

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

РАБОТА ПРОВЕРЕНА  
Рецензент

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой  
Гузеев В.И.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

Разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления  
детали «Стойка»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ ВКР

Руководитель работы  
старший преподаватель  
Пименов Д.Ю.

«27» \_\_\_\_\_ 2017 г.

Автор работы  
студент группы П-451  
Политенчук В.В.

«27» мая \_\_\_\_\_ 2017 г.

Нормоконтролер

ВЫБОЖНИК А.В.

«31» 05 \_\_\_\_\_ 2017 г.

## АННОТАЦИЯ

Политенчук В.В. Разработка  
конструкторско-  
технологического обеспечения  
изготовления детали «Стойка» –  
Челябинск: ЮУрГУ, П-451, 80 с,  
35 ил., 5 табл., библиогр. список –  
15 наим.

В выпускной квалификационной работе разработан проектный вариант технологического процесса изготовления детали «Стойка» на основе базового техпроцесса, полученного на АО «КОНАР».

Для проектного варианта технологического процесса в записке произведен размерно-точностной анализ для проверки выполняемости замыкающих звеньев и определения снимаемых припусков. Также, на все операции механической обработки проектного варианта техпроцесса произведен расчет режимов резания и норм времени. Спроектирован комбинированный режущий инструмент «Сверло-зенкер». Также для фрезерной операции с ЧПУ спроектировано станочное приспособление.

Кроме того, в работе произведено проектирование структурной схемы ГПС для производства «Стойки» с указанием основного, вспомогательного оборудования, вспомогательных участков, средств транспортировки грузов

К пояснительной записке прилагается графический материал, состоящий из спроектированного приспособления и инструмента, чертежа заготовки, операционных эскизов базового и проектного варианта технологического процесса.

					ЮУрГУ - 15.03.05.2017.451.000.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	Разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления детали "Стойка"	Литера	Лист	Листов
Разраб		Политенчук		27.05		Д		79
Пров		Пименов		27.05			7	
Н. Контр.		В.В. Политенчук		27.05				
Утв								
					ЮУрГУ Кафедра ТАМ			

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	11
1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ .....	12
1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия .....	12
1.2 Служебное назначение детали «Стойка» и технические требования, предъявляемые к детали .....	13
1.3 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для соответствующих отраслей машиностроения .....	13
1.4 Формирование целей и задач проектирования .....	15
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	16
2.1 Анализ существующей на предприятии документации по конструкторско-технологической подготовке действующего производства. ....	16
2.1.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса.....	16
2.1.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента .....	16
2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса.....	19
2.1.4 Выводы по разделу .....	20
2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «стойка» .....	20
2.2.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки .....	20
2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования .....	21
2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта.....	21
2.2.4 Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса.....	23
2.2.5 Расчет режимов резания и норм времени на все операции проектного варианта технологического процесса .....	27
3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ .....	52
3.1 Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки.....	52
3.2 Проектирование и расчет специального станочного приспособления . ....	54
3.3 Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента .....	54
3.4 Проектирование и расчет специального режущего инструмента.....	58
3.5 Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технологического контроля.....	62
4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА .....	63
4.1 Анализ возможных направлений по автоматизации технологического процесса изготовления детали .....	63

4.1.1	Наличие в технологическом процессе слесарных, универсальных или специальных операций .....	63
4.1.2	Возможность встраивания основного оборудования в ГПС .....	63
4.1.3	Концентрация переходов на операциях механической обработки ...	63
4.1.4	Габаритные размеры детали .....	64
4.1.5	Наличие поверхностей для захвата .....	64
4.2	Разработка структурной схемы гибкого производственного участка...	64
4.3	Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы (промышленные роботы, накопители, транспортные системы, складские системы) .....	69
4.4	Базирование заготовки, полуфабриката, готовой детали в промышленном роботе, транспортном устройстве, промежуточном накопителе.....	71
5	ОГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ .....	73
6	БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.....	74
6.1	Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда .....	74
6.2	Мероприятия по электробезопасности .....	74
6.3	Мероприятия по пожарной безопасности .....	75
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....		79
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....		80

## ВВЕДЕНИЕ

Цель дипломного проекта – изучить действующий технологический процесс обработки детали «стойка», а также спроектировать новый технологический процесс с целью повышения эффективности и конкурентоспособности производства.

Задачи курсового проекта – выбор способа получения заготовки, разработка плана и методов механической обработки поверхностей детали с указанием последовательности технологических операций, выбор основного технологического оборудования, расчет режимов резания и норм времени, выбор технологической оснастки и приспособлений, выбор автоматизированного оборудования, разработка планировки механического участка, оформление документации технологического процесса.

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		





1.2 Служебное назначение детали «Стойка КН18403-300.02.02.01» и технические требования, предъявляемые к детали.

Данная деталь «Стойка» несет защитную функцию от окружающей среды, воздействия внешних факторов. Данная деталь соединяет

Технические требования

Отклонение от соосности не более 0,1 указано, так как внутренней поверхностью стойка соединена с подшипниками, при перекосе можно не собрать деталь, также появление вибраций. Отклонение от цилиндричности не более 0,1, так как внутренняя поверхность стойки соединена с кольцом упорным. Отклонение от перпендикулярности не более 0,1 относительно поверхности И, так как стойка должна прямо сесть на крышку. У штифтового отверстия позиционный допуск расположения: не более 0,05 допуска отверстия для точного позиционирования стойки и крышки с дальнейшим стягиванием болтами.

Также у внутренней поверхности стойки указана шероховатость не более 3,2, так как в этом месте резьбовое соединение, для точного, плотного соединения. В месте соединения подшипника и торца внутренней поверхности втулки стоит шероховатость не более 2,5 для уменьшения силы трения. В отверстиях возле окон также стоит шероховатость не более 3,2, так как там точное резьбовое соединение.

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

Рассмотрим зарубежные и отечественные технологические решения для обработки корпусных деталей.

Для сварных корпусных деталей применяют, в большинстве случаев, малоуглеродистые стали.

Заготовки корпусных деталей изготавливают литьем или сваркой.

У корпусных деталей основные рабочие поверхности – их плоскости, основные и крепежные отверстия.

Обработку плоских поверхностей можно производить: строганием, фрезерованием, точением, протягиванием, шлифованием, шабрением, полированием, накатыванием.

К особенностям производства корпусных деталей можно отнести высокую стоимость и длительность производственного цикла, привлечение для обработки многоцелевых станков, возможность применения единых принципов базирования и транспортных устройств на базе спутников, необходимость создания многофункциональных обрабатывающих систем, обладающих широкими технологическими возможностями.

При обработке корпусных деталей затрачивается большой удельный вес основного времени в общем объеме штучного времени изготовления деталей. Это определило развитие ГПС для обработки корпусных деталей. К особенностям производства корпусных деталей можно отнести высокую стоимость и длительность производственного цикла, возможность

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

применения единых принципов базирования и транспортных устройств на базе спутников, необходимость создания многофункциональных обрабатывающих систем, обладающих широкими технологическими возможностями.

Зарубежные ГПС представлены рядом зарекомендовавших себя компоновок фирм – разработчиков. Рассмотрим один из них.

ГПС фирмы «Okuma» ОК-2 (Япония) используется для обработки изделий сложной формы из высоколегированной стали – наконечников бурового инструмента, заслонок трубопроводов (рисунок 2).

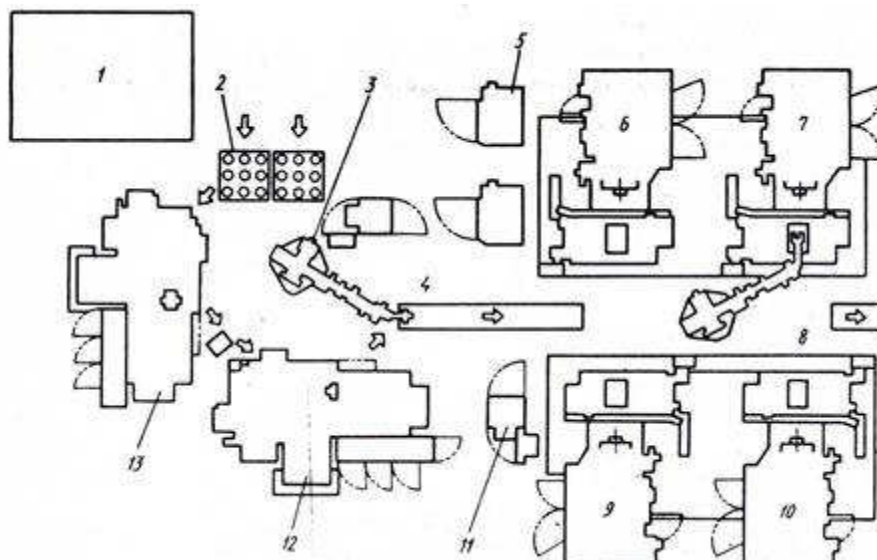


Рисунок 2 – ГПС фирмы «Okuma» ОК-2

ГПС включает себя: зал ЭВМ—1; многоместные спутники 2; роботы 3; транспортер 4; блок питания робота 5; горизонтальные многооперационные станки 6, 7, 9, 10; выводящий транспортер 8; блок управления роботом 11; токарные станки с ЧПУ — 12, 13. Один робот обслуживает два токарных станка, другой — четыре многооперационных станка, транспортер осуществляет связь между указанными группами станков.

Рассмотрим также одну из отечественных ГПС. Среди всех стоит отметить ГАУ типа АСК-0, изготовленную Одесским заводом (рисунок 3).

Участок предназначен для обработки сложных комплексных деталей из цветных металлов, стали, чугуна, легких сплавов и пластмасс габаритами до 400×400×400 мм в полностью автоматизированном цикле. ГАУ состоит из накопителей, многооперационных сверлильно-фрезерно-расточных станков 2204ВМ1Ф4, 2254ВМ1Ф4, ОП2Г4АМФ4М; транспортной системы для перемещения установленных на спутниках деталей; 3...14 манипуляторов для загрузки и разгрузки деталей на станки и накопители; центральной системы управления участком на базе микро-ЭВМ. По сравнению с отдельно работающими станками, ГАУ АСК-0 имеет коэффициент загрузки станков в



1,4 выше. Также требуется меньше квалифицированных рабочих, производительность обработки АСК-0 выше в 1,5...3 раза.

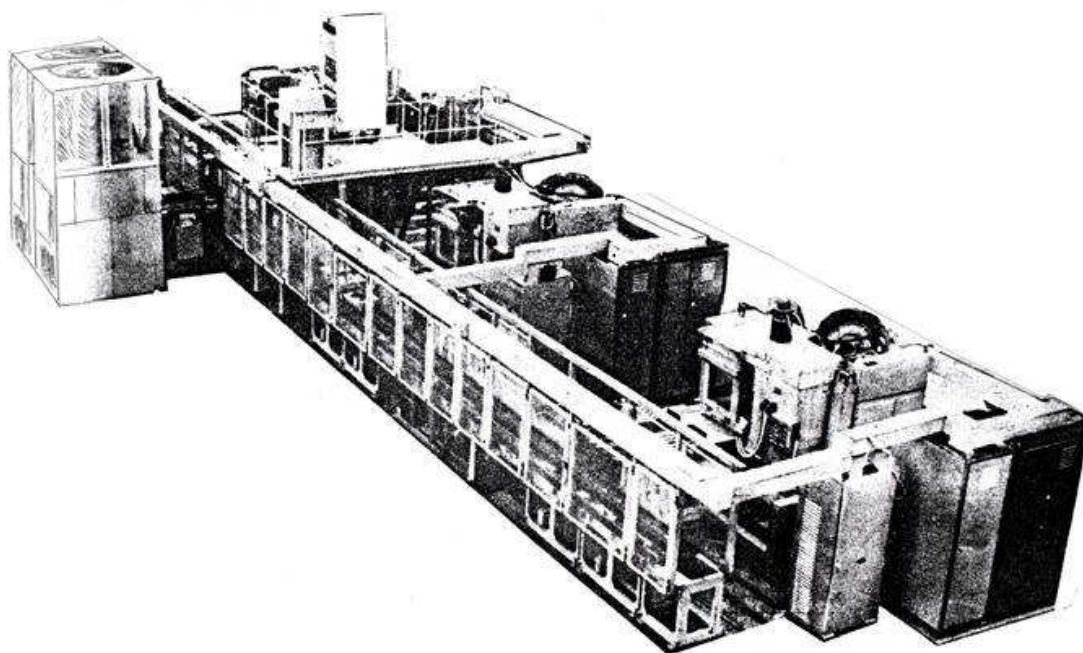


Рисунок 3 – ГАУ типа АСК-0 для обработки корпусных деталей

Таким образом, для создания корпусных деталей и в отечественном, и в зарубежном производстве есть свои технологические решения.

#### 1.4 Формирование целей и задач проектирования

Целью проектирования технологического процесса обработки детали «стойка» является повышение эффективности её производства.

Проектирование технологического процесса стойки включает в себя следующие задачи:

- выбор вида заготовки, определение размеров и припусков;
- выбор режущего и мерительного инструмента;
- расчёт режимов резания на станке;
- установление норм времени на обработку;
- оформление документации технологического процесса.

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

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

2.1.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса

В технологическом процессе обработки детали «стойка» отсутствуют операционные карты

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

Для обработки детали «стойка» применяется современный порталный фрезерный обрабатывающий центр «Wele LB-321».

Технические характеристики станка представлены в таблице 1.

Таблица 1 – технические характеристики станка

Характеристика	Ед. изм.	LB-321
<b>Перемещение</b>		
Перемещение по оси X	мм	3060
Перемещение по оси Y	мм	2150
Перемещение по оси Z	мм	800
Расстояние от торца шпинделя до поверхности стола	мм	200-1000
Расстояние между колоннами	мм	2300
<b>Стол</b>		
Длина стола (направление X)	мм	3000
Длина стола (направление Y)	мм	2000
Максимальный вес детали	кг	12000
Размер Т-образного паза (ширина×расстояние×кол-во)	мм	28 × 200 × 10
<b>Шпиндель</b>		
Мощность (номинал./ П.В. 30 мин)	кВт	22/26
Тип привода		редукторный привод
Скорость вращения	об/мин	10-6000
Крутящий момент (номинал./ П.В. 30 мин)	Нм	626,2/740,1
Усилие зажима инструмента	кг	1800
Внутренний диаметр шпиндельного подшипника	мм	100
<b>Скорость подачи</b>		
Скорость подачи по оси X	мм/мин	24000
Скорость подачи по оси Y	мм/мин	20000
Скорость подачи по оси Z	мм/мин	15000
Рабочая подача	мм/мин	1-10000
<b>Инструментальный магазин</b>		
Емкость инструментального магазина	позиций	32

## Окончание таблицы 1

Максимальный диаметр инструмента / при свободных соседних ячейках	мм	127/215
Максимальная длина инструмента	мм	400
Максимальный вес инструмента	кг	20
<b>Точность</b>		
Точность позиционирования (JIS 6338)	мм	$\pm 0,015$
Точность позиционирования (VDI 3441)	мм	$P \leq 0,025$
Повторяемость позиционирования (JIS 6338)	мм	$\pm 0,003$
Повторяемость позиционирования (VDI 3441)	мм	$P_s \leq 0,020$
<b>Другие характеристики</b>		
Суммарная потребляемая электрическая мощность	кВА	60
Рабочее давление сжатого воздуха	кг/см <sup>2</sup>	5
Вместимость бака для смазочного масла	л	6
Направляющие по осям		Роликовые направляющие качения
<b>Габаритные размеры и вес станка</b>		
Длина станка	Мм	8610
Ширина станка	Мм	5300
Высота станка	Мм	4350
Вес станка	Кг	29500

Стандартная комплектация и дополнительное оснащение станка Wele:

- Конус шпинделя BT50 + Штрель MAS;
  - Шпиндель с редукторным приводом со скоростью 6000 об./мин (30/35 НР);
  - Увеличенное до 2800 мм перемещение по оси;
  - Перемещение по оси Z 1000 мм, редукторный привод, 6000 об./мин;
  - Перемещение по оси Z 1200 мм, редукторный привод, 6000 об./мин;
  - Перемещение по оси Z 1400 мм, редукторный привод, 6000 об./мин;
  - Система контроля температуры шпинделя и коробки передач;
  - Регулируемый предел крутящего момента (3 оси);
  - Внешний генератор импульсов (3 оси);
  - Централизованная система смазки;
  - Foursplashguard;
  - Система подачи СОЖ в рабочей зоне (помпа и резервуар);
  - Резервуар для очистки смазочного масла для трех осей;
  - Конвейер гусеничного типа для удаления стружки из рабочей зоны
- + двойной шнек + корзина для стружки;
- Инструментальный магазин на 32 места;
  - Тяжелый режим резания;
  - Ножная педаль для выбора инструмента;

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Выносной пульт управления;
- Освещение рабочей зоны;
- Лампы индикации завершения цикла обработки или тревоги;
- Интерфейс RS232 и USB интерфейс;
- Промывочный пистолет для рабочей зоны;
- Набор установочных болтов;
- Система ЧПУ Fanuc 31iMB.

Оснастка для обработки детали «стойка» представлена на рисунке 4.

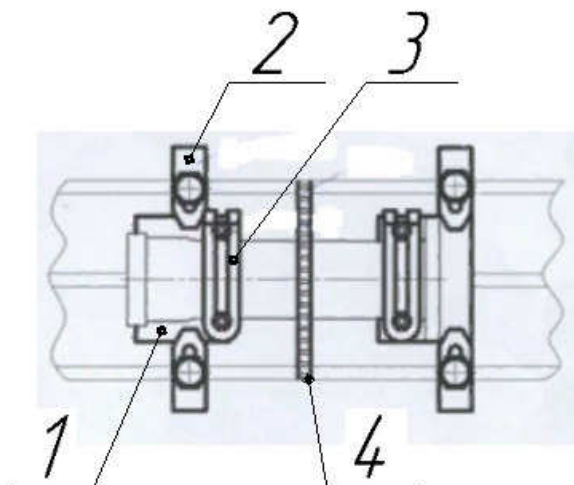


Рисунок 4 – Оснастка: 1 – призма; 2 – прижим; 3 – шпилька; 4 – цепь

Данная технологическая оснастка обеспечивает неподвижность детали «стойка»

Применяемый режущий инструмент на операциях:

10 операция фрезерная с ЧПУ. В качестве режущего инструмента используются:

- фреза  $\varnothing 63$  ASX445-063A04R с пластиной SEMT13T3AGSN-JM MP 9130;
- фреза  $\varnothing 33$  TE90AN 233-W32-11-L с пластиной ANHX110608R-M TT9080;
- фреза  $\varnothing 50$  TES D50-40-22R-AN11 с пластиной ANHX110608R-M TT9080;
- фреза  $\varnothing 32$  (Грибковая) M332.0016.02A с пластиной 332.0400.00016 TI25;
- сверло  $\varnothing 22$  U10 12200 с пластиной W83 23010.08842;
- фреза  $\varnothing 20$  TE90AP 220-20-12 L200 с пластиной APKТ 1204 PER-EML TT9080;
- метчик M10x1-6H EH1260.092;
- сверло  $\varnothing 21$  U11 72100 с пластиной W83 23010.088425 с пластиной W83 23010.088425;
- фреза  $\varnothing 14$  VQMHVD1400;

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- фреза  $\varnothing 28$  (Фасочная) F2232.Z.016.Z02.05 с пластиной SPMT09T308-F55 WSP45;

- фреза  $\varnothing 35$  TM3SC 28C35-144-3A с пластиной 3AIDT60TM VTX;

- сверло  $\varnothing 6,8$  1534SU03-0680 KDG303;

- метчик М8-6Н EV10210.160;

- сверло  $\varnothing 9$  1534SU03-0900 KDG303;

- сверло  $\varnothing 8,5$  1534SU03-0850 KDG303.

