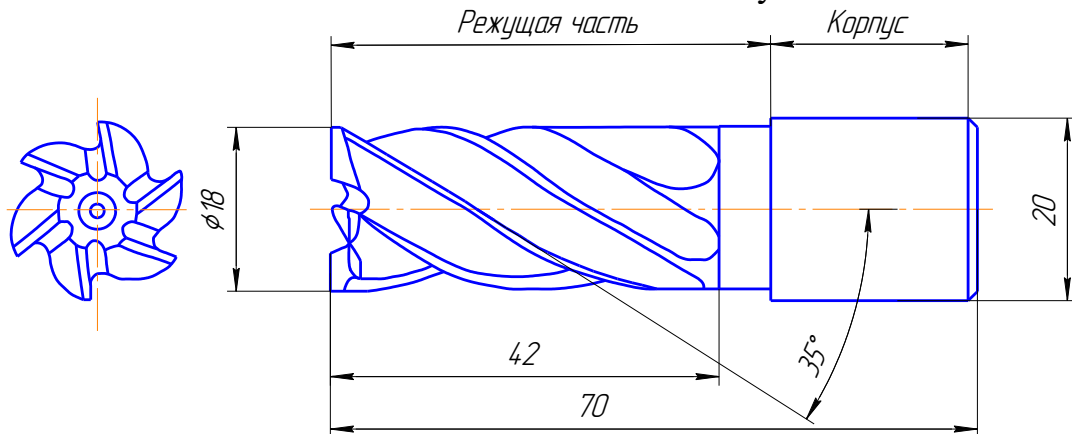


Рисунок 28 – Эскиз концевой фрезы

Определим число зубьев фрезы по формуле:

$$Z = \frac{\pi d}{t_z} = (0,3...1,3) \cdot d = 6,$$

где  $d = 18$  – диаметр фрезы, мм;  $t_z = 10$  – шаг между соседними зубьями (определяется конструкцией зуба, объемом стружечной канавки и от диаметра не зависит);

Число зубьев одновременно участвующих в работе определяется по формуле:

$$Z_P = \frac{Z\varphi}{360^\circ} + \frac{B \cdot Z \operatorname{tg} \omega}{\pi d} \geq 3$$

где  $\varphi = 12^\circ$  – теоретический угол контакта между фрезой и поверхностью резания;  $B = 18$  – ширина фрезерования, мм;  $\omega = 30...45^\circ$  – угол наклона винтовых зубьев фрезы.

$$Z_P = \frac{6 \cdot 12^\circ}{360^\circ} + \frac{18 \cdot 6 \cdot \operatorname{tg} 45^\circ}{3.14 \cdot 18} = 2,11 \approx 3$$

Определим параметры профиля:

1) Высота зуба находится по формуле:

$$h = (0,06...0,025)d \approx 1 \text{ мм.}$$

2) Радиус канавки определяется по формуле:

$$R \geq \sqrt{\frac{S_z t k_c}{\pi}}$$

где  $S_z = 0,4$  – подача на зуб, мм (определяется прочностью режущей кромки);

$t = 4$ , мм – глубина резания, мм;  $k_c$  – коэффициент размещения стружки ( $k_c = 3..4$ ).

$$R = \sqrt{\frac{0,4 \cdot 4 \cdot 4}{3,14}} \approx 1,5$$

3) Геометрические параметры режущего инструмента:

$\gamma_H = 15^\circ$  – передний угол, мм;

$\alpha = 14^\circ$  – задний угол;

$f = 2$ , мм – ширина ленточки (принимается конструктивно).

На рисунке 29 можно увидеть получившуюся форму профиля зуба.