15 операция радиально-сверлильная. В качестве режущего инструмента используются:

- сверло  $\varnothing 9$  1534SU03-0900 KDG303;

- метчик 2620-2609 ГОСТ 3266-81.

Для обработки детали «стойка» это минимальный набор режущих инструментов.

2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса

Размерная цепь представлена на рисунке 5.

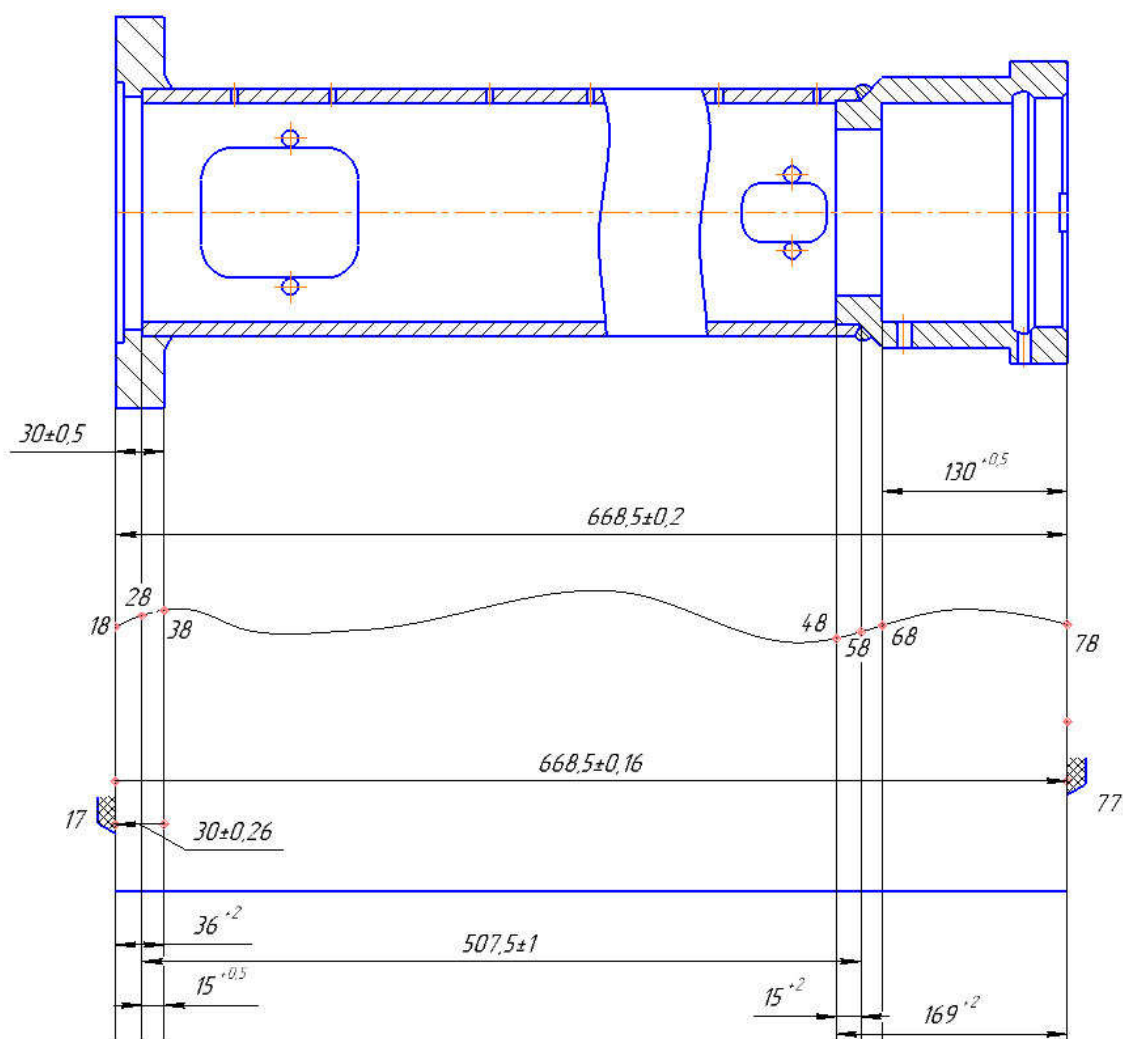


Рисунок 5 – Размерная цепь

Найдем припуски:

$$[17...18] = -(18...38) + (38...17) = -30 \pm 0,5 + 36^{+2}_{-0,5};$$

$$[77...78] = -(78...18) - (18...17) + (17...77);$$

$$(17...77) = (17...38) - (38...28) + (28...58) - (58...48) + \\ + (48...77) = 36^{+2}_{-0,5} - 15^{+0,5}_{-0,5} + 507,5 \pm 1 - 15^{+2}_{-0,5} + 169^{+2}_{-0,5} = 682,5^{+5}_{-3,5};$$

$$[77...78] = -668,5 \pm 0,2 - 6^{+2,5}_{-0,5} + 682,5^{+5}_{-3,5} = 8^{+5,7}_{-6,2}.$$

Таким образом, в ходе размерного анализа мы выявили, что все размеры выполняются, один припуск завышен, что приводит к большим затратам металла.

#### 2.1.4 Выводы по разделу

В результате получили следующие выводы:

- в технологическом процессе обработки детали «стойка» отсутствуют операционные карты.
- для обработки детали применяется современный порталный фрезерный обрабатывающий центр «Wele LB-321».
- технологическая оснастка обеспечивает неподвижность детали «стойка»
- для изготовления детали используется много инструментов, но это минимальный набор режущих инструментов.
- размерный анализ показал, что все размеры выполняются, один припуск завышен, что приводит к большим затратам металла.

### 2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «стойка»

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

В исходном варианте технологического процесса исходная заготовка получалась путем сварки трубы, корпуса бугельного узла и фланца (рисунок 6).

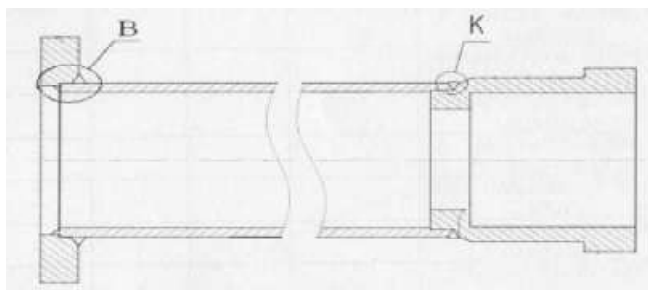


Рисунок 6 – Заготовка стойки методом сварки

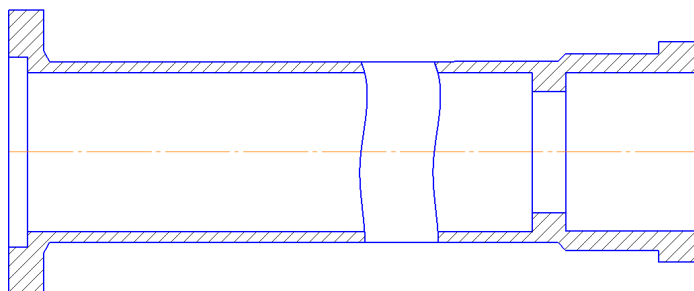
Материал заготовки: Сталь 09Г2С ГОСТ 19281-89.

Для того, чтобы уменьшить коэффициент использования металла, а следовательно, уменьшить суммарное время на обработку детали «стойка»,

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Полученный эскиз заготовки изображен на рисунке 7.



### 2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования

### 2.2.3 Формирование проектного варианта

Эскизы по обработке детали «стойка» представлены на рисунках 8-11

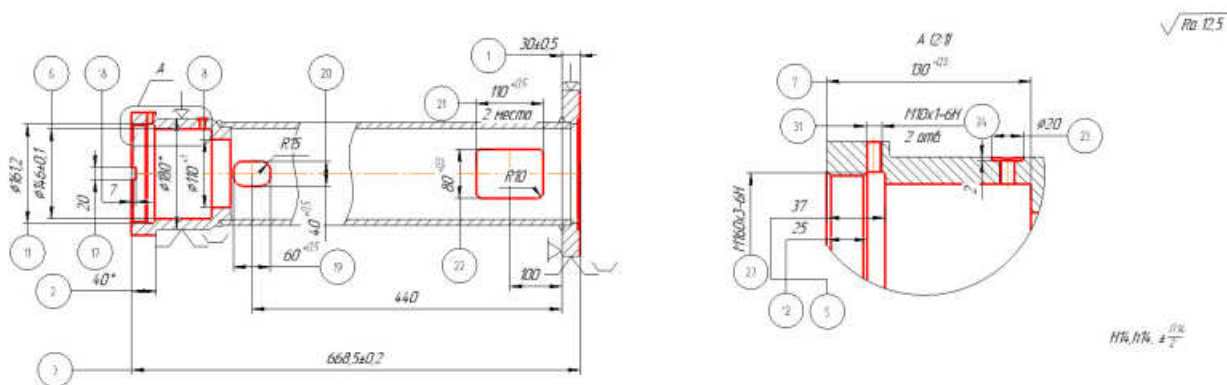


Рисунок 8 – Первый эскиз на 005 операции – Фрезерная с ЧПУ



## 2.2.4 Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса

Размерная цепь представлена на рисунке 12.

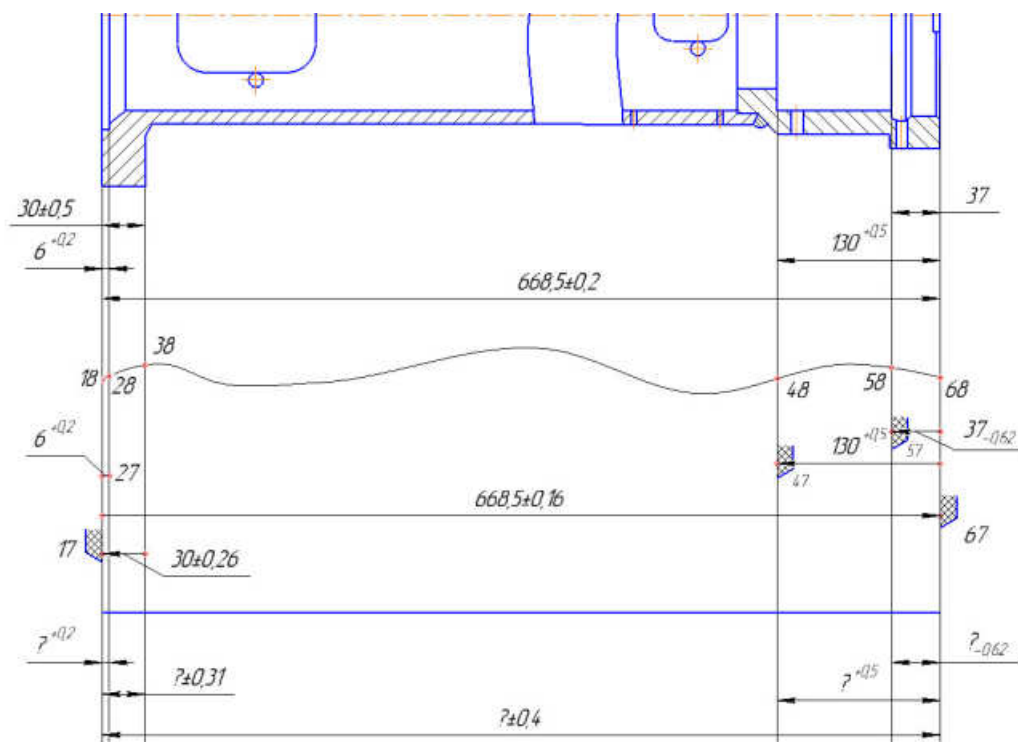


Рисунок 12 – Размерная цепь

Замыкающих звеньев нет. Рассчитаем припуски.

$$[17...18] = (17...38) - (38...18) = ? \pm 0,31 - 30 \pm 0,26.$$

$$[17...18] = Z_{\min} + \frac{W_{[17...18]}}{2} - \Delta_0 A_{[17...18]}.$$

$$Z_{\min} = Rz + DF = 0,08 + 0,12 = 0,2 \text{ мм.}$$

$$W_{[17...18]} = 0,62 + 0,52 = 1,14 \text{ мм.}$$

$$\Delta_0 A_{[17...18]} = 0.$$

$$[17...18] = 0,2 + \frac{1,14}{2} + 0 = 0,77.$$

$$[17...18] = 0,77 \pm 0,57$$

$$Z_{\max} = 1,34 \text{ мм.}$$

Размер заготовки (17...38):

$$(17...38) = [17...18] + (38...18) = 0,77 + 30 = 30,77$$

$$(17...38) = 30,77 \pm 0,31 = 31^{+0,08}_{-0,54}.$$

$$[68...67] = (67...17) - (17...18) - (18...68) = ? \pm 0,4 - 0,77 \pm \pm 0,57 - 668,5 \pm 0,16.$$

$$[68...67] = Z_{\min} + \frac{W_{[67...68]}}{2} - \Delta_0 A_{[67...68]}.$$

$$Z_{\min} = 0,2 \text{ мм.}$$

$$W_{[67...68]} = 0,8 + 1,14 + 0,32 = 2,26 \text{ мм.}$$

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\Delta_0 A_{[67...68]} = 0.$$

$$[68...67] = 0,2 + \frac{2,26}{2} - 0 = 1,33.$$

$$[67...68] = 1,33 \pm 1,13.$$

$$Z_{\max} = 2,46 \text{ мм.}$$

Размер заготовки (67...17):

$$(67...17) = (17...18) + (18...68) + [67...68] = 0,77 + 668,5 + 1,37 = 670,64.$$

$$(67...17) = 670,64 \pm 0,4 = 671^{+0,04}_{-0,36}.$$

$$[27...28] = (28...18) - (18...27) = 6^{+0,2} - ?^{+0,2}.$$

$$[27...28] = Z_{\min} + \frac{W_{[27...28]}}{2} - \Delta_0 A_{[27...28]}.$$

$$\Delta_0 A_{[27...28]} = 0.$$

$$Z_{\min} = 0,2 \text{ мм.}$$

$$W_{[27...28]} = 0,2 + 0,2 = 0,4.$$

$$[27...28] = 0,2 + \frac{0,4}{2} - 0 = 0,4.$$

$$[27...28] = 0,4 \pm 0,2.$$

$$Z_{\max} = 0,6 \text{ мм.}$$

Размер заготовки (18...27):

$$(18...27) = (28...18) - [27...28] = 6 - 0,4 = 5,6.$$

$$(18...27) = 5,6^{+0,2}.$$

$$[47...48] = (48...68) - (68...47) = 130^{+0,5} - ?^{+0,5}.$$

$$[47...48] = Z_{\min} + \frac{W_{[47...48]}}{2} - \Delta_0 A_{[47...48]}.$$

$$Z_{\min} = 0,2 \text{ мм.}$$

$$W_{[47...48]} = 0,5 + 0,5 = 1.$$

$$\Delta_0 A_{[47...48]} = 0.$$

$$[47...48] = 0,2 + \frac{1}{2} = 0,7.$$

$$[47...48] = 0,7 \pm 0,5$$

$$Z_{\max} = 1,2 \text{ мм.}$$

Размер заготовки (18...47):

$$(18...47) = (48...18) - [47...48] = 130 - 0,7 = 129,3.$$

$$(68...47) = 129,3^{+0,5} = 129,5^{+0,3}_{-0,2}.$$

$$[57...58] = (58...68) - (68...57) = 37_{-0,62} - ?_{-0,62}.$$

$$[57...58] = Z_{\min} + \frac{W_{[57...58]}}{2} - \Delta_0 A_{[57...58]}.$$

$$Z_{\min} = 0,2 \text{ мм.}$$

$$W_{[57...58]} = 0,62 + 0,62 = 1,24.$$

$$\Delta_0 A_{[57...58]} = 0.$$

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$[57...58] = 0,2 + 0,62 = 0,82.$$

$$[57...58] = 0,82 \pm 0,62.$$

$$Z_{\max} = 1,44 \text{ мм.}$$

Размер заготовки (68...57):

$$(68...57) = (58...68) - [57...58] = 37 - 0,82 = 36,18.$$

$$(68...57) = 36,18_{-0,62} = 36_{-0,44}^{+0,18}.$$

Диаметральные размерные цепи представлены на рисунках 13, 14.

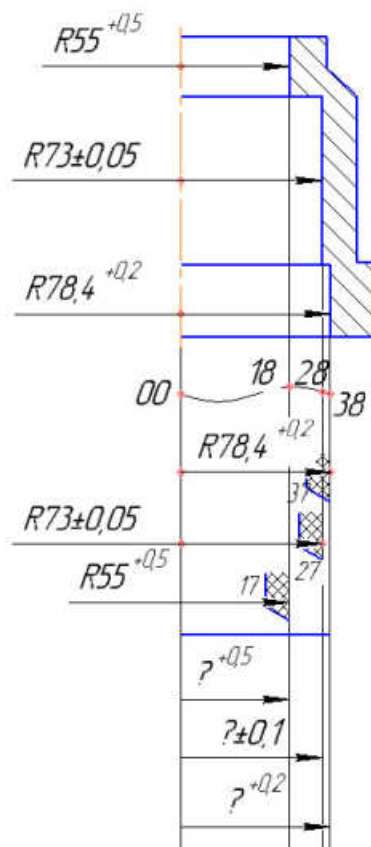


Рисунок 13 – Диаметральная размерная цепь

$$[17...18] = (18...00) - (00...17) = 55^{+0,5} - ?^{+0,5}.$$

$$[17...18] = Z_{\min} + \frac{W_{[17...18]}}{2} - \Delta_0 A_{[17...18]}.$$

$$Z_{\min} = 0,2 \text{ мм;}$$

$$W_{[17...18]} = 0,5 + 0,5 = 1.$$

$$\Delta_0 A_{[17...18]} = 0.$$

$$[17...18] = 0,2 + \frac{1}{2} - 0 = 0,7.$$

$$[17...18] = 0,7 \pm 0,5.$$

$$Z_{\max} = 1,2 \text{ мм.}$$

$$\text{Размер радиуса заготовки: } (00...17) = (18...00) - [17...18] = 55 - 0,7 = 54,3.$$

$$(00...17) = 54,3^{+0,5}$$

					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ

Диаметральный размер заготовки равен  $108,6^{+1}_{-0,4}$ .

$$[27...28] = (28...00) - (00...27) = 73 \pm 0,05 - ? \pm 0,1.$$

$$[27...28] = Z_{\min} + \frac{W_{[27...28]}}{2} - \Delta_0 A_{[27...28]}.$$

$$Z_{\min} = 0,2 \text{ мм.}$$

$$W_{[27...28]} = 0,1 + 0,2 = 0,3.$$

$$\Delta_0 A_{[27...28]} = 0.$$

$$[27...28] = 0,2 + \frac{0,3}{2} - 0 = 0,35 \pm 0,15.$$

$$Z_{\max} = 0,5 \text{ мм.}$$

Размер радиуса заготовки:  $(00...27) = (28...00) - [27...28] = 73 - 0,35 = 72,65$ .

$$(00...27) = 72,65 \pm 0,1.$$

Диаметральный размер заготовки равен  $145,3 \pm 0,2 = 145^{+0,5}_{+0,1}$ .

$$[37...38] = (38...00) - (00...37) = 78,4^{+0,2} - ?^{+0,2}.$$

$$[37...38] = Z_{\min} + \frac{W_{[37...38]}}{2} - \Delta_0 A_{[37...38]}.$$

$$Z_{\min} = 0,2 \text{ мм.}$$

$$W_{[37...38]} = 0,2 + 0,2 = 0,4.$$

$$\Delta_0 A_{[37...38]} = 0.$$

$$[37...38] = 0,2 + \frac{0,4}{2} - 0 = 0,4.$$

$$[37...38] = 0,4 \pm 0,2.$$

$$Z_{\max} = 0,6 \text{ мм.}$$

Размер радиуса заготовки:  $(00...37) = (38...00) - [37...38] = 78,4 - 0,4 = 78$ .

$$(00...37) = 78^{+0,2}.$$

Диаметральный размер заготовки равен  $156^{+0,4}$ .

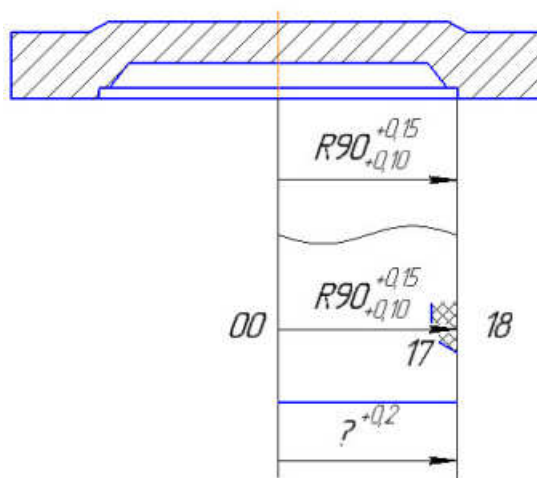


Рисунок 14 – Диаметральная размерная цепь

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



$$[17...18] = (18...00) - (00...17) = 90^{+0,15}_{+0,1} - ?^{+0,2}.$$

$$[17...18] = Z_{\min} + \frac{W_{[17...18]}}{2} - \Delta_0 A_{[17...18]}.$$

$$Z_{\min} = 0,2 \text{ мм};$$

$$W_{[17...18]} = 0,05 + 0,2 = 0,25.$$

$$\Delta_0 A_{[17...18]} = \frac{0,15+0,1}{2} - \frac{0,2+0}{2} = 0,125 - 0,1 = 0,025.$$

$$[17...18] = 0,2 + \frac{0,25}{2} + 0,075 = 0,2 + 0,125 - 0,025 = 0,3.$$

$$[17...18] = 0,3^{+0,15}_{-0,1}.$$

$$Z_{\max} = 0,45 \text{ мм}.$$

Размер радиуса заготовки:  $(00...17) = (18...00) - [17...18] = 90 - 0,3 = 89,7.$

$$(00...17) = 89,7^{+0,2}.$$

Диаметральный размер заготовки равен  $161,4^{+0,4} = 161^{+0,8}_{+0,4}.$

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

Эскиз детали «Стойка» с пронумерованными поверхностями представлен на рисунке 15.

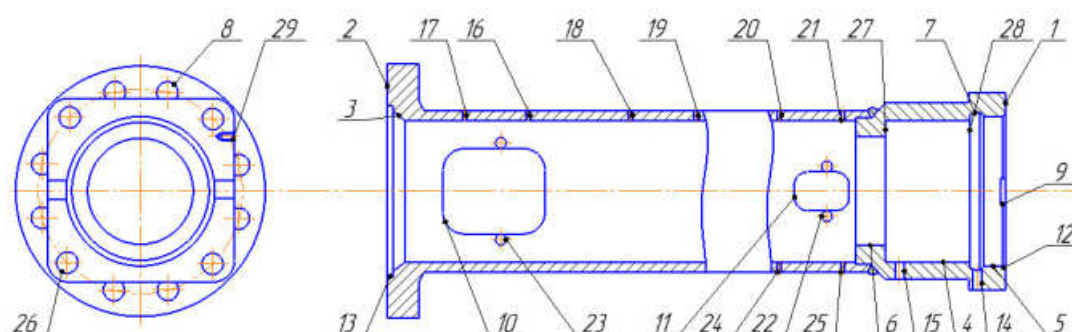


Рисунок 15 – Эскиз детали «Стойка» с пронумерованными поверхностям

Расчет режимов резания.

Для обработки торцов 1, 2 используем сборную фрезу фирмы PRAMET63A06R-S45OD05Dc пластинами PRAMETODMT 0504ZZN из двухкарбидного сплава 8230 (по маркировке фирмы PRAMET) идентичного сплаву T15K6 ГОСТ 3882-74.

Для обработки 2 торца максимальный припуск – 2,98 мм

Для обработки 2 торца необходимо получить размер  $668,5 \pm 0,5$  9-го качества. Заготовка 12 качества. По [1, стр. 174] для получения 9-го качества необходимы чистовая и отделочная стадии обработки.

По [1, стр. 176] для отделочной стадии выберем глубину резания. Для размера обрабатываемой поверхности  $200 \times 200$ , качества заготовки 12, качества детали 9, выполняемого размера  $668,5$  глубина резания не менее 0,95 мм.

Для чистовой стадии обработки глубина резания не менее 2,3 мм.

Для отделочной стадии обработки углеродистых сталей [1, стр. 182] диаметром фрезы 63 мм, числом зубьев фрезы  $Z = 6$ , шириной фрезерования 30 мм, глубиной резания 0,95 мм подача на зуб  $S_{zT} = 0,06$  мм/зуб.

Для чистовой стадии подача на зуб [1, стр. 181]  $S_{zT} = 0,08$  мм/зуб.

Поправочные коэффициенты на подачу для чистовой и отделочной стадий обработки [1, стр. 183] в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала  $K_{SM} = 1,3$ ;
- материала режущей части фрезы  $K_{Si} = 1$ ;
- отношения фактической ширины фрезерования к нормативной  $K_{SB} = 1,1$ ;
- главного угла в плане  $K_{S\phi} = 1,15$ ;
- способа крепления пластины и наличия покрытия  $K_{Sp} = 1$ ;
- схемы установки фрезы  $K_{Sc} = 1$ ;
- выбранного критерия износа фрезы  $K_{Sh_3} = 1$ ;
- в зависимости от группы обрабатываемости материала:  $K_{So} = 1$ .

Итоговый коэффициент:

$$K = K_{SM} K_{Si} K_{SB} K_{S\phi} K_{Sp} K_{Sc} K_{Sh_3} K_{So} = 1,3 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,64.$$

С учетом итогового коэффициента подача на зуб при отделочной стадии  $S_z = 1,64 \cdot 0,06 = 0,1$  мм/зуб;

При чистовой стадии подача на зуб  $S_z = 1,64 \cdot 0,08 = 0,13$  мм/зуб.

Скорость резания и мощность резания [1, стр. 189] при глубине резания 0,95 мм и подаче на зуб 0,1 мм для отделочной стадии:

$$V_T = 390 \text{ м/мин}, N_T = 1,8 \text{ кВт}.$$

Скорость резания и мощность резания при глубине резания 2,3 мм и подаче на зуб 0,13 мм/зуб для чистовой стадии:

$$V_T = 281 \text{ м/мин}, N_T = 14,8 \text{ кВт}.$$

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы [1, стр. 192] в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала:  $K_{VM} = 1,35$ ;  $K_{NM} = 0,8$ ;
- материала режущей части:  $K_{Vi} = 1$ ;
- состояния поверхности заготовки:  $K_{Vn} = K_{Nn} = 1$ ;
- главного угла в плане:  $K_{V\phi} = 1,1$ ;  $K_{N\phi} = 0,95$ ;
- отношения ширины фрезерования к диаметру фрезы:  $K_{VB} = 1,3$ ;  $K_{NB} = 0,7$ ;
- периода стойкости режущей части фрезы:  $K_{VT} = 1$ ;
- способа крепления пластины и наличия покрытия:  $K_{Vp} = 1$ ;
- наличия охлаждения:  $K_{Vж} = 1$ ;
- обрабатываемости материала:  $K_{Vo} = 1$ .

Итоговые коэффициенты скорости и мощности:

$$K_V = K_{VM} K_{Vi} K_{Vn} K_{V\phi} K_{VB} K_{VT} K_{Vp} K_{Vж} K_{Vo} = 1,35 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 =$$

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

= 1,93.

$$K_N = K_{N_M} K_{N_n} K_{N_\phi} K_{N_B} = 0,8 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 0,7 = 0,53.$$

С учетом итоговых коэффициентов для отделочной стадии обработки:

- скорость резания  $V_T = 390 \cdot 1,93 = 752,7$  м/мин,
- мощность резания  $N_T = 1,8 \cdot 0,53 = 0,95$  кВт.

Для чистовой стадии обработки:

- скорость резания  $V_T = 281 \cdot 1,93 = 542,33$  м/мин,
- мощность резания  $N_T = 14,8 \cdot 0,53 = 7,84$  кВт.

Частота вращения шпинделя для отделочной стадии обработки

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 752,7}{3,14 \cdot 63} = 3805 \text{ мин}^{-1}.$$

Частота вращения шпинделя для чистовой стадии обработки

$$n = \frac{1000 \cdot 542,33}{3,14 \cdot 63} = 2742 \text{ мин}^{-1}.$$

Длина врезания и перебега [1, стр. 330] при смещенной схеме установки фрезы для чистовой и отделочной стадий:  $(l_2 + l_3) = D + l_1 = 23$  мм.

Длина подвода для чистовой стадии:  $l_1 = 7$  мм;

Длина подвода для отделочной стадии:  $l_1 = 3$  мм.

Для обработки торца 1 необходимо получить размер 14 качества поэтому рассчитаем режимы резания для максимально возможного припуска 1,38 мм. Это черновое фрезерование за 1 проход.

Для черновой стадии обработки углеродистых сталей [1, стр. 182] диаметром фрезы 63 мм, числом зубьев фрезы  $Z = 6$ , шириной фрезерования 30 мм, глубиной резания 1,38 мм, 1-ой группы подач подача на зуб  $S_{zT} = 0,16$  мм/зуб.

Для черновой стадии обработки итоговый коэффициент на подачу такой же, как и для обработки торца 2:  $K_S = 1,64$ .

С учетом итогового коэффициента подача на зуб при черновой стадии  $S_z = 1,64 \cdot 0,16 = 0,26$  мм/зуб.

Скорость резания и мощность резания [1, стр. 189] при глубине резания 1,38 мм и подаче на зуб 0,26 мм/зуб:

$$V_T = 210 \text{ м/мин}, N_T = 9,9 \text{ кВт}.$$

Как и для торцевой поверхности 2, коэффициенты скорости и мощности будут такие же для торцевой поверхности 1:

$$K_V = 1,93; K_N = 0,53.$$

С учетом итоговых коэффициентов для черновой стадии обработки:

- скорость резания  $V_T = 210 \cdot 1,93 = 405,3$  м/мин,
- мощность резания  $N_T = 9,9 \cdot 0,53 = 5,25$  кВт.

Проверка выбранных режимов по мощности привода главного движения. Мощность привода главного движения станка – 22 кВт. Данные мощности не превышают этого значения.

Частота вращения шпинделя для черновой стадии обработки:

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 405,3}{3,14 \cdot 63} = 2049 \text{ мин}^{-1}.$$

Проверочный расчет по силам резания.

Силы резания для сталей [1, стр. 196] при диаметре фрезы 63, ширине фрезерования 30 мм, числе зубьев фрезы 6, глубине резания 1,38 мм и подаче на зуб 0,26 мм/зуб:

$$P_{yT} = 1900 \text{ Н}, P_{zT} = 5450 \text{ Н}.$$

Поправочные коэффициенты на силу резания [1, стр. 199] в зависимости от:

- материала режущей части:  $K_{pi} = 1$ ;
- главного угла в плане:  $K_{p\phi} = 1,1$ ;
- отношения фактической ширины фрезерования к нормативной:  $K_{pB} = 0,55$ ;
- отношения фактического числа зубьев фрезы к нормативному:  $K_{pz} = 1$ ;

С учетом этих коэффициентов итоговый коэффициент на силу резания  $K_p = K_{pi} K_{p\phi} K_{pB} K_{pz} = 1 \cdot 1,1 \cdot 0,55 \cdot 1 = 0,61$ .

С поправкой силы резания:

$$P_{yT} = 1900 \cdot 0,61 = 1159 \text{ Н}, P_{zT} = 3325 \text{ Н}.$$

Рассчитанные значения составляющих сил резания меньше, чем допускается механизмом подачи станка.

Длина врезания и перебега [1, стр. 330] при смещенной схеме установки фрезы:  $(l_2 + l_3) = 23 \text{ мм}$ .

Длина подвода:  $l_1 = 7 \text{ мм}$ .

Для обработки поверхностей 4, 5, 6, 13 используем сборную фрезу фирмы PRAMET40J4R090H40-CSD12X44с пластинами PRAMETS DMX 120508EN-M из двухкарбидного сплава 8230 (по маркировке фирмы PRAMET) идентичного сплаву Т15К6 ГОСТ 3882-74.

Фрезерование поверхности 6 концевой фрезой.

Определим необходимое количество стадий обработки. Поправочные коэффициенты на показатель числа стадий обработки [1, стр. 202] в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала:  $K_{\delta m} = 1,65$ ;
- числа зубьев фрезы:  $K_{\delta z} = 1$ ;
- отношения вылета фрезы к диаметру  $K_{\delta l} = 1$ ;
- отношения ширины фрезерования к диаметру  $K_{\delta B} = 1$ .

Показатель числа стадий обработки:

$$K_{co} = \delta K_{\delta m} K_{\delta z} K_{\delta l} K_{\delta B} = 1 \cdot 1,65 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,65.$$

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

При отношении минимального припуска к диаметру до 0,1 и отношении максимального припуска к диаметру до 0,1, показатель количества стадий обработки равен 0,1 [1, стр. 203]. Т.к.  $K_{co} = 1,65$  больше данного показателя, то обработка ведется за одну черновую стадию.

Глубина резания:

$$t = Z_{\max} \frac{2r - Z_{\max}}{2r - D} = 1,2 \frac{2 \cdot 55 - 1,2}{2 \cdot 55 - 40} = 1,87.$$

При произведении максимального припуска на ширину фрезерования до 140 мм<sup>2</sup> и диаметре фрезы до 50 мм коэффициент деления по рабочим ходам  $K_i = 1$ , глубина резания по рабочим ходам  $t_i = K_i t = 1,87$  [1, стр. 207].

Подача на зуб [1, стр. 213] при диаметре фрезы 50 мм, глубине резания до 6 мм, ширине фрезерования до 50 мм:  $S_{zT} = 0,09$  мм/зуб.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы [1, стр. 217] в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала:  $K_{S_m} = 1,2$ ;
- материала режущей части фрезы:  $K_{S_n} = 0,8$ ;
- отношения фактического числа зубьев к нормативному:  $K_{S_z} = 1$ ;
- отношения вылета фрезы к диаметру:  $K_{S_l} = 1$ .

Итоговый коэффициент  $K_S = 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,96$ .

Поправочная подача на зуб:  $S_z = K_S S_{zT} = 0,96 \cdot 0,09 \approx 0,09$  мм/зуб.

Допустимое значение подачи при заданной шероховатости [1, стр. 218]:  $S_z = 0,14$  мм/зуб. Полученная поправочная подача меньше подачи при заданной шероховатости, значит  $S_z = 0,09$  мм/зуб.

Подача на врезании на длине 3,2 мм должна быть снижена на 30%, т.е. при врезании будет подача  $S_z = 0,06$  мм/зуб.

Скорость фрезерования и мощность [1, стр. 220] при диаметре фрезы 40 мм, ширине фрезерования 40 мм, глубине фрезерования до 7 мм и подаче на зуб до 0,15 мм/зуб:

$$V_T = 32 \text{ м/мин}, N_T = 2,12 \text{ кВт}.$$

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы [1, стр. 221] в зависимости от:

- обрабатываемого материала:  $K_{V_o} = K_{N_o} = 1$ ;
- твердости обрабатываемого материала:  $K_{V_m} = 1,6, K_{N_m} = 0,65$ ;
- материала режущей части фрезы:  $K_{V_n} = K_{N_n} = 2,8$ ;
- периода стойкости режущей части фрезы:  $K_{V_T} = K_{N_T} = 1$ ;
- отношения фактической ширины фрезерования к нормативной:  $K_{V_B} = K_{N_B} = 1$ ;
- состояния поверхности заготовки  $K_{V_{\Pi}} = K_{N_{\Pi}} = 1$ ;
- наличия охлаждения:  $K_{V_{ж}} = K_{N_{ж}} = 1$ .

Итоговые коэффициенты скорости и мощности для измененных условий работы:

$$K_V = 4,48, K_N = 1,82.$$

Получаем скорость и мощность:

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- $V_T = 4,48 \cdot 32 = 143,36 \text{ м/мин}$ ;
- $N_T = 2,12 \cdot 1,82 = 3,86 \text{ кВт}$ .
- Частота вращения шпинделя для черновой стадии обработки:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 143,36}{3,14 \cdot 40} = 1141 \text{ мин}^{-1}.$$

Сделаем проверку по силам [1, стр. 230]. При диаметре фрезы до 63 мм, отношении глубины резания к диаметру до 0,3 и подаче на зуб до 0,12 мм/зуб  $P_{yT} = 1185 \text{ Н}$ ,  $P_{zT} = 3590 \text{ Н}$ .

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы [1, стр. 230] в зависимости от:

- группы обрабатываемости материала:  $K_{P_o} = 1$ ;
- твердости обрабатываемого материала:  $K_{P_m} = 0,6$ ;
- числа зубьев фрезы:  $K_{P_z} = 1$ ;
- ширины фрезерования:  $K_{P_b} = 2$ ;

Итоговый коэффициент для измененных условий работы:

$$K_P = K_{P_o} K_{P_m} K_{P_z} K_{P_b} = 1 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 2 = 1,2;$$

Итоговые силы резания:

$$P_y = K_P P_{yT} = 1185 \cdot 1,2 = 1422 \text{ Н}; P_{zT} = 3590 \cdot 1,2 = 4038 \text{ Н}.$$

Данные силы резания допускаются механизмом подачи станка.