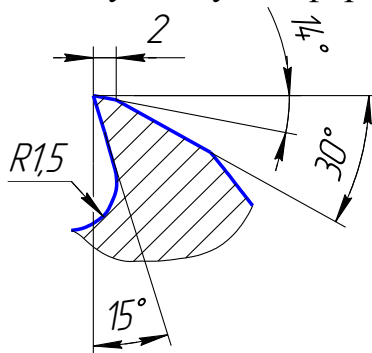


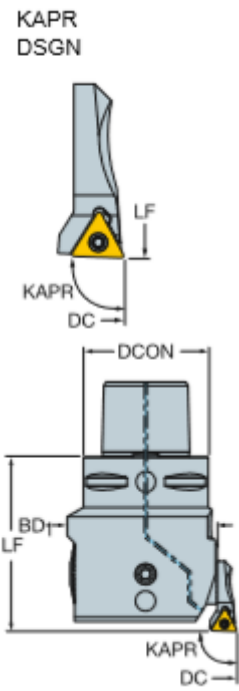
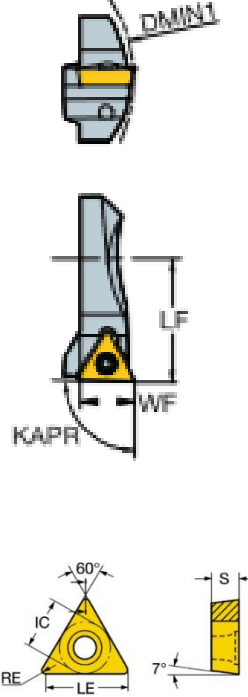
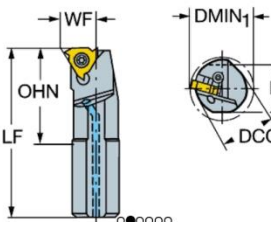
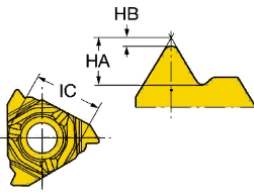
Рисунок 29 – Форма профиля зуба

### 3.2.3 Описание режущего инструмента, применяемого в проектном техпроцессе

Основным режущим инструментом, применяемым для обработки детали «Фланец установочный», является проходной и канавные резцы, твердосплавная концевая фреза, твердосплавное сверло, метчик. Проходной и канавные резцы используется для формирования профиля детали. Концевая фреза применяется при обработке различных поверхностей, твердосплавное сверло и метчик предназначены для обработки отверстий. Подбор режущего инструмента, применяемого при обработке детали, осуществлялся по каталогам фирмы «Sandvik Coromant»[9]. Весь подобранный инструмент приведён в таблице 14.



Таблица 14 – Режущий инструмент применяемый для обработки детали

Вид обработки	Маркировка РИ	Эскиз РИ	Маркировка пластины	Эскиз пластины
Наружное и внутренние точение	<p><b>825-87TC11-C5</b>                      Однолезвийная расточная головка Coromant Capto®                      825 – семейство продукта CoroBore® 825;                      87 – максимальный растачиваемый диаметр;                      Т – треугольная форма пластины;                      С – форма пластины (7°);                      11 – размер пластины;                      С – задний угол пластины (C=7°);                      C5 – размер соединения (50 мм).</p>		<p><b>Резцовая вставка R825C-AF23STUC1103A</b></p> <p><b>Пластина TCEX 11 03 00L-F 1105</b></p>	
Нанесение рифления	<p><b>266LKF-25-16</b>                      Расточная оправка CoroThread® 266 для точения резьбы                      266 – семейство продукта CoroThread 266;                      L – треугольная форма пластины;                      К – форма пластины (7°);                      F – задний угол пластины (C=7°);                      25 – максимальный растачиваемый диаметр;                      16 – размер пластины.</p>		<p><b>266LL-16MM01A150M 1125</b>                      Режущая пластина CoroThread® 266 для точения резьбы</p>	

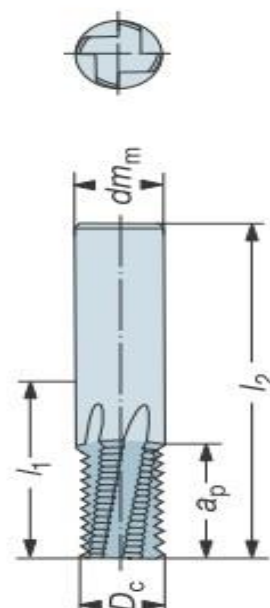
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Продолжение таблицы 14

<p>Сверление отверстий</p>	<p><b>460.1-0480-014A0-XM GC34</b>                  Твердосплавное сверло CoroDrill® 460</p> <p>460.1 – CoroDrill 460;                  0480 – диаметр сверла в сотых долях мм;                  А –цилиндрический хвостовик;                  0 – без внутреннего подвода СОЖ.</p>	
	<p><b>R840-0250-50-A0B</b>                  R840 – CoroDrill Delta-C;                  0250 – диаметр сверла в сотых долях мм;                  А –цилиндрический хвостовик;                  0 – без внутреннего подвода СОЖ.  <math>dm_m=2,5</math> <math>l_2=43</math>  <math>l_4=11</math> <math>l_6=14</math>  <math>D_C=2,5</math></p> <p><b>R840-0460-30-A0A</b>                  R840 – CoroDrillDelta-C;                  0460 – диаметр сверла в сотых долях мм;                  А –цилиндрический хвостовик;                  0 – без внутреннего подвода СОЖ.  <math>dm_m=4,6</math> <math>l_2=66</math>  <math>l_4=17</math> <math>l_6=24</math>  <math>D_C=4,6</math></p> <p><b>R840-0660-30-A0A</b>                  R840 – CoroDrillDelta-C;                  0660 – диаметр сверла в сотых долях мм;                  А –цилиндрический хвостовик;                  0 – без внутреннего подвода СОЖ.  <math>dm_m=6,6</math> <math>l_2=79</math>  <math>l_4=22</math> <math>l_6=34</math>  <math>D_C=6,6</math></p> <p><b>R840-0800-30-A0A</b>                  R840 – CoroDrill Delta-C;                  0800 – диаметр сверла в сотых долях мм;                  А –цилиндрический хвостовик;                  0 – без внутреннего подвода СОЖ.  <math>dm_m=8</math> <math>l_2=79</math>  <math>l_4=28</math> <math>l_6=41</math>  <math>D_C=8</math></p>	