Длина врезания и перебега [1, стр. 331] при смещенной схеме установки фрезы:  $(l_2 + l_3) = 13 \text{ мм}$ . Длина подвода  $l_1 = 7 \text{ мм}$ .

Фрезерование поверхности 4.

Показатель числа стадий обработки, как и при фрезеровании поверхности 6:  $K_{co} = 1,65$ .

При отношении минимального припуска к диаметру до 0,1 и отношении максимального припуска к диаметру до 0,1, показатель количества стадий обработки равен 0,1 [1, стр. 203]. Т.к.  $K_{co} = 1,65$  больше данного показателя, то обработка ведется за одну полустадийную стадию.

Глубина резания:

$$t = Z_{\max} \frac{2r - Z_{\max}}{2r - D} = 0,5 \frac{2 \cdot 73 - 0,5}{2 \cdot 73 - 40} = 0,69.$$

При произведении максимального припуска на ширину фрезерования до  $140 \text{ мм}^2$  и диаметре фрезы до 50 мм коэффициент деления по рабочим ходам  $K_i = 1$ , глубина резания по рабочим ходам  $t_i = K_i t = 0,69$  [1, стр. 207].

Подача на зуб [1, стр. 213] при диаметре фрезы 50 мм, глубине резания до 6 мм, ширине фрезерования до 50 мм:  $S_{zT} = 0,06 \text{ мм/зуб}$ .

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы такие же, как и для обработки поверхности 6. Итоговый коэффициент  $K_S = 0,96$ .

Поправочная подача на зуб:  $S_z = K_S S_{zT} = 0,96 \cdot 0,06 \approx 0,06 \text{ мм/зуб}$ .

Допустимое значение подачи при заданной шероховатости [1, стр. 218]:  $S_z = 0,08 \text{ мм/зуб}$ . Полученная поправочная подача меньше подачи при заданной шероховатости, значит  $S_z = 0,06 \text{ мм/зуб}$ .

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Скорость фрезерования и мощность [1, стр. 220] при диаметре фрезы 40 мм, ширине фрезерования 34 мм, глубине фрезерования до 7 мм и подаче на зуб до 0,08 мм/зуб:

$$V_T = 36 \text{ м/мин}, N_T = 1,53 \text{ кВт.}$$

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы такие же, как и для 6 поверхности.

Итоговые коэффициенты скорости и мощности для измененных условий работы:

$$K_V = 4,48, K_N = 1,82.$$

Получаем скорость и мощность:

$$- V_T = 4,48 \cdot 36 = 161,28 \text{ м/мин};$$

$$- N_T = 1,53 \cdot 1,82 = 2,78 \text{ кВт.}$$

Частота вращения шпинделя для черновой стадии обработки:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 161,28}{3,14 \cdot 40} = 1284 \text{ мин}^{-1}.$$

Сделаем проверку по силам [1, стр. 230]. При диаметре фрезы до 63 мм, отношении глубины резания к диаметру до 0,3 и подаче на зуб до 0,07 мм/зуб  $P_{yT} = 790 \text{ Н}$ ,  $P_{zT} = 2220 \text{ Н}$ .

Поправочные коэффициенты такие же, как и для поверхности 6. При этом силы меньше чем в прошлом случае. Значит, силы резания допускаются механизмом подач станка.

Длина врезания и перебега [1, стр. 331] при смещенной схеме установки фрезы:  $(l_2 + l_3) = 10 \text{ мм}$ . Длина подвода  $l_1 = 5 \text{ мм}$ .

Обработка поверхности 5.

Показатель числа стадий обработки, как и при фрезеровании поверхности 6:  $K_{co} = 1,65$ .

При отношении минимального припуска к диаметру до 0,1 и отношении максимального припуска к диаметру до 0,1, показатель количества стадий обработки равен 0,1 [1, стр. 203]. Т.к.  $K_{co} = 1,65$  больше данного показателя, то обработка ведется за одну черновую стадию.

Глубина резания:

$$t = Z_{\max} \frac{2r - Z_{\max}}{2r - D} = 0,6 \frac{2 \cdot 78,4 - 0,6}{2 \cdot 78,4 - 40} = 0,8.$$

При произведении максимального припуска на ширину фрезерования до 140 мм<sup>2</sup> и диаметре фрезы до 50 мм коэффициент деления по рабочим ходам  $K_i = 1$ , глубина резания по рабочим ходам  $t_i = K_i t = 0,8$  [1, стр. 207].

Подача на зуб [1, стр. 213] при диаметре фрезы 50 мм, глубине резания до 6 мм, ширине фрезерования до 50 мм:  $S_{zT} = 0,09 \text{ мм/зуб}$ .

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы такие же, как и для обработки поверхности 6. Итоговый коэффициент  $K_S = 0,96$ .

Поправочная подача на зуб:  $S_z = K_S S_{zT} = 0,96 \cdot 0,09 \approx 0,09 \text{ мм/зуб}$ .

Допустимое значение подачи при заданной шероховатости [1, стр. 218]:  $S_z = 0,14 \text{ мм/зуб}$ . Полученная поправочная подача меньше подачи при заданной шероховатости, значит  $S_z = 0,09 \text{ мм/зуб}$ .

Скорость фрезерования и мощность [1, стр. 220] при диаметре фрезы 40 мм, ширине фрезерования 37 мм, глубине фрезерования до 7 мм и подаче на зуб до 0,15 мм/зуб:

$$V_T = 32 \text{ м/мин}, N_T = 2,12 \text{ кВт.}$$

Скорость и мощность такие же, как и при фрезеровании поверхности 6. Также совпадают поправочные коэффициенты для измененных условий работы. Значит, получаем скорость и мощность:

$$- V_T = 4,48 \cdot 32 = 143,36 \text{ м/мин};$$

$$- N_T = 2,12 \cdot 1,82 = 3,86 \text{ кВт.}$$

Частота вращения шпинделя для черновой стадии обработки:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 143,36}{3,14 \cdot 40} = 1141 \text{ мин}^{-1}.$$

Проверка по силам такая же, как и при обработке поверхности 6.

Длина врезания и перебега [1, стр. 331] при смещенной схеме установки фрезы:  $(l_2 + l_3) = 10 \text{ мм}$ . Длина подвода  $l_1 = 5 \text{ мм}$ .

Фрезерование поверхности 13.

Показатель числа стадий обработки, как и при фрезеровании поверхности 6:  $K_{co} = 1,65$ .

При отношении минимального припуска к диаметру до 0,1 и отношении максимального припуска к диаметру до 0,1, показатель количества стадий обработки равен 0,1 [1, стр. 203]. Т.к.  $K_{co} = 1,65$  больше данного показателя, то обработка ведется за одну полустадийную стадию.

Глубина резания:

$$t = Z_{\max} \frac{2r - Z_{\max}}{2r - D} = 0,45 \frac{2 \cdot 90 - 0,45}{2 \cdot 90 - 40} = 0,58.$$

При произведении максимального припуска на ширину фрезерования до  $140 \text{ мм}^2$  и диаметре фрезы до 50 мм коэффициент деления по рабочим ходам  $K_i = 1$ , глубина резания по рабочим ходам  $t_i = K_i t = 0,58$  [1, стр. 207].

Подача на зуб [1, стр. 214] при диаметре фрезы 40 мм, глубине резания до 6 мм, ширине фрезерования до 10 мм:  $S_{zT} = 0,1 \text{ мм/зуб}$ .

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы такие же, как и для обработки поверхности 6. Итоговый коэффициент  $K_S = 0,96$ .

Поправочная подача на зуб:  $S_z = K_S S_{zT} = 0,96 \cdot 0,1 \approx 0,1 \text{ мм/зуб}$ .

Допустимое значение подачи при заданной шероховатости [1, стр. 218]:  $S_z = 0,08 \text{ мм/зуб}$ . Полученная поправочная подача больше подачи при заданной шероховатости, значит  $S_z = 0,08 \text{ мм/зуб}$ .

Скорость фрезерования и мощность [1, стр. 220] при диаметре фрезы 40 мм, ширине фрезерования 6 мм, глубине фрезерования до 7 мм и подаче на зуб до 0,08 мм/зуб:

$$V_T = 36 \text{ м/мин}, N_T = 1,53 \text{ кВт.}$$

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы такие же, как и для 4 поверхности. Также скорость и мощность совпадают, значит получаем скорость и мощность:

$$- V_T = 4,48 \cdot 36 = 161,28 \text{ м/мин};$$

$$- N_T = 1,53 \cdot 1,82 = 2,78 \text{ кВт}.$$

Частота вращения шпинделя для черновой стадии обработки:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 161,28}{3,14 \cdot 40} = 1284 \text{ мин}^{-1}.$$

Проверка по силам такая же, как и при обработке поверхности 4.

Длина врезания и перебега [1, стр. 331] при смещенной схеме установки фрезы:  $(l_2 + l_3) = 10 \text{ мм}$ . Длина подвода  $l_1 = 5 \text{ мм}$ .

Для обработки паза 7 используем сборную дисковую пазовую фрезу фирмы PRAMET100G10N-S90SN12N10 с пластинами PRAMETSNHQ 1207AZEN из двухкарбидного сплава 8230 (по маркировке фирмы PRAMET) идентичного сплаву T15K6 ГОСТ 3882-74.

Фрезерование паза 7.

При диаметре фрезы 100 мм, глубине резания до 10 мм и ширине фрезерования 12 мм подача  $S_{zT} = 0,033 \text{ мм/зуб}$  [1, стр. 244].

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы [1, стр. 253] в зависимости от:

- группы обрабатываемого материала:  $K_{S_o} = 1$ ;
- твердости обрабатываемого материала:  $K_{S_m} = 1,45$ ;
- отношения вылета оправки к диаметру оправки:  $K_{S_l} = 1$ ;

Итоговый коэффициент  $K_S = 1 \cdot 1,45 \cdot 1 = 1,45$ .

С учетом итогового коэффициента подача:

$$S_z = 1,45 \cdot 0,033 = 0,048 \text{ мм/зуб}.$$

При диаметре фрезы 100, глубине резания до 10 мм, подаче на зуб до 0,07 мм/зуб скорость резания и мощность будут равны [1, стр. 246]:

$$V_T = 25 \text{ м/мин}, N_T = 2,26 \text{ кВт}.$$

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от [1, стр. 257]:

- твердости обрабатываемого материала:  $K_{V_m} = 1,7, K_{N_m} = 0,7$ ;
- периода стойкости режущей части фрезы:  $K_{V_T} = 1$ ;
- отношения фактической ширины фрезерования к нормативной:

$$K_{V_B} = 1;$$

- отношения вылета оправки к диаметру оправки:  $K_{V_l} = 1$ ;
- состояния поверхности заготовки:  $K_{V_{\Pi}} = 1$ ;
- наличия охлаждения:  $K_{V_{ж}} = 1$ .

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Итоговые коэффициенты скорости и мощности:

$$K_V = 1,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,7;$$

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

Скорость и мощность с учетом этих коэффициентов:

$$V = 1,7 \cdot 25 = 42,5 \text{ м/мин}, \quad N = 0,7 \cdot 2,26 = 1,58 \text{ кВт}.$$

Данная мощность меньше максимальной мощности станка.

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 42,5}{3,14 \cdot 100} = 135 \text{ мин}^{-1}.$$

Для сверления отверстий 8, 26 используем сборное сверло PRAMET802D-21 с центральной пластиной PRAMETSCET 060204-UD и с периферийной пластиной PRAMETXPET 0206AP из двухкарбидного сплава 8230 (по маркировке фирмы PRAMET) идентичного сплаву T15K6 ГОСТ 3882-74. Также используем зенкер для сквозных отверстий 2320-2585d=22 ГОСТ 12489-71 из материала р6м5

Сверление поверхности 8 (12 отверстий).

При диаметре обрабатываемого отверстия 22, неподготовленном состоянии отверстия заготовки, шероховатости Ra 12,5 требуются переходы сверление, зенкерование чистовое.

При зенкерование чистовом, диаметре отверстия до 30 мм глубина резания  $t = 0,43 \text{ мм}$  [1, стр. 127].

Поправочный коэффициент на глубину резания  $K_t = 1,75$ . Значит, с учетом коэффициента глубина резания при зенкерование будет равна:

$$t = 0,43 \cdot 1,75 = 0,75 \text{ мм}.$$

Возьмем глубину резания зенкера  $t = 0,5 \text{ мм}$ . Тогда диаметр сверла будет равен:  $D_1 = D - 2t = 22 - 2 \cdot 0,5 = 21 \text{ мм}$ .

Для сверления при обрабатываемом материале углеродистые стали, отношении  $l/D$  до 3 мм, диаметре обрабатываемого отверстия до 25 мм, подача, скорость, осевая сила и мощность будут равны [1, стр. 129]:

$$S_{от} = 0,42 \text{ мм/об}, V_T = 17,6 \text{ м/мин}, P_T = 10665 \text{ Н}, N_T = 2,5 \text{ кВт}.$$

Для зенкерования при обработке углеродистых сталей, чистовой стадии обработки с подрезанием дна, диаметре обрабатываемого отверстия до 25 мм подача, скорость, осевая сила и мощность будут равны [1, стр. 132]:

$$S_{от} = 0,27 \text{ мм/об}, V_T = 39,3 \text{ м/мин}, P_T = 103 \text{ Н}, N_T = 1,06 \text{ кВт}.$$

Подача, скорость, мощность, сила с учетом коэффициентов для сверления [1, стр. 143]:

$$S = S_{от} K_{SM} = 0,42 \cdot 1,3 = 0,55 \text{ мм/об};$$

$$V = V_T K_{VM} K_{V3} K_{VЖ} K_{VT} K_{VП} K_{Vi} K_{Vl} K_{Vw} = 17,6 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 50,34 \text{ м/мин}.$$

$$N = \frac{N_T}{K_{NM}} = \frac{2,5}{1,3} = 1,92 \text{ кВт};$$

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$P = \frac{P_T}{K_{P_M}} = \frac{10665}{1,3} = 8204 \text{ Н.}$$

Подача, скорость, мощность, сила с учетом коэффициентов для зенкерования:

$$S = S_{o_T} K_{S_M} = 0,27 \cdot 1,3 = 0,35 \text{ мм/об};$$

$$V = V_T K_{V_M} K_{V_3} K_{V_ж} K_{V_T} K_{V_{П}} K_{V_H} K_{V_I} K_{V_w} = 39,3 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 45,98 \text{ м/мин.}$$

$$N = \frac{N_T K_{N_I}}{K_{N_M}} = \frac{1,06 \cdot 1,6}{1,3} = 1,3 \text{ кВт};$$

$$P = \frac{P_T K_{P_I}}{K_{P_M}} = \frac{103 \cdot 2}{1,3} = 158,46 \text{ Н.}$$

Осевые силы и мощности меньше, чем у станка.

Частота вращения шпинделя при сверлении:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 50,34}{3,14 \cdot 21} = 763 \text{ мин}^{-1}.$$

Частота вращения шпинделя при чистовом зенкерowaniu:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 45,98}{3,14 \cdot 22} = 666 \text{ мин}^{-1}.$$

Для сверления длина врезания и перебега [1, стр. 339]:  $(l_2 + l_3) = 10$  мм. Длина подвода  $l_1 = 5$  мм.

Для зенкерования с подрезкой дна длина врезания и перебега [1, стр. 339]:  $(l_2 + l_3) = 2$  мм. Длина подвода  $l_1 = 3$  мм.

Сверление поверхности 26 (4 отверстия).

Режимы резания в данном случае такие же, как и для обработки поверхности 8, так как используются те же инструменты для отверстия таким же диаметром.

Для обработки паза 9 и окон 10, 11 используем сборную концевую фрезу фирмы PRAMET20A3R032B20-SAP10D-C с пластинами PRAMETAPKT 1204 из двухкарбидного сплава 8230 (по маркировке фирмы PRAMET) идентичного сплаву T15K6 ГОСТ 3882-74.

Фрезерование паза 9.

При диаметре фрезы 20 мм, ширине фрезерования 7 мм, шероховатости обработанной поверхности 5, подача на зуб [1, стр. 215]:  $S_{z_T} = 0,07$  мм/зуб.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы [1, стр. 217] в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала:  $K_{S_M} = 1,2$ ;
- материала режущей части фрезы:  $K_{S_H} = 0,8$ ;
- отношения фактического числа зубьев к нормативному:  $K_{S_z} = 1$ ;
- отношения вылета фрезы к диаметру:  $K_{S_l} = 1$ .

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Итоговый коэффициент  $K_S = 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,96$ .

Поправочная подача на зуб:  $S_z = K_S S_{zT} = 0,96 \cdot 0,07 \approx 0,07$  мм/зуб.

Допустимое значение подачи при заданной шероховатости [1, стр. 218]:  $S_z = 0,11$  мм/зуб. Полученная поправочная подача меньше подачи при заданной шероховатости, значит  $S_z = 0,07$  мм/зуб.

Скорость фрезерования и мощность [1, стр. 228] при диаметре фрезы 20 мм, ширине фрезерования 7 мм и подаче на зуб до 0,07 мм/зуб:

$$V_T = 23 \text{ м/мин}, N_T = 0,63 \text{ кВт}.$$

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы [1, стр. 221] в зависимости от:

- обрабатываемого материала:  $K_{V_o} = K_{N_o} = 1$ ;
- твердости обрабатываемого материала:  $K_{V_m} = 1,6, K_{N_m} = 0,65$ ;
- материала режущей части фрезы:  $K_{V_{и}} = K_{N_{и}} = 2,8$ ;
- периода стойкости режущей части фрезы:  $K_{V_T} = K_{N_T} = 1$ ;
- отношения фактической ширины фрезерования к нормативной:  $K_{V_B} = K_{N_B} = 1$ ;
- состояния поверхности заготовки  $K_{V_{п}} = K_{N_{п}} = 1$ ;
- наличия охлаждения:  $K_{V_{ж}} = K_{N_{ж}} = 1$ .

Итоговые коэффициенты скорости и мощности для измененных условий работы:

$$K_V = 4,48, K_N = 1,82.$$

Получаем скорость и мощность:

- $V_T = 4,48 \cdot 23 = 103,04$  м/мин;
- $N_T = 1,82 \cdot 0,63 = 1,15$  кВт.

Частота вращения шпинделя для черновой стадии обработки:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 103,04}{3,14 \cdot 20} = 1641 \text{ мин}^{-1}.$$

Сделаем проверку по силам [1, стр. 230]. При диаметре фрезы до 63 мм, отношении глубины резания к диаметру до 0,3 и подаче на зуб до 0,12 мм/зуб  $P_{yT} = 1365$  Н,  $P_{zT} = 3885$  Н.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы [1, стр. 230] в зависимости от:

- группы обрабатываемости материала:  $K_{P_o} = 1$ ;
- твердости обрабатываемого материала:  $K_{P_m} = 0,6$ ;
- числа зубьев фрезы:  $K_{P_z} = 0,75$ ;
- ширины фрезерования:  $K_{P_B} = 0,5$ ;

Итоговый коэффициент для измененных условий работы:

$$K_P = K_{P_o} K_{P_m} K_{P_z} K_{P_B} = 1 \cdot 0,6 \cdot 0,75 \cdot 0,5 = 0,23;$$

Итоговые силы резания:

$$P_y = K_P P_{yT} = 1365 \cdot 0,23 = 314 \text{ Н}; P_{zT} = 3885 \cdot 0,23 = 894 \text{ Н}.$$

Данные силы резания допускаются механизмом подач станка.

Длина врезания [1, стр. 331] фрезы:  $l_2 = 10$  мм. Длина перебега  $l_3 = 15$  мм. Длина подвода  $l_1 = 5$  мм.

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Фрезерование окна 10. Снимать будем припуск 8 мм. Т.к. за один проход не обработать ширину фрезерования 10 мм, то снимать будем за 2 прохода по 6 мм.

При диаметре фрезы 20, глубине резания до 8 мм, ширине фрезерования до 10 мм, подача на зуб  $S_{zT} = 0,07$  мм/зуб [1, стр. 212].

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы [1, стр. 217] в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала:  $K_{S_m} = 1,2$ ;
- материала режущей части фрезы:  $K_{S_n} = 0,8$ ;
- отношения фактического числа зубьев к нормативному:  $K_{S_z} = 1$ ;
- отношения вылета фрезы к диаметру:  $K_{S_l} = 1$ .

Итоговый коэффициент  $K_S = 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,96$ .

Поправочная подача на зуб:  $S_z = K_S S_{zT} = 0,96 \cdot 0,07 \approx 0,07$  мм/зуб.

Скорость фрезерования и мощность [1, стр. 219] при диаметре фрезы 20 мм, глубине резания 8 мм и подаче на зуб до 0,1 мм/зуб:

$$V_T = 27 \text{ м/мин}, N_T = 1,39 \text{ кВт.}$$

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы такие же, как и для 4 поверхности. Значит получаем скорость и мощность:

- $V_T = 4,48 \cdot 27 = 120,96$  м/мин;
- $N_T = 1,39 \cdot 1,82 = 2,53$  кВт.

Частота вращения шпинделя для черновой стадии обработки:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 120,96}{3,14 \cdot 20} = 1926 \text{ мин}^{-1}.$$

Длина врезания и перебега [1, стр. 331]:  $(l_2 + l_3) = 15$  мм. Длина подвода  $l_1 = 5$  мм.

Фрезерование окна 11. Режимы резания такие же, как и при обработке окна 10.

Для сверления отверстий в районе поверхности 15 используем комбинированное сверло.

При обработке сталей, диаметре сверла до 10 мм, отношении  $l/D$  до 12, подача, скорость, осевая сила и мощность будут равны [1, стр. 129]:

$$S_{oT} = 0,13 \text{ мм/об}, V_T = 26 \text{ м/мин}, P_T = 1686 \text{ Н}, N_T = 0,5 \text{ кВт.}$$

Подача, скорость, мощность, сила с учетом коэффициентов для сверления [1, стр. 143]:

$$S = S_{oT} K_{S_m} = 0,13 \cdot 1,3 = 0,17 \text{ мм/об};$$

$$V = V_T K_{V_m} K_{V_z} K_{V_{ж}} K_{V_T} K_{V_{п}} K_{V_{и}} K_{V_l} K_{V_w} = 26 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 33,8 \text{ м/мин.}$$

$$N = \frac{N_T}{K_{N_m}} = \frac{0,5}{1,3} = 0,38 \text{ кВт};$$

$$P = \frac{P_T}{K_{P_M}} = \frac{1686}{1,3} = 1297 \text{ Н.}$$

Осевые силы и мощности меньше, чем у станка.

Частота вращения шпинделя при сверлении:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 33,8}{3,14 \cdot 8,9} = 1209 \text{ мин}^{-1}.$$

Для сверления длина врезания и перебега [1, стр. 329]:  $(l_2 + l_3) = 7,5$ .  
Длина подвода  $l_1 = 5,5$  мм.

Обработка штифтового отверстия. Для получения 7 качества необходимо сверление, зенкерование чистовое, развертывание получистовое.

При развертывании получистовом [1, стр. 127] глубина резания  $t_1 = 0,1$  мм, при зенкеровании чистовом глубина резания  $t_2 = 0,43$  мм.

Диаметры инструментов для каждого перехода:

- при сверлении:

$$D_1 = D_o - 2(t_1 + t_2) = 21 - 2(0,1 + 0,43) = 19,94.$$

- при зенкеровании чистовом:

$$D_2 = D_1 - 2t_1 = 21 - 2 \cdot 0,1 = 20,8.$$

- при развертывании получистовом:

$$D_3 = 21.$$

По ГОСТ 10903-77 возьмем сверло диаметром 19,75; зенкер диаметром 20,7 по ГОСТ 12489-71, развертку диаметром 21 по ГОСТ 1672-80. Материал у всех Р6М5.

Для сверления при обработке сталей, диаметре обрабатываемого отверстия до 20 мм, отношении  $l/D$  до 8 мм, подача, скорость, осевая сила и мощность будут равны [1, стр. 129]:

$$S_{o_T} = 0,3 \text{ мм/об}, V_T = 20 \text{ м/мин}, P_T = 6218 \text{ Н}, N_T = 1,45 \text{ кВт.}$$

Для чистового зенкерования, диаметре обрабатываемого отверстия до 25 мм, подача, скорость, осевая сила и мощность будут равны [1, стр. 132]:

$$S_{o_T} = 0,43 \text{ мм/об}, V_T = 28,4 \text{ м/мин}, P_T = 157 \text{ Н}, N_T = 1,03 \text{ кВт.}$$

Для получистового развертывания при диаметре обрабатываемого отверстия до 25 мм, подача, скорость, осевая сила и мощность будут равны [1, стр. 134]:

$$S_{o_T} = 0,85 \text{ мм/об}, V_T = 12,6 \text{ м/мин}, P_T = 20,7 \text{ Н}, N_T = 0,36 \text{ кВт.}$$

Подача, скорость, мощность, сила с учетом коэффициентов для сверления [1, стр. 143]:

$$S = S_{o_T} K_{S_M} = 0,3 \cdot 1,3 = 0,39 \text{ мм/об};$$

$$V = V_T K_{V_M} K_{V_3} K_{V_ж} K_{V_T} K_{V_{II}} K_{V_{II}} K_{V_I} K_{V_w} = 20 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 26 \text{ м/мин.}$$

$$N = \frac{N_T}{K_{N_M}} = \frac{1,45}{1,3} = 1,12 \text{ кВт};$$

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$P = \frac{P_T}{K_{PM}} = \frac{6218}{1,3} = 4784 \text{ Н.}$$

Подача, скорость, мощность, сила с учетом коэффициентов для зенкерования:

$$S = S_{oT} K_{SM} = 0,43 \cdot 1,3 = 0,56 \text{ мм/об;}$$

$$V = V_T K_{VM} K_{V3} K_{VЖ} K_{VT} K_{VP} K_{VH} K_{Vl} K_{Vw} = 28,4 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 33,23 \text{ м/мин.}$$

$$N = \frac{N_T K_{Nl}}{K_{NM}} = \frac{1,03 \cdot 1,6}{1,3} = 1,27 \text{ кВт;}$$

$$P = \frac{P_T K_{Pl}}{K_{PM}} = \frac{157 \cdot 2}{1,3} = 241,5 \text{ Н.}$$

Подача, скорость, мощность, сила с учетом коэффициентов для развертывания:

$$S = S_{oT} K_{SM} = 0,85 \cdot 1,3 = 1,1 \text{ мм/об;}$$

$$V = V_T K_{VM} K_{V3} K_{VЖ} K_{VT} K_{VP} K_{VH} K_{Vl} K_{Vw} = 12,6 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 13,1 \text{ м/мин.}$$

$$N = \frac{N_T K_{Nl}}{K_{NM}} = \frac{0,36 \cdot 2,53}{1,3} = 0,7 \text{ кВт;}$$

$$P = \frac{P_T K_{Pl}}{K_{PM}} = \frac{20,7 \cdot 2,8}{1,3} = 44,58 \text{ Н.}$$

Частота вращения шпинделя при сверлении:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 26}{3,14 \cdot 19,75} = 419 \text{ мин}^{-1}.$$

Частота вращения шпинделя при чистовом зенкерowaniu:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 33,23}{3,14 \cdot 20,7} = 511 \text{ мин}^{-1}.$$

Частота вращения шпинделя при получистовом развертывании:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 13,1}{3,14 \cdot 21} = 199 \text{ мин}^{-1}.$$

Для сверления длина врезания и перебега [1, стр. 329]:  $(l_2 + l_3) = 7,5$ .  
Длина подвода  $l_1 = 5,5$  мм.

Для зенкерования без подрезки дна длина врезания и перебега [1, стр. 329]:  $(l_2 + l_3) = 3$  мм. Длина подвода  $l_1 = 2$  мм.

Для развертывания без подрезки дна длина врезания и перебега [1, стр. 329]:  $(l_2 + l_3) = 19$  мм. Длина подвода  $l_1 = 3$  мм.

Для фрезерования фаски 12, а также фаски у штифтового отверстия используем фасочную фрезу фирмы PRAMETWELDON 16N2R027B16-SSD09-Адиаметром 16 мм.  $Z=2$ .

Подача на зуб  $S_z = 0,15$  мм/зуб.

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Скорость резания  $V = 150$  м/мин.

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 130}{3,14 \cdot 16} = 2588 \text{ мин}^{-1}.$$

Нарезание резьбы на поверхности 5гребенчатой фрезой 2672-0247 ГОСТ 1336-77 из быстрорежущей стали P6M5,  $D=32$  мм.

Глубина резания  $t=1,6$  мм.

При диаметре фрезы 32 мм, глубине резания до 8 мм, ширине фрезерования 37 мм подача на зуб  $S_{zT} = 0,08$  мм/зуб.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы [1, стр. 217] в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала:  $K_{S_m} = 1,2$ ;
- материала режущей части фрезы:  $K_{S_n} = 1$ ;
- отношения фактического числа зубьев к нормативному:  $K_{S_z} = 1$ ;
- отношения вылета фрезы к диаметру:  $K_{S_l} = 1$ .

Итоговый коэффициент  $K_S = 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,2$

Поправочная подача на зуб:  $S_z = K_S S_{zT} = 1,2 \cdot 0,08 \approx 0,1$  мм/зуб.

Допустимое значение подачи при заданной шероховатости [1, стр. 218]:  $S_z = 0,05$  мм/зуб. Полученная поправочная подача больше подачи при заданной шероховатости, значит  $S_z = 0,05$  мм/зуб.

Скорость фрезерования и мощность [1, стр. 220] при диаметре фрезы 32 мм, ширине фрезерования 37 мм, глубине фрезерования до 6 мм и подаче на зуб до 0,08 мм/зуб:

$$V_T = 35 \text{ м/мин}, N_T = 1,05 \text{ кВт}.$$

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы [1, стр. 221] в зависимости от:

- обрабатываемого материала:  $K_{V_o} = K_{N_o} = 1$ ;
- твердости обрабатываемого материала:  $K_{V_m} = 1,6, K_{N_m} = 0,65$ ;
- материала режущей части фрезы:  $K_{V_n} = K_{N_n} = 1$ ;
- периода стойкости режущей части фрезы:  $K_{V_T} = K_{N_T} = 1$ ;
- отношения фактической ширины фрезерования к нормативной:  $K_{V_B} = K_{N_B} = 1$ ;
- состояния поверхности заготовки  $K_{V_n} = K_{N_n} = 1$ ;
- наличия охлаждения:  $K_{V_{ж}} = K_{N_{ж}} = 1$ .

Итоговые коэффициенты скорости и мощности для измененных условий работы:

$$K_V = 1,6, K_N = 0,65.$$

Получаем скорость и мощность:

- $V_T = 1,6 \cdot 35 = 56$  м/мин;
- $N_T = 0,65 \cdot 1,05 = 0,68$  кВт.

Частота вращения шпинделя для черновой стадии обработки:

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 56}{3,14 \cdot 32} = 557 \text{ мин}^{-1}.$$

Длина врезания и перебега [1, стр. 331]:  $(l_2 + l_3) = 12$  мм. Длина подвода  $l_1 = 3$  мм.

Сверление поверхности 29 сверлом 2301-3561 ГОСТ 10903-77,  $d=6,8$  мм из быстрорежущей стали Р6М5. Используем только сверление, т.к. для получения резьбового отверстия М8-6Н по ГОСТ 19257-73 требуется сверло с диаметральный размером  $6,7^{+0,2}$  (12 квалитет), который может обеспечить только данное сверло.

Для сверления при обрабатываемом материале углеродистые стали, отношении  $l/D$  до 12 мм, диаметре обрабатываемого отверстия до 8 мм, подача, скорость, осевая сила и мощность будут равны [1, стр. 128]:

$$S_{oT} = 0,1 \text{ мм/об}, V_T = 28,3 \text{ м/мин}, P_T = 1154 \text{ Н}, N_T = 0,35 \text{ кВт}.$$

Подача, скорость, мощность, сила с учетом коэффициентов для сверления [1, стр. 143]:

$$S = S_{oT} K_{SM} = 0,1 \cdot 1,3 = 0,13 \text{ мм/об};$$

$$V = V_T K_{VM} K_{V3} K_{VЖ} K_{VT} K_{VП} K_{VИ} K_{V1} K_{Vw} = 28,3 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 36,79 \text{ м/мин}.$$

$$N = \frac{N_T}{K_{NM}} = \frac{0,35}{1,3} = 0,27 \text{ кВт};$$

$$P = \frac{P_T}{K_{PM}} = \frac{1154}{1,3} = 888 \text{ Н}.$$

Частота вращения шпинделя при сверлении:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 36,79}{3,14 \cdot 6,8} = 1723 \text{ мин}^{-1}.$$

Для сверления длина врезания и перебега [1, стр. 329]:  $(l_2 + l_3) = 5$  мм. Длина подвода  $l_1 = 3$  мм.

Для нарезания метрической резьбы в отверстии 29 используем стандартный машинный метчик 2621-1223 ГОСТ 3266-81 из быстрорежущей стали.

При шаге резьбы 1, диаметре резьбы М8 для материала сталь следующие режимы резания [1, стр. 136]:

$$V_T = 10,7, P_T = 5, N_T = 0,16, M_{крТ} = 0,4, M_{рТ} = 2,2.$$

Скорректируем данные режимы резания [1, стр. 142]:

$$- V = V_T K_{VM} K_{Vк} = 10,7 \cdot 1,3 \cdot 1 = 13,91 \text{ м/мин}.$$

$$- P = \frac{P_T}{K_{PM}} = \frac{5}{1,3} = 3,85 \text{ Н}.$$

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$- M_{кр} = \frac{M_{крТ}}{K_{М_м}} = \frac{0,4}{1,3} = 0,31 \text{ н/м.}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 13,91}{3,14 \cdot 8} = 554 \text{ мин}^{-1}.$$

Для резбонарезания длина врезания и перебега [1, стр. 329]:  $(l_2 + l_3) = 3 \text{ мм.}$  Длина подвода  $l_1 = 3 \text{ мм.}$

Сверление поверхности 14. Для того, чтобы в дальнейшем нарезать резьбу, требуется просверлить отверстие с диаметральным размером  $8,43^{+0,22}$ . Используем сверло 2301-3572 ГОСТ 10903-77. Режимы резания такие же, как и при обработке поверхности 15.

Для нарезания метрической резьбы в отверстиях 14, 15 используем стандартный машинный метчик 2621-1417 ГОСТ 3266-81 из быстрорежущей стали.

При шаге резьбы 1, диаметре резьбы М10 для материала сталь следующие режимы резания [1, стр. 136]:

$$V_T = 12,6, P_T = 4, N_T = 0,18, M_{крТ} = 0,5, M_{рТ} = 4,5.$$

Скорректируем данные режимы резания [1, стр. 142]:

$$V = V_T K_{V_M} K_{V_k} = 12,6 \cdot 1,3 \cdot 1 = 16,38 \text{ м/мин.}$$

$$P = \frac{P_T}{K_{р_м}} = \frac{4}{1,3} = 3,08 \text{ Н.}$$

$$M_{кр} = \frac{M_{крТ}}{K_{М_м}} = \frac{0,5}{1,3} = 0,38 \text{ н/м.}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 16,38}{3,14 \cdot 10} = 522 \text{ мин}^{-1}.$$

Для резбонарезания длина врезания и перебега [1, стр. 329]:  $(l_2 + l_3) = 3 \text{ мм.}$  Длина подвода  $l_1 = 3 \text{ мм.}$

На установе 2 сверление шести отверстий. Это отверстия под резьбу, режимы резания совпадают с режимами при обработке поверхности 15.

Нарезание резьбы М10 на шести отверстиях. Инструмент и режимы резания такие же, как и при нарезании резьбы на поверхностях 14, 15.

Сверление 10 отверстий диаметром 3,2 мм. Используем сверло 2300-6523 ГОСТ 10902-77.

Для сверления при обрабатываемом материале углеродистые стали, отношении  $l/D$  до 12 мм, диаметре обрабатываемого отверстия до 4 мм, подача, скорость, осевая сила и мощность будут равны [1, стр. 128]:

$$S_{оТ} = 0,05 \text{ мм/об, } V_T = 33 \text{ м/мин, } P_T = 355 \text{ Н, } N_T = 0,1 \text{ кВт.}$$

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Подача, скорость, мощность, сила с учетом коэффициентов для сверления [1, стр. 143]:

$$S = S_{oT} K_{SM} = 0,05 \cdot 1,3 = 0,065 \text{ мм/об};$$

$$V = V_T K_{VM} K_{V3} K_{VЖ} K_{VT} K_{VП} K_{Vи} K_{Vл} K_{Vw} = 33 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 42,9 \text{ м/мин.}$$

$$N = \frac{N_T}{K_{NM}} = \frac{0,1}{1,3} = 0,08 \text{ кВт};$$

$$P = \frac{P_T}{K_{PM}} = \frac{355}{1,3} = 273 \text{ Н.}$$

Частота вращения шпинделя при сверлении:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 42,9}{3,14 \cdot 21} = 651 \text{ мин}^{-1}.$$

Для сверления длина врезания и перебега [1, стр. 329]:  $(l_2 + l_3) = 5$  мм. Длина подвода  $l_1 = 3$  мм.

Составим итоговую таблицу 2 с режимами резания и длиной врезания, перебега и подвода.