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

Продолжение таблицы 14

Вид обработки	Маркировка РИ	Эскиз РИ
Нарезание резьбы	<p><b>R217.13-031070AC12P</b>                      R – правое исполнение;                      21 – концевая фреза;                      7 – резьбофрезерование;                      1 – метрическая/метрическая резьба с мелким шагом внутренняя резьба;                      3 – число зубьев;                      -- без каналов для СОЖ;                      031 – диаметр режущей части в 1/10 мм ;                      070 – шаг резьбы (0,8мм);                      А – цилиндрический хвостовик ;                      С – удлиненный хвостовик;                      12 – максимальная глубина резания;                      P – тип геометрии.</p>	
	<p><b>R217.13-023050CC06K</b>                      R – правое исполнение;                      21 – концевая фреза;                      7 – резьбофрезерование;                      1 – метрическая/метрическая резьба с мелким шагом внутренняя резьба;                      3 – число зубьев;                      -- без каналов для СОЖ;                      023 – диаметр режущей части в 1/10 мм ;                      050 – шаг резьбы (0,8мм);                      А – цилиндрический хвостовик с фаской;                      С – удлиненный хвостовик;                      06 – максимальная глубина резания;                      N – тип геометрии.</p>	

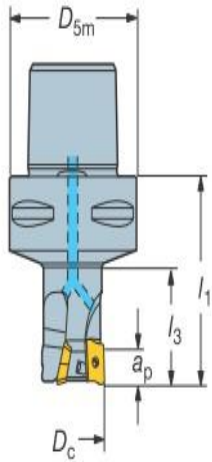
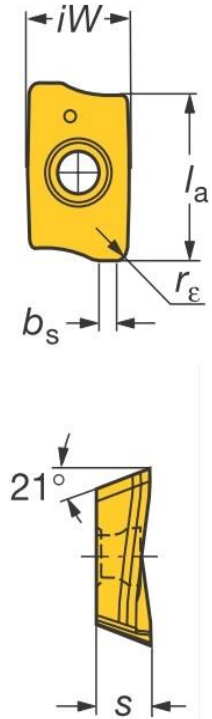
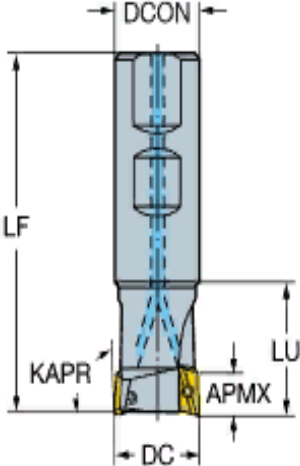
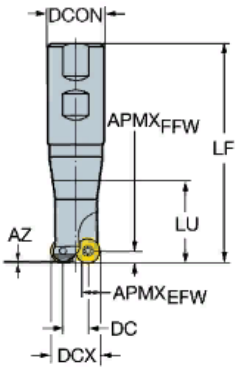
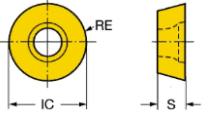
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР

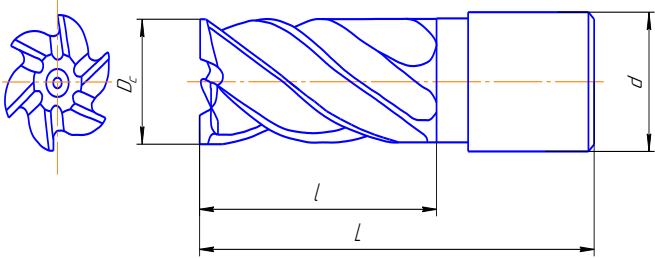
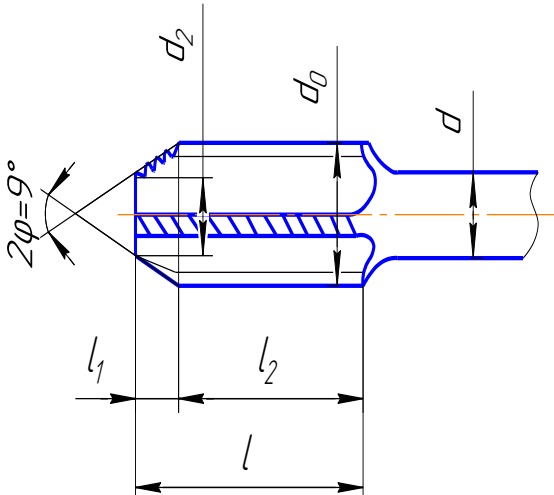
Лист

52

Продолжение таблицы 14

Вид обработки	Маркировка РИ	Эскиз РИ		
Фрезерование боковых поверхностей	<p><b>R390-020C3-11M050</b>                      Фрезы Coromill;                      R – правое исполнение;                      390 – Coromill 390;                      020 – рабочий диаметр фрезы;                      C3 – Coromant Capto (размер соединения 3 мм);                      11 – размер пластины;                      M – нормальный шаг;                      050 – размер (50 мм).  <math>D_c=20</math> <math>D_{5m}=C3</math>  <math>a_{pmax}=10</math> <math>l_1=50</math>  <math>l_3=25</math></p>		<p><b>R390-11 T3 12E-PM S30T</b>                      Пластины для фрез Coromill;                      R – правое исполнение;                      390 – Coromill 390;                      11 – ширина пластины;                      T3 – толщина пластины (<math>s=3,97</math>);                      12 – радиус при вершине (0,8 мм);                      E – наивысшая острота режущей кромки и точность;                      P – область применения по ISO;                      M – низкие усилия резания.  <math>l_a=11</math> <math>iW=6,8</math>  <math>b_s=1,5</math> <math>r_\epsilon=0,8</math></p>	
	<p><b>RA390-038M32-11H</b>                      R – правое исполнение;                      390 – Coromill 390;                      038 – рабочий диаметр фрезы;                      M32 – Coromant Capto (размер соединения 3 мм);                      11 – размер пластины;                      H – нормальный шаг;                      050 – размер (50 мм).</p>			
	<p><b>RA300-019M25-10L</b>                      Торцевая фреза CoroMill® 300                      R – правое исполнение;                      300 – Coromill 390;                      019 – рабочий диаметр фрезы;                      M25 – Coromant Capto (размер соединения 3 мм);                      10 – размер пластины;                      L – нормальный шаг;</p>		<p><b>R300-1032E-PM S30T</b>                      Режущая пластина CoroMill® 300 для фрезерования</p>	

Окончание таблицы 14

<p>Фрезерование</p>	<p>151900.62.2014.022.0 0.01 Фреза концевая <math>d=20</math> – диаметр соединения; <math>l=42</math> – длина режущей части; <math>L=70</math> – длина инструмента; <math>D_c=18</math> – диаметр фрезы.</p>	
<p>Нарезание внутренней резьбы</p>	<p>151900.62.2014.022.0 0.02 Метчик бесстружечный <math>l_1=1</math> – длина заходной части; <math>l_2=9,6</math> – длина калибрующей части; <math>l=10,6</math> – общая длина режущей части; <math>d_2=4,21</math>; <math>d_0=4,6</math>; <math>d=4</math>.</p>	

### 3.3 Описание работы контрольного приспособления

Приспособление для контроля отклонений взаимного расположения поверхностей (плоскостности параллельности и перпендикулярности) детали (см. рисунок 30).

Приспособление состоит из корпуса поз.20 на котором, закреплены две направляющие типа «ласточкин хвост». На направляющие установлен ползун-калибр поз.3 (для контроля плоскостности базовой поверхности детали И) с колонкой В ползун –калибр запрессована гайка , по средством передачи винт –гайка производится подвод к установленной детали.

На колонку по пазу устанавливается калибр поз. 2 для контроля плоскостности и ее перпендикулярности относительно базовой поверхности А.

Калибр устанавливается на колонку поз. 7, закрепленную на ползун-калибре поз. 9. Калибр выполнен из оргстекла поз. 2 с вклеенной втулкой поз. 3.

Калибр- ползун состоит из корпуса поз. 4 к которому закреплен калибр поз. 2. Калибр поз 2 крепиться к ползуну типа «ласточкин хвост» винтами поз. 8 и штифтами поз. 10. Втулка поз. 5 является элементом передачи «винт-гайка», для обеспечения перемещения по направляющим и подвода к контролируемой детали. На калибре поз. 2 закреплено стекло клеем БФ. Плос-

костность проверяется по пятну контакта на краску по количеству точек на один квадратный сантиметр. Краску наносят на проверяемую поверхность.