Таблица 2 – Режимы резания, суммарная длина врезания, перебега и подвода при обработке детали стойка

Название переходов	Обрабатываемая поверхность	Стадии обработки	t, мм	S <sub>z</sub> , мм/зуб	V, м/мин	n, мин <sup>-1</sup>	l <sub>1</sub> +l <sub>2</sub> +l <sub>3</sub> , мм
Фрезерование торцев	2	чистовая	2,3	0,13	542,33	2742	30
		отделочная	0,95	0,1	752,7	3805	26
	1	черновая	1,38	0,26	405,3	2049	30
Фрезерование внутренней части	5	черновая	0,8	0,09	143,36	1141	15
	4	получист.	0,69	0,06	161,28	1284	15
	6	черновая	1,87	0,09	143,36	1141	20
	13	получист.	0,58	0,08	161,28	1284	15
Обработка паза	7	черновая	0,6	0,048	42,5	135	20
Сверление отверстий	8 (12 отв.)	сверление	10,5	0,55	50,34	763	15
		зенкер-е чистовое	0,5	0,35	45,98	666	5
	26 (4 отв.)	сверление	10,5	0,55	50,34	763	15
		зенкер-е чистовое	0,5	0,35	45,98	666	5
Фрезерование паза и окон	9	черновая		0,07	103,04	1641	30
	10	черновая	8	0,07	120,96	1926	20
	11	черновая	8	0,07	120,96	1926	20
Сверление отверстия	15	сверление		0,17	33,8	1309	13
Обработка штифтового отверстия		сверление	9,88	0,29	26	419	13
		зенкер-е чистовое	0,48	0,56	33,23	511	5
		разверт-е получист.	0,15	1,1	13,1	199	22
Фрезерование фасок	12			0,15	150	2588	5
	У штифт. отв.			0,15	150	2588	5

Резьба	5		1,6	0,05	56	557	12
Сверление	29		3,4	0,13	36,79	1723	8
Резьба	29		0,6	1	13,91	554	5

#### Окончание таблицы 2

Название переходов	Обрабатываемая поверхность	Стадии обработки	t, мм	S <sub>z</sub> , мм/зуб	V, м/мин	n, мин <sup>-1</sup>	l <sub>1</sub> +l <sub>2</sub> +l <sub>3</sub> , мм
Сверление	14		4,3	0,17	33,8	1309	8
Резьба	14		0,7	1	16,38	522	6
	15		0,7	1	16,38	522	6
Сверление шести отв.			4,3	0,17	33,8	1309	8
Резьба на шести отв.			0,7	1	16,38	522	6
Сверление 4 отверстий			1,6	0,065	42,9	651	8

Основное время автоматической работы станка по программе определяется по формуле:

$$T_o = \frac{l_0 + l_1 + l_2 + l_3}{S_m},$$

где  $l_0$  – длина обрабатываемой поверхности,  $l_1$  – длина подвода,  $l_2$  – длина врезания,  $l_3$  – длина перебега.

Рассчитаем для каждого перехода основное время.

Операция 005.

- Фрезерование торца 2, чистовая стадия обработки:

$$T_o = \frac{(200 \cdot 7 + 170) + 30}{0,13 \cdot 6 \cdot 2742} = 0,75 \text{ мин.}$$

- Фрезерование торца 2, отделочная стадия обработки:

$$T_o = \frac{(200 \cdot 7 + 170) + 30}{0,1 \cdot 6 \cdot 3805} = 0,7 \text{ мин.}$$

- Фрезерование торца 1:

$$T_o = \frac{(270 \cdot 9 + 240) + 26}{0,26 \cdot 6 \cdot 2049} = 0,84 \text{ мин.}$$

- Фрезерование 5 поверхности:

$$T_o = \frac{(3,14 \cdot 116,8 + 37) + 15}{0,09 \cdot 4 \cdot 1141} = 1,02 \text{ мин.}$$

- Фрезерование 4 поверхности:

$$T_o = \frac{(3,14 \cdot 106 + 93) + 15}{0,06 \cdot 4 \cdot 1284} = 1,43 \text{ мин.}$$

- Фрезерование 6 поверхности:

$$T_o = \frac{(3,14 \cdot 70 + 30) + 20}{0,09 \cdot 4 \cdot 1141} = 0,66 \text{ мин.}$$

- Фрезерование 13 поверхности:

$$T_o = \frac{(3,14 \cdot 140 + 6) + 15}{0,08 \cdot 4 \cdot 1284} = 1,12 \text{ мин.}$$



- Фрезерование паза 7:

$$T_o = \frac{3,14 \cdot 121,2 + 20}{0,048 \cdot 10 \cdot 135} = 6,18 \text{ мин.}$$

- Сверление поверхности 8 (12 отверстий):

$$T_o = \frac{(30 + 15) \cdot 12}{0,55 \cdot 763} = 1,29 \text{ мин.}$$

- Зенкерование чистовое поверхности 8 (12 отверстий):

$$T_o = \frac{(30 + 5) \cdot 12}{0,35 \cdot 666} = 1,8 \text{ мин.}$$

- Сверление поверхности 26 (4 отверстия):

$$T_o = \frac{(40 + 15) \cdot 4}{0,55 \cdot 763} = 0,52 \text{ мин.}$$

- Зенкерование чистовое поверхности 26 (4 отверстия):

$$T_o = \frac{(40 + 5) \cdot 4}{0,35 \cdot 666} = 0,77 \text{ мин.}$$

- Фрезерование паза 9:

$$T_o = \frac{43,2 + 30 \cdot 2}{0,07 \cdot 3 \cdot 1641} = 0,3 \text{ мин.}$$

- Фрезерование окна 10 (2 шт.):

$$T_o = 2 \cdot \frac{(90 \cdot 8 + 5) \cdot 2 + 20}{0,07 \cdot 3 \cdot 1926} = 7,27 \text{ мин.}$$

- Фрезерование окна 11:

$$T_o = \frac{(40 \cdot 3 + 5) \cdot 2 + 20}{0,07 \cdot 3 \cdot 1926} = 0,67 \text{ мин.}$$

- Сверление поверхности 15:

$$T_o = \frac{17 + 13}{0,17 \cdot 1309} = 0,13 \text{ мин.}$$

- Сверление штифтового отверстия

$$T_o = \frac{20 + 13}{0,29 \cdot 419} = 0,27 \text{ мин.}$$

- Зенкерование чистовое штифтового отверстия

$$T_o = \frac{20 + 5}{0,56 \cdot 511} = 0,09 \text{ мин.}$$

- Развертывание получистовое штифтового отверстия

$$T_o = \frac{20 + 22}{1,1 \cdot 199} = 0,19 \text{ мин.}$$

- Фрезерование фаски 12:

$$T_o = \frac{3,14 \cdot 144 + 5}{0,15 \cdot 2 \cdot 2588} = 0,59 \text{ мин.}$$

- Фрезерование фаски штифтового отверстия:

$$T_o = \frac{3,14 \cdot 5 + 5}{0,15 \cdot 2 \cdot 2588} = 0,03 \text{ мин.}$$

- Нарезание резьбы на поверхности 5:

$$T_o = \frac{(3,14 \cdot 128 + 25) + 12}{0,05 \cdot 8 \cdot 557} = 1,97 \text{ мин.}$$

- Сверление поверхности 29:

$$T_o = \frac{25 + 8}{0,13 \cdot 1723} = 0,15 \text{ мин.}$$

- Нарезание резьбы на поверхности 29:

$$T_o = \frac{25 + 5}{1 \cdot 557} = 0,05 \text{ мин.}$$

- Сверление поверхности 14:

$$T_o = \frac{27 + 8}{0,17 \cdot 1309} = 0,15 \text{ мин.}$$

- Нарезание резьбы на поверхности 14:

$$T_o = \frac{27 + 6}{1 \cdot 522} = 0,06 \text{ мин.}$$

- Нарезание резьбы на поверхности 15:

$$T_o = \frac{17 + 6}{1 \cdot 522} = 0,04 \text{ мин.}$$

Основное время на 005 операции:

$$T_o = 29,69 \text{ мин.}$$

Операция 010.

- Сверление шести отверстий:

$$T_o = 6 \cdot \frac{10 + 8}{0,17 \cdot 1309} = 0,49 \text{ мин.}$$

- Нарезание резьбы на шести отверстиях:

$$T_o = 6 \cdot \frac{10 + 6}{1 \cdot 522} = 0,18 \text{ мин.}$$

- Сверление десяти отверстий:

$$T_o = 10 \cdot \frac{8 + 8}{0,065 \cdot 651} = 3,78 \text{ мин.}$$

Основное время на 010 операции:

$$T_o = 4,45 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время рассчитывается по формуле:

$$T_v = T_{в.у.} + T_{в.оп.} + T_{в.изм.},$$

где  $T_{в.у.}$  – время на установку и снятие детали вручную или подъемником, мин;  $T_{в.оп.}$  – вспомогательное время, связанное с операцией (не вошедшее в управляющую программу), мин;  $T_{в.изм.}$  – вспомогательное непрерываемое время на измерения, мин.

Операция 005.

Деталь «стойка» устанавливается с помощью 2-х упоров на призмах

Определим вспомогательное время на установку и снятие детали. При основном элементе приспособления призма, массе детали до 80 кг, подъеме мостовым краном, горизонтальной установочной полосности время на установку и снятие детали[2, стр. 77]:

$$T = 2,4 \text{ мин.}$$

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Время на очистку приспособления от стружки:

$$T = 0,13 \text{ мин.}$$

Время на закрепление и открепление детали [2, стр. 78]:

$$T = 0,85 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время на установку и снятие детали:

$$T_{в.у.} = 2,4 + 0,13 + 0,85 = 3,38 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время, связанное с операцией [2, стр. 79]:

- установка заданного положения детали и инструмента по координатам X, Y, Z:  $T = 1,67 \cdot 2,3 = 3,84 \text{ мин.}$

- проверка прихода детали или инструмента в заданную точку после обработки:  $T = 0,12 \text{ мин.}$

- установка и снятие щитка от забрызгивания эмульсией:  $T = 0,04 \text{ мин.}$

$$T_{в.оп.} = 3,84 + 0,12 + 0,04 = 4 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время на контрольные измерения:

- время измерения штангенглубиномером:  $T = 0,11 \cdot 24 = 2,64 \text{ мин.}$  [2, стр. 81];

- время измерения штангенциркулем:  $T = 0,13 \cdot 12 = 1,56 \text{ мин}$  [2, стр. 84];

- время измерения нутромером индикаторным до 50 мм:  $T = 0,5 \text{ мин}$  [2, стр. 83];

- время измерения нутромером индикаторным до 200 мм:  $T = 0,13 + 0,19 + 0,13 = 0,45 \text{ мин}$  [2, стр. 83];

- время измерения калибр-пробкой резьбовой двусторонней:  $T = 0,5 \cdot 2 + 0,7 + 0,13 + 0,36 = 2,19 \text{ мин}$  [2, стр. 83];

- шаблон радиусный:  $T = 0,11 \cdot 2 = 0,22 \text{ мин}$  [2, стр. 80].

$$T_{в.изм.} = 2,64 + 1,56 + 0,5 + 0,45 + 2,19 = 7,34 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время на 005 операции:

$$T_{в.} = T_{в.у.} + T_{в.оп.} + T_{в.изм.} = 3,38 + 4 + 7,34 = 14,72 \text{ мин.}$$

Операция 010.

Деталь «стойка» закрепляется в тисках.

Определим вспомогательное время на установку и снятие детали. При установке в тисках с дополнительным креплением прижимными планками [2, стр. 64]:

$$T_{в.у.} = 5 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время, связанное с операцией [1, стр. 79]:

- установка заданного положения детали и инструмента по координатам X, Y, Z:  $T = 1,67 \cdot 2,3 = 3,84 \text{ мин.}$

- проверка прихода детали или инструмента в заданную точку после обработки:  $T = 0,12 \text{ мин.}$

- установка и снятие щитка от забрызгивания эмульсией:  $T = 0,04 \text{ мин.}$

$$T_{в.оп.} = 3,84 + 0,12 + 0,04 = 4 \text{ мин.}$$

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Вспомогательное время на контрольные измерения:

- время измерения калибр-пробкой резьбовой двусторонней:  $T = 6 \cdot 0.28 = 1,68$  мин;

- время измерения штангенциркулем:  $T = 9 \cdot 0,13 = 1,17$  мин.

$$T_{\text{в.изм.}} = 1,68 + 1,17 = 2,85 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время на 010 операции:

$$T_{\text{в}} = T_{\text{в.у.}} + T_{\text{в.оп.}} + T_{\text{в.изм.}} = 5 + 4 + 2,85 = 11,85 \text{ мин.}$$

Штучное время рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{шт}} = (T_{\text{ца}} + T_{\text{в}} \cdot K_{\text{тв}}) \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{\text{тех}} + \alpha_{\text{орг}} + \alpha_{\text{отл}}}{100}\right),$$

где  $T_{\text{ца}}$  – время цикла автоматической работы станка по программе, мин;  $T_{\text{ца}} = T_{\text{о}} + T_{\text{мв}}$ ,  $T_{\text{мв}}$  – машинно-вспомогательное время по программе;  $K_{\text{тв}}$  – поправочный коэффициент на время выполнения ручной вспомогательной работы в зависимости от партии обрабатываемых деталей;  $\alpha_{\text{тех}}$ ,  $\alpha_{\text{орг}}$ ,  $\alpha_{\text{отл}}$  – время на техническое и организационное время обслуживания места, на отдых и личные потребности, % от оперативного времени.

$$T_{\text{мв}} = T_{\text{мвх}} + T_{\text{мви}},$$

где  $T_{\text{мвх}}$  – машинно-вспомогательное время на холостые ходы,  $T_{\text{мви}}$  – машинно-вспомогательное время на смену инструмента

На 005 операции 17 смен инструмента.  $T_{\text{мви}} = 0,15 \cdot 17 = 2,55$  мин.

$$T_{\text{мвх}} = \frac{35 \cdot 1000 + 1050 + 1200 + 3,14 \cdot 230 + 800 + 150 \cdot 3 + 200}{17000} + \frac{300 + 600 + 950 + 85}{17000} = 2,43 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{мв}} = 2,55 + 2,43 = 4,98 \text{ мин.}$$

На 010 операции 2 смены инструмента.  $T_{\text{мви}} = 0,15 \cdot 2 = 0,3$  мин.

$$T_{\text{мвх}} = \frac{5000 + 700 + 700 + 200}{17000} = 0,39 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{мв}} = 0,3 + 0,39 = 0,69 \text{ мин.}$$

На 005 операции время цикла автоматической работы станка по программе:  $T_{\text{ца}} = 29,69 + 4,98 = 34,67$  мин.

На 010 операции время цикла автоматической работы станка по программе:  $T_{\text{ца}} = 4,45 + 0,69 = 5,14$  мин.

Для фрезерных станков [2, стр. 90] при длине стола до 3000 мм  $\alpha_{\text{тех}} + \alpha_{\text{орг}} + \alpha_{\text{отл}} = 10$ .

Штучное время на 005 операции:

$$T_{\text{шт}} = (34,67 + 14,72 \cdot 1) \cdot \left(1 + \frac{10}{100}\right) = 54,33 \text{ мин.}$$

Штучное время на 010 операции:

$$T_{\text{шт}} = (5,14 + 11,85 \cdot 1) \cdot \left(1 + \frac{10}{100}\right) = 18,69 \text{ мин.}$$

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Подготовительно-заключительное время определяется по формуле:

$$T_{пз} = T_{пз\ 1} + T_{пз\ 2} + T_{пр.обр},$$

где  $T_{пз}$  – норма времени на наладку и настройку станка, мин;  $T_{пз\ 1}$  – норма времени на организационную подготовку, мин;  $T_{пз\ 2}$  – норма времени на наладку станка, приспособления, инструмента, программных устройств, мин;  $T_{пр.обр}$  – норма времени на пробную обработку.

Время на организационную подготовку для фрезерных станков [2, стр. 102]:

- получить наряд, чертеж, технологическую документацию, программноноситель на рабочем месте:  $T = 4$  мин;

- в инструментально-раздаточной кладовой получить режущий и вспомогательный инструмент, контрольно-измерительный инструмент, приспособление, заготовки исполнителем до начала и сдать их после окончания обработки партии деталей:  $T = 14$  мин;

- ознакомиться с работой, чертежом, технологической документацией, осмотреть заготовки:  $T = 2$  мин;

- инструктаж мастера:  $T = 2$  мин.

$$T_{пз\ 1} = 4 + 14 + 2 + 2 = 22 \text{ мин.}$$

Время на наладку станка, приспособления, инструмента, программных устройств [2, стр. 102]:

- установить и снять приспособление краном с простой выверкой:  $T = 17$  мин.

- переместить шпиндель в зону, удобную для удобную для наладки:  $T = 0,8$  мин.

- установить исходные режимы работы станка:  $T = 0,4$  мин.

- установить и снять инструментальный блок:  $T = 0,35$  мин.

- установить исходные координаты  $X$  и  $Y$  по боковой поверхности:  $T = 4,5$  мин.

- настроить устройство для подачи СОЖ:  $T = 0,5$  мин.

$$T_{пз\ 2} = 17 + 0,8 + 0,4 + 0,35 + 4,5 + 0,5 = 23,55 \text{ мин.}$$

Время на пробную обработку детали [2, стр. 111]:  $T_{пр.обр} = 5,5$  мин.

Определим подготовительно-заключительное время:

$$T_{пз} = 22 + 23,55 + 5,5 = 51,05 \text{ мин.}$$

На 010 операции в  $T_{пз}$  включается:

- установить и снять приспособление краном с простой выверкой:  $T = 17$  мин.

$$T_{пз} = 17 \text{ мин.}$$

### 3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1 Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки

Проектирование технологической оснастки для операции 005 – Обработка по программе с ЧПУ.

Для операции 005 для базирования заготовки используются призмы. Одна призма будет под «бугель стойки», вторая призма под трубу.

Рабочие углы  $\alpha$  у обоих призм возьмем по  $120^\circ$ .

Для большей устойчивости заготовки используем также прижимы для крепления призм и саму деталь зафиксируем сверху трубы шпилькой, саму шпильку прикрепим двумя болтами к каждой из призм (рисунок 10).

При обработке боковых поверхностей используется горизонтальная головка. Высота от выходного отверстия до основания головки  $b=106$  мм,  $a=30$  мм зазора между головкой и основанием призмы. Наибольший диаметр боковой поверхности  $d=270$  мм, радиус  $c= d/2=135$  мм.

Найдем расстояние от оси до поверхности стола (рисунок 16):

$$H = a + b + c = 30 + 106 + 135 = 271 \text{ мм.}$$

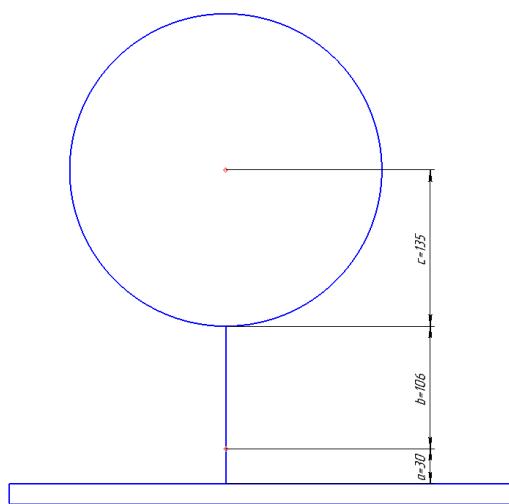


Рисунок 16 – Расстояние от оси до поверхности стола станка

Ширину призм будем принимать равной диаметру боковой прилегающей поверхности детали. Цилиндрическую поверхность будет касаться призмы по сере

Диаметр «бугеля стойки»  $D=180$  мм, значит ширина равна 180 мм расстояние от стола до оси стойки:  $H = 271$  мм, рабочий угол призмы  $\alpha = 120^\circ$ , ширина паза  $b=20$  мм, высота  $h=10$  мм.