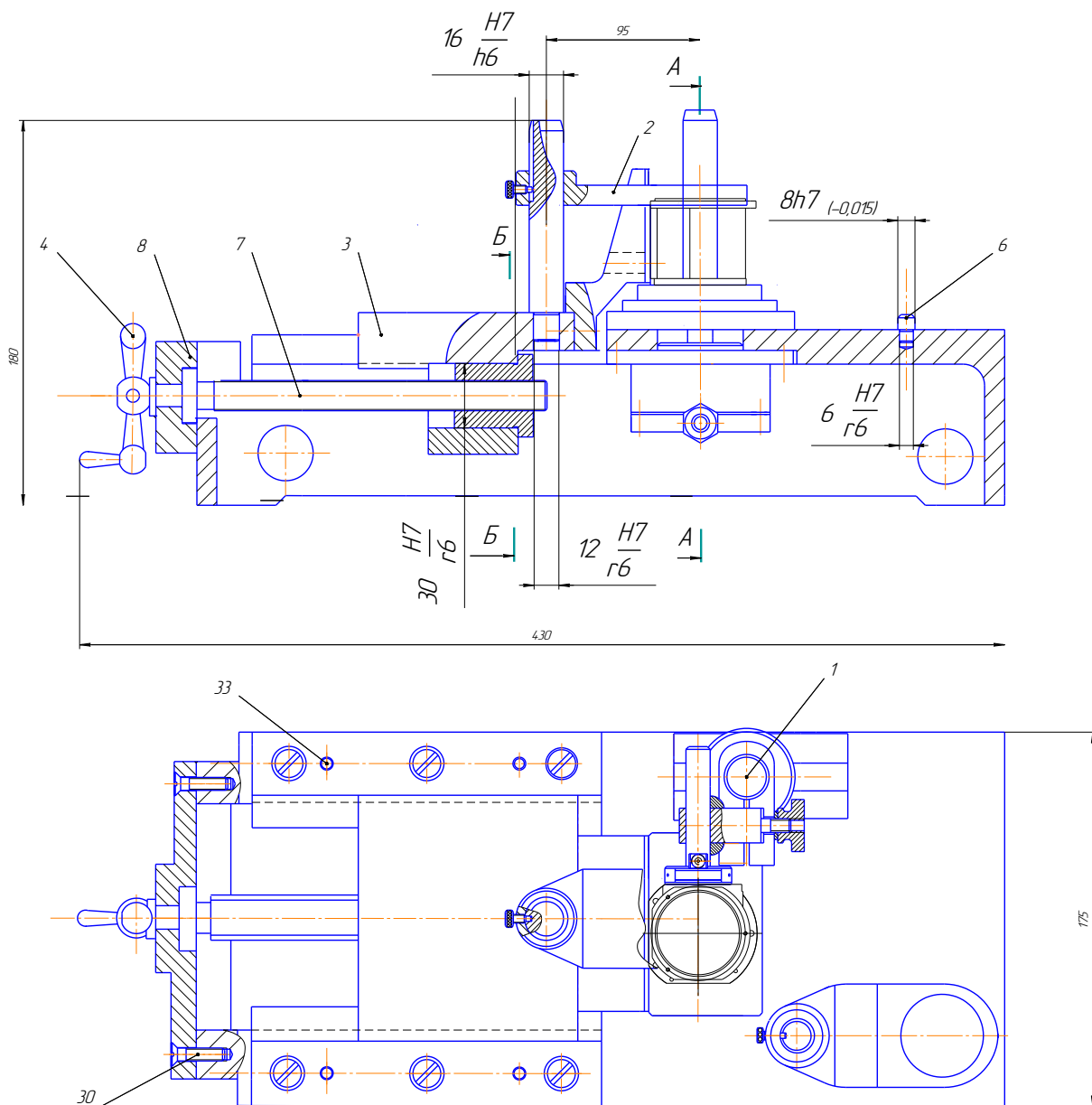


Рисунок 30 – Контрольное приспособление

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР

Лист

55

## 4 СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

### 4.1 Описание планировки участка

Общая площадь спроектированного участка механической обработки составляет 675 м<sup>2</sup>. На участке устанавливаются один токарный станок с ЧПУ DMG MOGI NEF 400 с габаритными размерами 2440×1710×2300 мм×мм×мм и один фрезерный станок с ЧПУ DMG MORI DMU 40 eVo с габаритными размерами 1970×2370×2480 мм×мм×мм.