В компасе сначала рисуем окружность с центром на расстоянии от основания призмы 271 мм, затем сторонами призмы касаемся окружности, расстояние от точки касания окружности до паза равно  $k/2$ , сторона призмы будет равна  $k$  (рисунок 17).

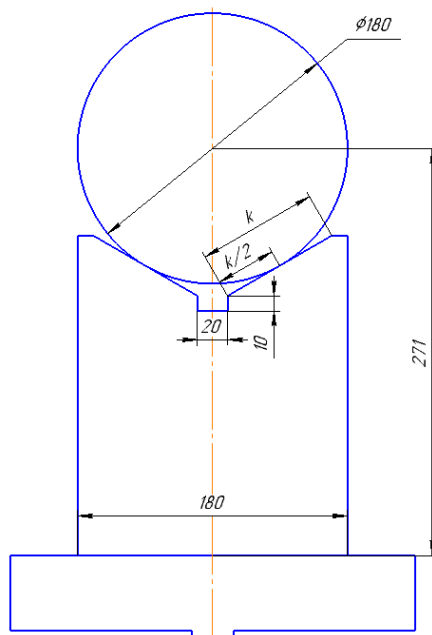


Рисунок 17 – Построение призмы

Итоговый чертеж призмы «бугеля стойки» представлен на рисунке 18.

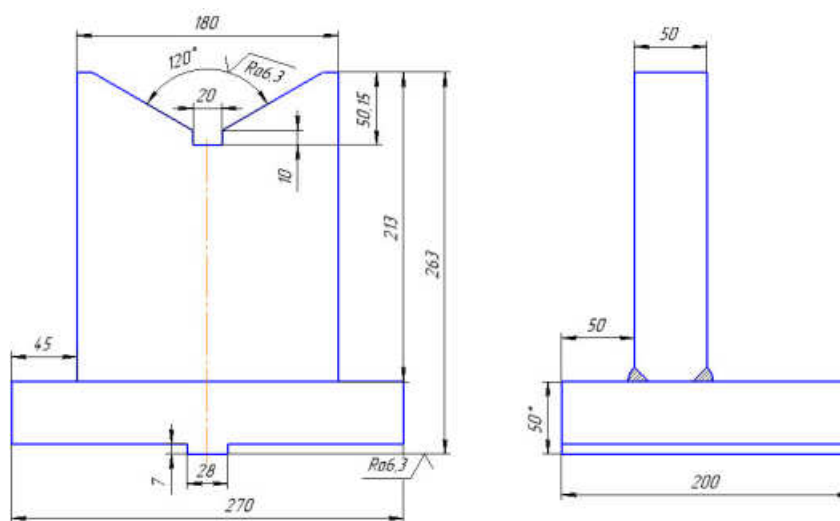


Рисунок 18 – Призма «бугеля стойки»

Диаметр трубы  $D=270$  мм, значит ширина равна 168 мм расстояние от стола до оси стойки:  $H = 271$  мм, рабочий угол призмы  $\alpha = 120^\circ$ , ширина паза  $b=20$  мм, высота  $h=10$  мм.

Построение призмы ведется аналогичным образом.

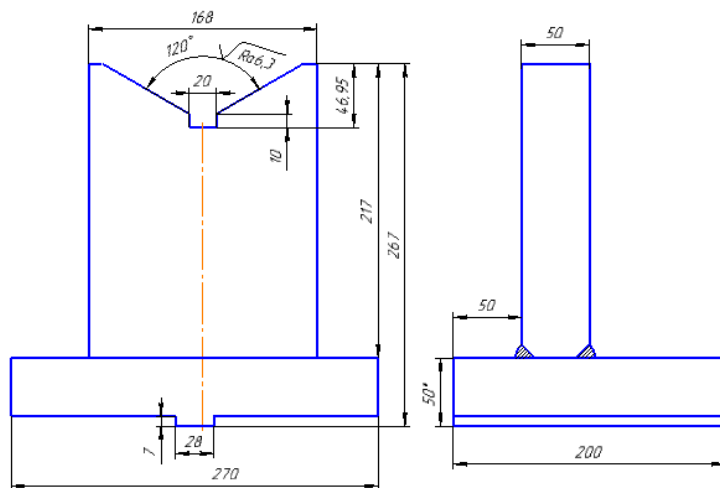


Рисунок 19 – Призма под трубу

На 010 сверлильную операцию выберем механизированные тиски:  
Тиски 7200-0226 ГОСТ 16518-86.

### 3.2 Проектирование и расчет специального станочного приспособления

Относительно первой части отсутствовали стандартные призмы, поэтому в ней уже показано проектирование призм.

Используем также стандартные тиски 7200-0226 ГОСТ 16518-86.

### 3.3 Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента

Для обработки торцов 1, 2 (см. рисунок 15) используем сборную фрезу фирмы PRAMET30A5R042B30-SAP10D-C (рисунок 20) с пластинами PRAMETODMT 0504ZZN из двухкарбидного сплава 8230 (по маркировке фирмы PRAMET) идентичного сплаву T15K6 ГОСТ 3882-74.

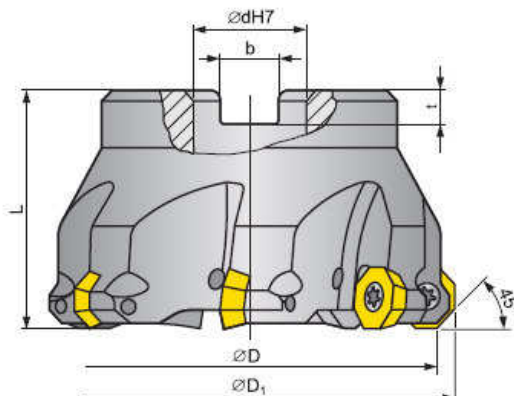


Рисунок 20 – Фреза PRAMET63A06R-S45OD05D ( $D=63$  мм;  $D_1=71$  мм;  $d=22$  мм;  $L=40$  мм;  $b=10,4$  мм;  $t=6,3$  мм;  $Z=6$ )

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Для обработки поверхностей 4, 5, 6, 13 используем сборную фрезу фирмы PRAMET40J4R090H40-CSD12X44 (рисунок 21) с пластинами PRAMETSDMX 120508EN-M из двухкарбидного сплава 8230 (по маркировке фирмы PRAMET) идентичного сплаву Т15К6 ГОСТ 3882-74.

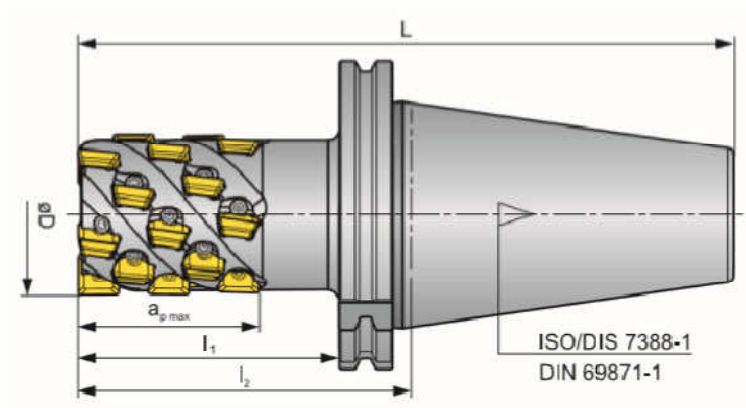


Рисунок 21 – Фреза PRAMET40J4R090H40-CSD12X44 ( $D=40$  мм;  $a_{p\max}=44,1$  мм;  $L=158,4$  мм;  $l_1=70$  мм;  $l_2=90$  мм;  $Z=4$ ;  $ZN=16$ )

Для обработки паза 7 используем сборную дисковую пазовую фрезу фирмы PRAMET100G10N-S90SN12N10 (рисунок 22) с пластинами PRAMETSNHQ 1207AZEN из двухкарбидного сплава 8230 (по маркировке фирмы PRAMET) идентичного сплаву Т15К6 ГОСТ 3882-74.

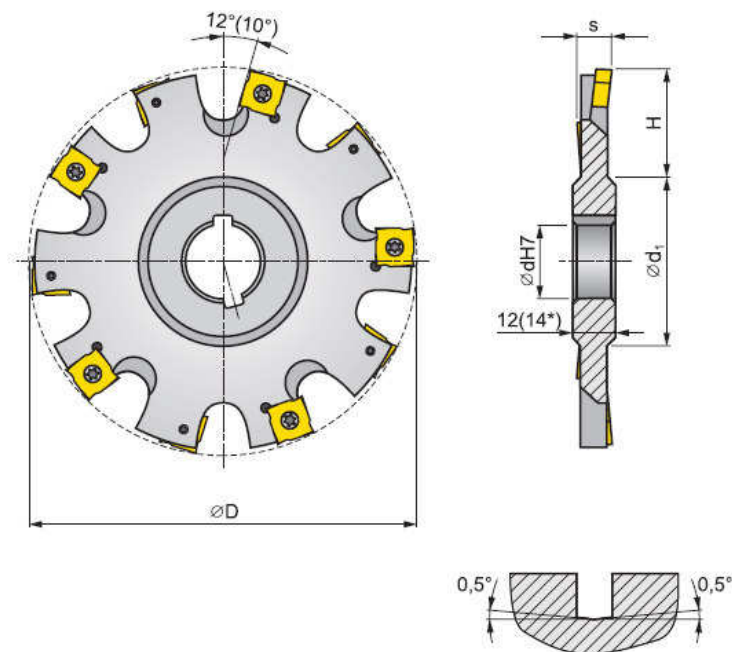


Рисунок 22 – Фреза PRAMET100G10N-S90SN12N10 ( $D=100\text{ мм}$ ;  $d_1=48\text{ мм}$ ;  $d=32\text{ мм}$ ;  $H=25\text{ мм}$ ;  $s=12\text{ мм}$ ;  $Z=10$ )

Для сверления отверстий 8, 26 используем сборное сверло PRAMET802D-21 (рисунок 23) с центральной пластиной PRAMETSCET 060204-UD и с периферийной пластиной PRAMETXPET 0206AP из двухкарбидного сплава 8230 (по маркировке фирмы PRAMET) идентичного сплаву Т15К6 ГОСТ 3882-74. Также используем зенкер для сквозных отверстий 2320-2585  $d=22$  ГОСТ 12489-71 из материала р6м5.

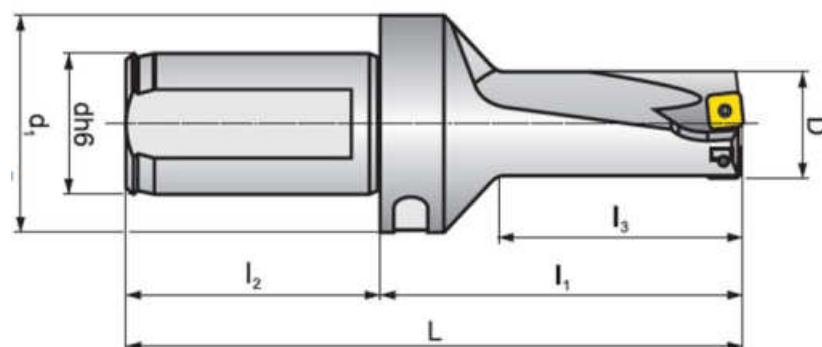


Рисунок 23 – Сверло PRAMET802D-21 ( $D=21\text{ мм}$ ;  $d=25\text{ мм}$ ;  $L=133\text{ мм}$ ;  $l_1=77\text{ мм}$ ;  $l_2=56\text{ мм}$ ;  $l_3=49,5\text{ мм}$ ;  $d_1=45\text{ мм}$ )

Для обработки паза 9 и окон 10, 11 используем сборную концевую фрезу фирмы PRAMET20A3R032B20-SAP10D-C (рисунок 24) с пластинами PRAMETAPKT 1204 из двухкарбидного сплава 8230 (по маркировке фирмы PRAMET) идентичного сплаву Т15К6 ГОСТ 3882-74.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ

Лист

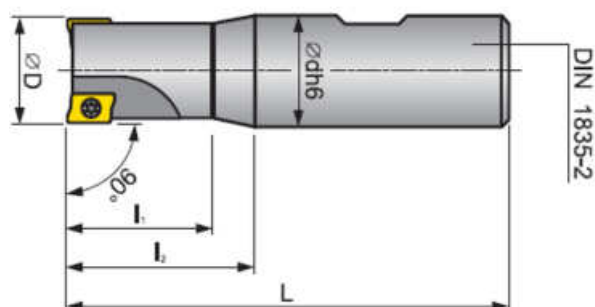


Рисунок 24 – Фреза PRAMET20A3R032B20-SAP10D-C ( $D=20\text{мм}$ ;  $d=20\text{мм}$ ;  $L_2=32\text{мм}$ ;  $L=82\text{мм}$ )

Для фрезерования фаски 12, а также фаски у штифтового отверстия используем фасочную фрезу фирмы PRAMET16N2R027B16-SSD09-A (рисунок 25).

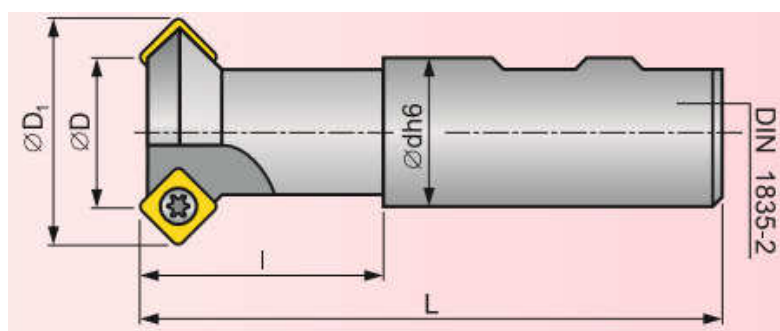


Рисунок 25 – Фреза PRAMET 16N2R027B16-SSD09-A ( $D=16\text{мм}$ ;  $D_1=28\text{мм}$ ;  $L=75\text{мм}$ ;  $Z=2$ ;  $l=27\text{мм}$ )

Нарезание резьбы на поверхности 5 гребенчатой фрезой 2672-0247 ГОСТ 1336-77 (рисунок 26) из быстрорежущей стали Р6М5.

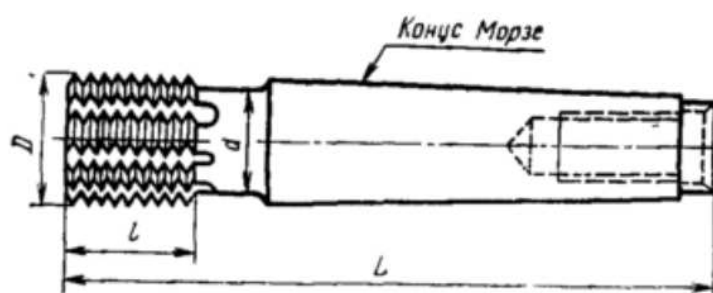


Рисунок 26 – Гребенчатая фреза 2672-0247 ГОСТ 1336-77 ( $D=32\text{мм}$ ;  $d=22\text{мм}$ ;  $L=152\text{мм}$ ;  $l=48\text{мм}$ ;  $p=3\text{мм}$ ;  $Z=8$ )

Сверление поверхности 29 сверлом 2301-3561 ГОСТ 10903-77 (рисунок 27) из быстрорежущей стали Р6М5.

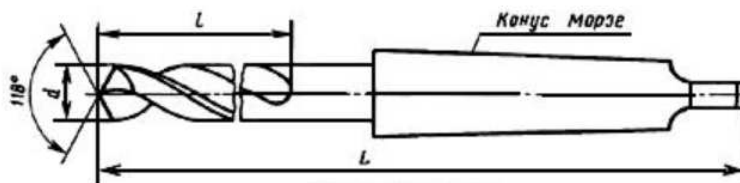


Рисунок 27 – Сверло 2301-3561 ГОСТ 10903-77 ( $d=6,8\text{мм}$ ;  $l=69\text{мм}$ ;  $L=150\text{мм}$ )

Для нарезания метрической резьбы в отверстии 29 используем стандартный машинный метчик 2621-1223 ГОСТ 3266-81 (рисунок 28) из быстрорежущей стали Р6М5.

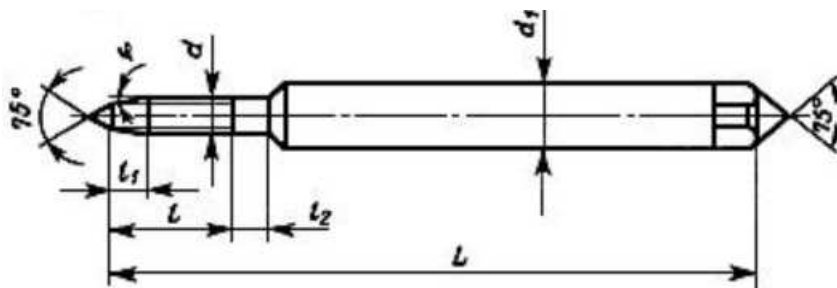


Рисунок 28 – Метчик 2621-1223 ГОСТ 3266-81 ( $d=8\text{мм}$ ;  $P=1,25$ ;  $L=72\text{мм}$ ;  $l=22\text{мм}$ ;  $l_1=2,5\text{мм}$ ;  $\varphi=18^\circ$ )

Сверление 10 отверстий диаметром 3,2 мм. Используем сверло 2300-6523 ГОСТ 10902-77 (рисунок 29).

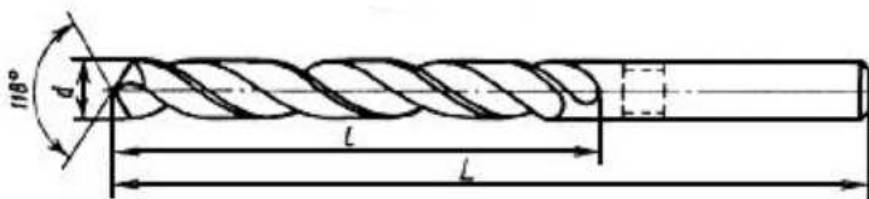


Рисунок 29 – Сверло 2300-6523 ГОСТ 10902-77 ( $d=3,2\text{мм}$ ;  $L=65\text{мм}$ ;  $l=36\text{мм}$ )

### 3.4 Проектирование и расчет специального режущего инструмента

Для обработки отверстия (рисунок 30) с резьбой М10х1-6Н и уступом диаметром 20мм и глубиной 2мм используются три инструмента:

- спиральное сверло;
- зенкер для формирования прямоугольных уступов;
- машинный метчик.

Использование сразу трех инструментов замедляет обработку детали и увеличивает ее штучное и вспомогательное время. Для повышения производительности спроектируем комбинированный режущий инструмент – комбинированное сверло.