Для большего удобства изготовления детали всё оборудование располагается по ходу технологического процесса. Для экономии времени возле каждого рабочего места находится слесарный верстак.

В качестве оборудования для доставки заготовок до места обработки и до складов будут использоваться электротележки, которые просты в управлении и бесшумны. Грузоподъемный кран, установленный на тележке, позволяет снизить трудоемкость погрузочно-разгрузочных работ. На спроектированный участок литые заготовки поступают из литейного цеха на электропогрузчике в тарах по 100 штук в каждой. При необходимости иметься возможность разгрузить или переместить тару с заготовками кран-балкой к первым станкам из линии или на склад заготовок.

Для уменьшения времени при перемещении заготовок на моечную операцию цеховая ванна расположена в непосредственной близости от обрабатывающего оборудования.

Стол контролёра находится на участке ОТК, расположенном возле обрабатывающих центров, на которых происходит заключительная обработка детали. Контроль производится на контрольном столе с применением специального приспособления. Готовые, детали прошедшие проверку вывозятся в таре на сборочный участок, либо, при необходимости, остаются на специально оборудованном складе до востребованности. Участок инструментообеспечения и бытовые помещения находятся в том же цеху.

Накопители в поточном производстве нам потребуются только для выгрузки заготовок у первого станка и в конце обработки у последнего станка. Для этой цели мы будем использовать тару ящичного типа (ящичные поддоны). В этой же таре заготовки и готовые изделия будут поступать со складов и на склады с помощью электротележек. Ящик с заготовками или деталями грузим на тележки с помощью простейших напольных роботов, которые устанавливаем у первого и последнего станка (грузоподъемность робота до 200 кг; по 12 деталей в партии). Пустая тара после обработки всех деталей партии будет поступать обратно на склад для загрузки в нее новой партии заготовок. Пустые ящики для заготовок будут доставляться со склада готовых изделий по мере использования готовых изделий в дальнейшем производстве.

Загрузка и выгрузка деталей со станков и на станки будет осуществляться также напольными роботами

Спроектированный участок соответствует нормам промышленной санитарии, электробезопасности и пожаробезопасности. Имеются стенды с

					15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

наглядной информацией по обеспечению техники безопасности. Вдоль стены расположены: пожарный ящик с песком, щит пожарной охраны, пожарный кран, а так же углекислотный ОУ-5 и порошковый ОПУ-5 огнетушители. Так же огнетушители расположены непосредственно возле станков.

Аптечка располагается на территории ОТК и возле цеховой ванны.

#### 4.2 Расчет необходимого количества оборудования

Определение необходимого (расчетного) количества станков  $C$  для механических участков осуществляется по трудоемкости годового выпуска изделий  $T_{и}$ , действительному фонду времени работы станка при работе в одну смену  $F_{д}$  и режима работы цеха (количества рабочих смен в сутки)  $m$  по следующей формуле:

$$C = \frac{T_{и}}{F_{дm}} = \frac{3200}{1917 \cdot 1} = 1,67 = 2 \text{ шт.}$$

С учетом среднего значения коэффициента загрузки оборудования  $\eta_z$  для различных типов производства (единичное, мелкосерийное  $\eta_z=0,8\dots0,9$ ; среднесерийное  $\eta_z=0,75\dots0,85$ ; крупносерийное, массовое  $\eta_z=0,65\dots0,75$  [5]) принятое число станков  $S$  определится из соотношения:

$$S = \frac{T_{и}}{F_{д} \cdot m \cdot \eta_z} = \frac{3200}{1917 \cdot 1 \cdot 0,85} = 1,96 = 2 \text{ шт.}$$

В предлагаемом техпроцессе при обработке детали используется токарный и фрезерный станки, а значит значение  $S$  необходимо умножить на количество станков участвующих в обработке деталей:

$$S_{\text{факт}} = S \cdot 2 = 2 \cdot 2 = 4 \text{ шт.}$$

					15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57



## 4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Техника безопасности — система организационных мероприятий и технических средств, направленных на предотвращение воздействия на работающих опасных производственных факторов, являющихся причиной травм или внезапного резкого ухудшения здоровья.

Техника безопасности является частью охраны труда и включает такие мероприятия, как:

- 1 обучение и инструктаж работающих по вопросам безопасности труда;
- 2 поддержание в технически безопасном состоянии зданий и сооружений;
- 3 оснащение вновь создаваемого и эксплуатируемого производственного оборудования защитными и предохранительными устройствами;
- 4 разработка средств коллективной и индивидуальной защиты работающих от воздействия опасных и вредных производственных факторов;
- 5 организация обеспечения средствами индивидуальной защиты рабочих и служащих.

Мероприятия по технике безопасности основаны на требованиях нормативной документации, разрабатываемой и утверждаемой в развитие соответствующих статей трудового законодательства.

### 6.1 Инструкция по технике безопасности для операторов станков с числовым программным управлением

- 1 к эксплуатации и ремонту станка допускается только персонал, ознакомленный с соответствующей документацией станка и с ЧПУ.
- 2 при необходимости используйте перчатки, пылезащитную маску и средства защиты слуха.
- 3 при работе на станке не рекомендуется носить различные украшения и галстуки. длинные волосы должны быть собраны и прикрыты.
- 4 эксплуатация станка разрешается лишь в том случае, если вы убедились, что он находится в исправном состоянии.
- 5 необходимо убедиться, что станок заземлен надлежащим образом.
- 6 доступ к электрическим компонентам станка разрешается только специально обученному персоналу.
- 7 нельзя применять в качестве очистителей и сож ядовитые и воспламеняющиеся вещества.
- 8 не открывать защитные дверцы и кожуха пока какое-либо из устройств станка находится в движении.
- 9 зона вокруг станка должны быть сухой и хорошо освещенной.
- 10 перед закреплением инструмента необходимо убедиться, что все поверхности устройства крепления инструмента чистые.
- 11 не превышать номинальную мощность станка.

					15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

12 не оставлять инструмент и детали в местах, в которых они могли бы соприкоснуться с подвижными частями станка.

13 регулярно проверять уровень смазки и охлаждающего средства.

14 во время обработки не предпринимать наладку инструмента или крепление деталей.

15 обязательно знать расположение клавиш аварийного останова станка.

16 при контакте с обработанными деталями обращать внимание на наличие острых кромок.

17 не удаляйте стружку голыми руками. используйте для этого специальные приспособления, убедившись в полной остановке частей станка.

18 не пытайтесь остановить или затормозить перемещения исполнительных органов станка голыми руками или с помощью приспособлений.

19 не применять для крепления инструмента и заготовки дефектные или грязные патроны, держатели и приспособления.

20 запрещается предпринимать какие-либо конструктивные изменения станка без согласования с производителем станка или сервисной службой.

21 никогда не работайте внутри станка, если кто-либо работает со стойкой чпу. перейдите в режим редактирования "edit" для предотвращения случайного перемещения исполнительных органов станка.

					15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

## 5 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Для производства продукции создан отдельный обособленный участок, обладающий правами хозяйственного ведения и оперативного управления финансово-хозяйственной деятельностью. Данные процесса изготовления детали представлены в таблице, причем заданы общественные нормы времени всех операций по изготовлению продукта. Для проектирования участка механического цеха машиностроительного завода необходимы следующие данные.

Исходные данные:

1. Программа выпуска – 3200 шт;
2. Режим работы – 1 смена;
3. Вид заготовки – центробежное литье;
4. Масса заготовки – 0,64 кг;
5. Масса детали – 0,33 кг;
6. Марка материала – сплав ВТ1-0 ОСТ1-90013-81.

Расчет себестоимости изготовления детали по проектному технологическому процессу с использованием базы данных и методики предприятия. Себестоимость детали определяют по формуле:

$$C = M + 3[1 + (H/100)],$$

где: М — себестоимость материала, затрачиваемого на деталь, за вычетом стоимости отходов;

3 — прямая заработная плата рабочих по всем операциям изготовления детали;

Н — цеховые и общезаводские расходы, %.

Себестоимость материала М, затрачиваемого на деталь, за вычетом отходов определяется:

$$M = M3 \cdot ЦМ - (M3 - МД) \cdot Цотх,$$

где: Мз – норма расхода материала на одну деталь, кг; принимается равной массе заготовки;

Мд – масса детали;

Цм – стоимость одного килограмма материала, руб.;

Цотх – стоимость одного килограмма реализуемых отходов, руб.

По расчетам принимается ОЦ = 2 станка.

Определение численности основных производственных рабочих.

К основным производственным рабочим относятся рабочие, которые участвуют в технологическом процессе по изготовлению основной продукции. Численность рабочих сдельщиков определяются по количеству оборудования – 2 человека.

					15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

Таблица 15- Расчет численности вспомогательных рабочих по проектному техпроцессу

Профессия	Расчетная единица		Норма обслуживания	Численность рабочих		Тарифный разряд
	Наименование	Кол-во		Расчетное	Принятое	
Наладчик	Кол-во обслуж. станков	2	40	0,03	1	4
Уборщик	Производ. площади	93	400	0,031	1	2

Таблица 16 - Численность работающих по проектному техпроцессу

Категория работающих	Численность
Основные рабочие	2
Вспомогательные рабочие	1
Служащие ИТР	1
Руководители	-
<b>ИТОГО:</b>	<b>4</b>

Таблица 17 - Ведомость фонда заработной платы рабочих по проектному техпроцессу

Группа	Прямая зарплата		Премия	Доплата по поясному коэф., руб.15%	Годовой фонд з/платы
	По сдельн. расценкам	По тариф. ставкам			
Основ. рабочие по сдельной оплате	262072,5		157243,5	65808,5	485124,5
Вспом. рабочие по по- времен. оплате		134580	76495,5	27508	238583,5
<b>Итого</b>	<b>262072,5</b>	<b>134580</b>	<b>208240,5</b>	<b>93316,5</b>	<b>723708</b>

З= 7237708 руб

Расчет себестоимости изготовления детали.

Себестоимость – это затрата на изготовление и реализацию продукции.

										Лист
										61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР					

Таблица 18 – Расчет себестоимости материала

Марка материала	Масса заготовки кг	Цена за 1 кг материала	Стоимость материала	Отходы			Стоимость за вычетом отходов
				Масса отходов кг	Цена за 1 кг отходов	Стоимость отходов, руб.	
Сплав ВТ1-0	0,64	1980	1267,2	0,31	198	61,38	1205,82

$$M = 1205,82$$

Смета цеховых расходов по проектному техпроцессу ЗП служащих с отчислениями на социальные нужды. Зарплата служащих составляет 30% от зарплаты основных рабочих.

Основная заработная плата:

$$20506,4 \cdot 70\% \cdot 15\% = 40\,090,7 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды:

$$30090,7 \cdot 30\% \cdot 100\% = 9027,21 \text{ руб.}$$

Цеховые расходы на программу

$$30090,7 \cdot 120\% = 36108,84 \text{ руб.}$$

Общезаводские расходы на программу

$$30090,7 \cdot 90\% = 27081,63 \text{ руб.}$$

$$H = 36108,84 + 27081,63 = 63190,47 \text{ руб.}$$

Годовая программа выпуска 3200 шт

H на 1 шт = 19,75 руб

$$C = M + 3[1 + (H/100)],$$

$$C = 1205,82 + 30090,7[1 + (19,75/100)] = 37238,54 \text{ руб.}$$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломной работе проанализирован базовый технологический процесс изготовления детали, применяемое оборудование и оснастка. Выделены его недостатки и на основе анализа внесены предложения по проектному технологическому процессу. В результате проделанной работы разработан технологический процесс механической обработки детали, произведен анализ технологичности детали, разработана маршрутная и операционная карты технологического процесса, рассчитано и спроектировано специальное станочное приспособление, подобран современный режущий инструмент и спроектировано контрольное приспособление. Так же бы спроектирован специальный участок механической обработки для данной детали. В результате произошло увеличение коэффициента использования материала за счет нового способа получения заготовки; уменьшено штучное время, благодаря применению более современного оборудования и уменьшения количества операций.

					15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Высокоэффективные технологии и оборудование современного машиностроительного производства / Маслов Р. А., Федоров С. В. – Москва: ФГБОУ ВО "МГТУ "СТАНКИН", 2015. – 270 с.;
- 2 Ахлюстина, В.В., Метрология, стандартизация и сертификация: Учебное пособие / В.В. Ахлюстина, Э.Р. Логунова. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2008. – 212 с.;
- 3 Шамин, В.Ю., Теория и практика решения конструкторских и технологических размерных цепей: Компьютерная версия учебного пособия. 4 изд. / под ред. В.Ю.Шамина. Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2005. – 530 с.;
- 4 Марочник стали и сплавов: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.splav-kharkov.com/main.php>, свободный;
- 5 Иллюстрированные каталоги, справочники, базы данных по металлорежущим станкам и кузнечно-прессовому оборудованию: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stanki-katalog.ru/index.htm>, свободный;
- 6 Официальный сайт фирмы «DMG MORI»: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.dmgmori.com>, свободный;
- 7 Справочник технолога-машиностроителя в 2-х т./ Под ред. Дальского А.М., Сулова А.Г., Косиловой А.Г., Мещерякова Р.К. – 5-е изд., переработанное и дополненное – М.: Машиностроение – 1, 2001. – Т. 1. – 656 с.; Т. 2. – 496 с.
- 8 Киреев Г. И., Проектирование метчиков и круглых плашек: Учебное пособие. / Г. И. Киреев. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 107 с.;
- 9 Официальный сайт фирмы «Sandvik Coromant»: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/pages/default.aspx>, свободный;
- 10 Онлайн калькулятор режимов резания фирмы «Sandvik Coromant»: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/pages/coroguide.aspx>, свободный.

					15.03.05.2020.007.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64