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

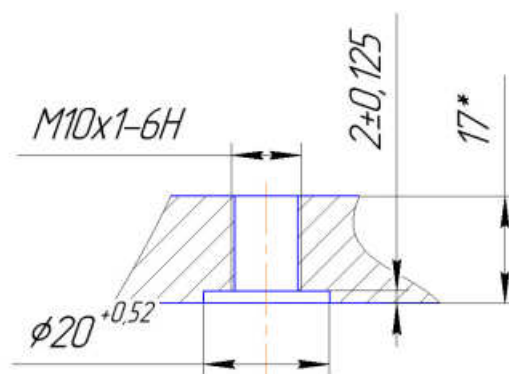


Рисунок 30 – Обрабатываемое отверстие

Согласно ГОСТ 1925-73 под резьбу M10x1-6H сверлится отверстие диаметром 8,9мм. Следовательно, поскольку и сверло и зенкер являются мерными инструментами, то есть они переносят свой размер на обрабатываемые поверхности, сверло будет иметь в диаметре 8,9мм, а зенкер – 20мм. Эскиз отверстия, которое будет обрабатывать проектируемый комбинированный режущий инструмент представлен на рисунке 31.

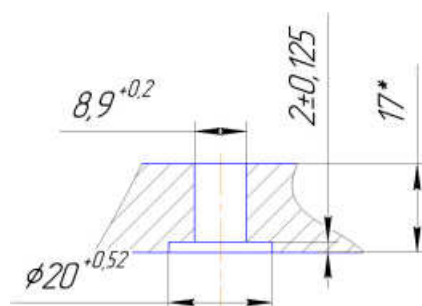


Рисунок 31 – Эскиз отверстия под проектируемое комбинированное сверло

Для отверстий с диаметром более 19 в современном конкурентоспособном применяется сборный инструмент со сменными многогранными пластинами (СМП), поэтому для формирования уступа с диаметром 20 целесообразно использовать СМП. Для отверстий с диаметром менее 19мм используется цельный инструмент, поскольку создание пластин для инструмента такого размера, а также узлов крепления к ним экономически не целесообразно, поэтому отверстие с диаметром 8,9мм будет обрабатываться цельным инструментом. Применение на одном инструменте цельной и сборной части не целесообразно, поскольку основным достоинством СМП является быстрая смена режущей части и отсутствие необходимости ее переточки. Так как в инструменте присутствует цельная часть, его в любом случае придется перетачивать, поэтому быстросменность СМП потеряет свою актуальность. Исходя из рассмотренных достоинств и

недостатков конструкций сверла-зенкера с СМП и без для проектирования выберем цельный инструмент.

За основу основной части, обрабатывающей отверстие с диаметром 8,9мм возьмем сверло 2300-0202 ГОСТ 10902-77 (рисунок 32).



Рисунок32 – Сверло спиральное 2300-0202 ГОСТ 10902-77 (d=8,9мм; l=81мм;L=125мм)

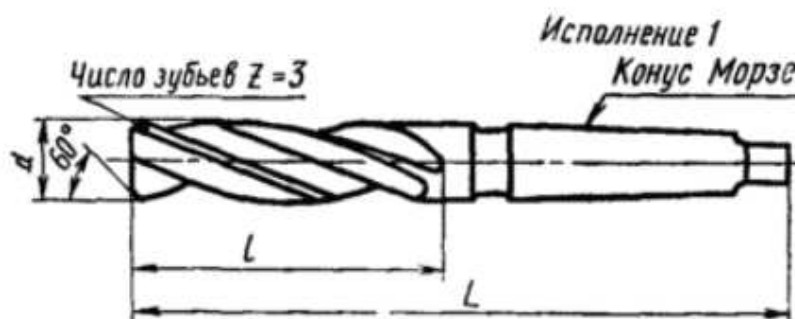


Рисунок33 – Зенкер цельный 2320-2581 ГОСТ 12489-71 (d=20,00мм; l=140мм;L=238мм)

В качестве материала проектируемого инструмента принимаем быстрорежущую сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73, так как сталь данного вида проще обрабатывается, чем твердые сплавы, а в нашем случае при производстве сверла-зенкера присутствуют трудоемкие операции фрезерования, также механические свойства данной стали позволяют обрабатывать данную деталь из углеродистой стали.

Необходимо определить параметры конического хвостовика Морзе.

Для начала определим режимы резания по нормативам [3].

Подачу находим по [3, табл. 27, с.433]:

$$S = 0,3 \text{ мм/об.}$$

По [3, табл. 28-30] находим коэффициенты для определения скорости резания.

$$\text{Скорость резания } v = 28 \text{ м/мин.}$$

Определим осевую силу, действующую на сверло.

$$P_x = 9,81 C_p D^{x_p} S^{y_p} K_{M_p}$$

По [3, табл. 31, с. 436] найдем коэффициент:

$$K_{M_p} = (\sigma^B / 75)^{0,75} = (42 / 75)^{0,75} = 0,56^{0,75} = 0,65$$

$$P_x = 9,81 \cdot 66 \cdot 9,4 \cdot 0,4^{0,7} \cdot 0,65 = 2083 \text{ Н}$$

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Момент сил сопротивления резанию (крутящий момент) равен:

$$M_{cp} = 9,81 C_M D_m^{z_m} s^{y_m} K_{Mm}$$

По [3, табл. 31, с. 436] найдем коэффициенты:

$$C_M = 0,0285$$

$$z_m = 1,8$$

$$y_m = 0,8$$

$$K_{Mm} = (\sigma^B / 75)^{0,75} = (42 / 75)^{0,75} = 0,56^{0,75} = 0,65$$

$$M_{cp} = 9,81 \cdot 0,0285 \cdot 23,9^{1,8} \cdot 0,4^{0,8} \cdot 0,65 = 26,44 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Определим момент трения между втулкой и хвостовиком:

$$M_{tp} = \frac{\mu P_x (D_1 + d_2)}{4 \sin \theta} (1 - 0,4 \Delta \theta)$$

Приравняем момент трения к максимальному моменту сил сопротивления резанию, то есть к моменту, создающемуся при работе затупившимся сверлом, который увеличивается до 3 раз по сравнению с моментом, принятым для нормальной работы сверла.

Следовательно:

$$3M_{cp} = M_{tp} = \frac{\mu P_x (D_1 + d_2)}{4 \sin \theta} (1 - 0,4 \Delta \theta).$$

Средний диаметр хвостовика равен:

$$d_{cp} = \frac{D_1 + d_2}{2}$$

Или

$$d_{cp} = \frac{6 M_{cp} \sin \theta}{\mu P_x (1 - 0,4 \Delta \theta)}$$

Коэффициент трения стали по стали  $\mu = 0,096$ .

Половина угла конуса  $\theta = 1^\circ 26' 16''$ .

Отклонение угла конуса  $\Delta \theta = 5'$ .

$$d_{cp} = \frac{6 \cdot 26,44 \cdot \sin 1^\circ 26' 16''}{0,096 \cdot 2083 \cdot (1 - 0,4 \cdot 5)} = 15,32 \text{ мм}$$

Выбираем хвостовик по ГОСТ 25557-82 с ближайшим большим средним диаметром ( $D_{cp} = 16 \text{ мм}$ ) Морзе 2 АТ8 (рисунок 34).

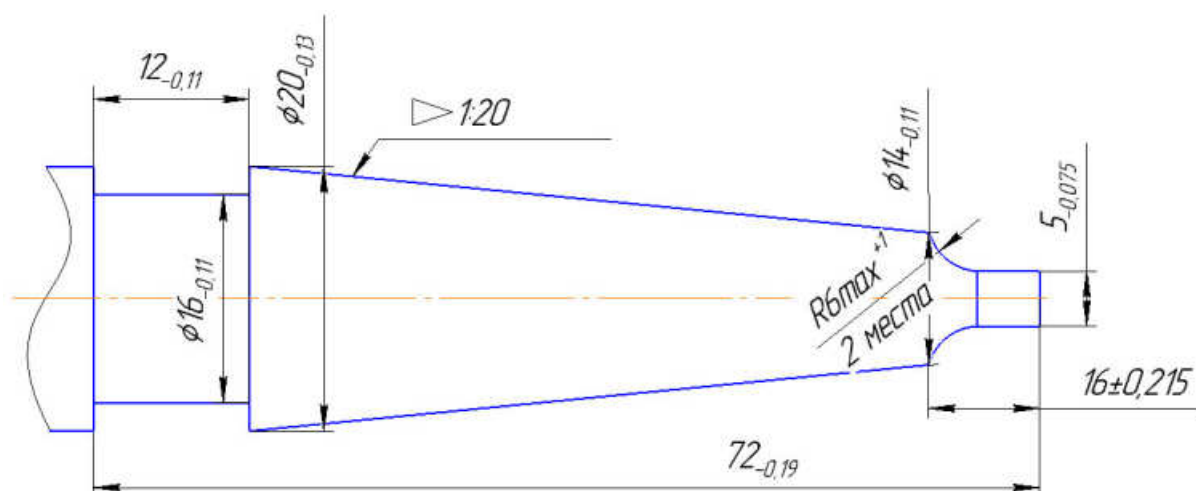
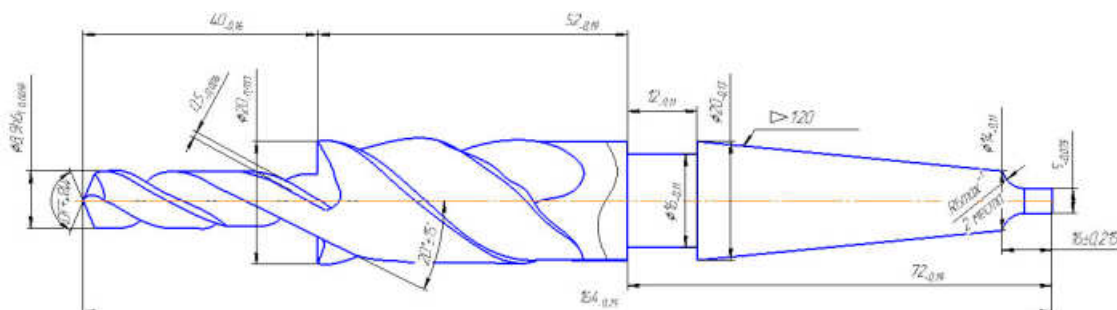


Рисунок 34 – Конус Морзе 2 АТ8 ГОСТ 25557-82

Чертеж спроектированного режущего инструмента представлен на рисунке 35 и в приложении 2.



### 3.5 Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля

Так как у итоговой детали стойка линейные размеры не ниже 14 квалитета, то контролировать их будем штангенциркулями. Точные диаметральные размеры, а также отклонения от цилиндричности, круглости будем проверять при помощи нутромеров индикаторных. Контроль резьбы будем осуществлять при помощи калибр-пробок.

На операции 005 – Фрезерная с ЧПУ используются следующие стандартные измерительные инструменты:

Для контроля линейных и диаметральных размеров на фрезерной операции с ЧПУ используются:

- ШЦ-III-500-0,1 ГОСТ 166;
- ШЦ-III-250-800-0,1 ГОСТ 166;
- нутромер НИ 18-50-2 ГОСТ 868-82;
- калибр-пробка М10×1 7Н ПР-НЕ;
- калибр пробка М160×3 6Н ПР;
- калибр пробка М160×3 6Н НЕ;
- ШГ-160-0,1 ГОСТ 162.
- нутромер НИ 100-160-2 ГОСТ 868-82;
- нутромерНИ 160-250-2 ГОСТ 868-82;
- калибр-пробка М8×1 6Н ПР-НЕ.

На радиально сверлильной операции используется:

- калибр-пробка М10×1 6Н ПР-НЕ.



## 4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

### 4.1 Анализ возможных направлений по автоматизации технологического процесса изготовления детали

#### 4.1.1 Наличие в технологическом процессе слесарных, универсальных или специальных операций

В технологическом процессе детали «Стойка» отсутствуют слесарные операции, а значит не потребуется транспортировка детали на слесарный участок, что не мешает автоматизации технологического процесса.

Также нет специального инструмента.

Есть специальные и универсальные средства контроля, также маркировочная операция, контроль правильности нанесения маркировки и консервация.

Относительно данного пункта возможна частичная автоматизация.

#### 4.1.2 Возможность встраивания основного оборудования в ГПС

Для обработки детали «Стойка» применяется современный порталный фрезерный обрабатывающий центр «WeleLB321M». Данный станок оснащен:

- системой контроля температуры шпинделя и коробки передач;
- регулируемым пределом крутящего момента (3 оси);
- централизованной системой смазки;
- системой подачи СОЖ в рабочей зоне (помпа и резервуар);
- резервуаром для очистки смазочного масла для трех осей;
- конвейером гусеничного типа для удаления стружки из рабочей зоны, корзиной для стружки.

Исходя из этого, данный обрабатывающий центр возможно встроить в ГПС. Он обладает возможностью опциональной модернизации. Данный станок возможно оборудовать системой автоматизированного открывания-закрывания дверей.

Обрабатывающий центр не нуждается в паллете для обработки данной детали.

#### 4.1.3 Концентрация переходов на операциях механической обработки

Для обработки детали «Стойка» переходы максимально сконцентрированы. В технологическом процессе всего 2 операции механической обработки, которые объединить между собой нельзя.

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

#### 4.1.4 Габаритные размеры детали

Устанавливать деталь «Стойка» на станок возможно с помощью промышленного робота. Габариты детали изображены на рисунке 36.

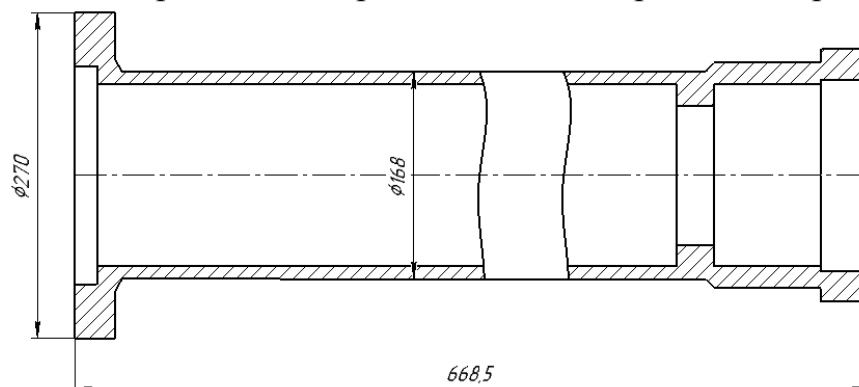


Рисунок 36 – Габариты детали «Стойка»

#### 4.1.5 Наличие поверхностей для захвата

В качестве поверхности для захвата служит цилиндрическая поверхность трубы, корпуса бугельного узла. Поэтому есть возможность использования вспомогательного оборудования для перемещения и установки детали в станок, склад.

Таким образом, возможно добиться внедрения автоматизированного технологического процесса обработки детали «Стойка».

#### 4.2 Разработка структурной схемы гибкого производственного участка

Маршрутный технологический процесс обработки детали «Стойка»:

- операция 005 – Фрезерная с ЧПУ;
- операция 010 – Сверлильная с ЧПУ.

Операционные эскизы данного технологического процесса представлены на рисунках 37–40.

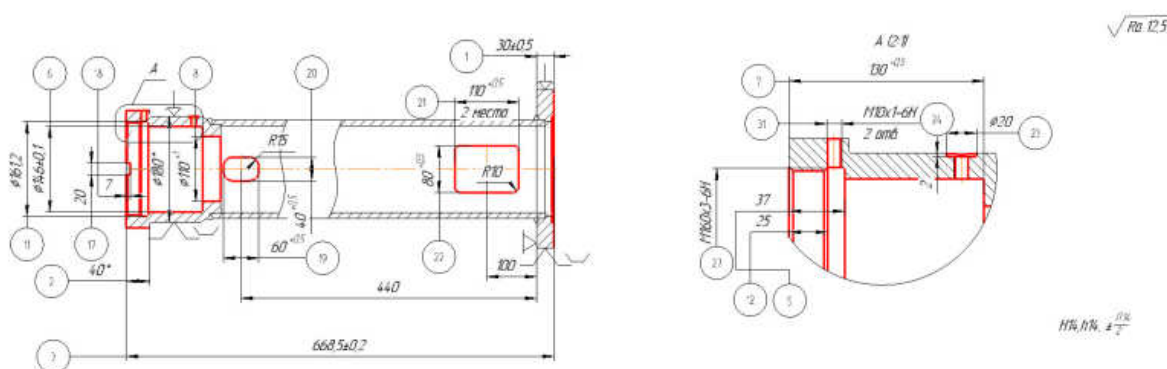


Рисунок 37 – Первый эскиз на 005 операции

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

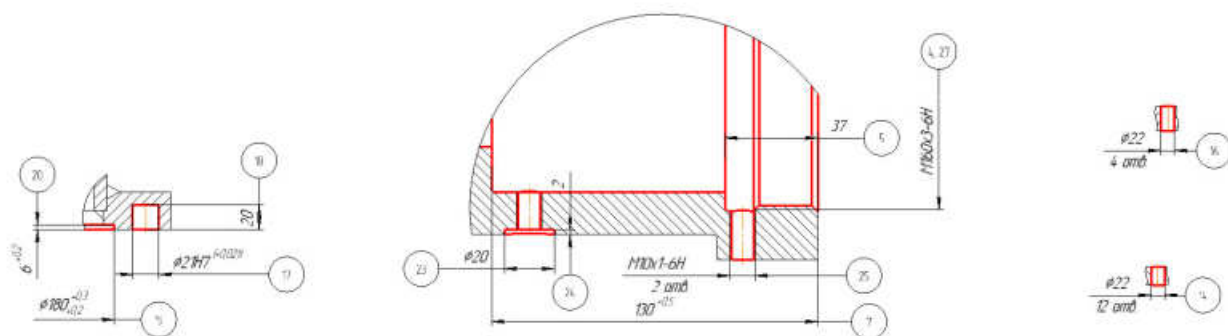


Рисунок 38 – Второй эскиз на 005 операции

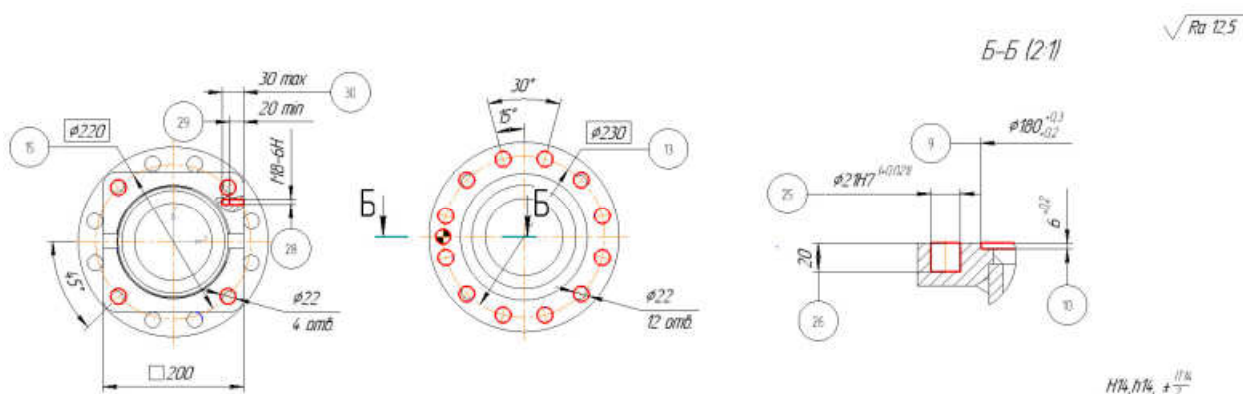


Рисунок 39 – Третий эскиз на 005 операции

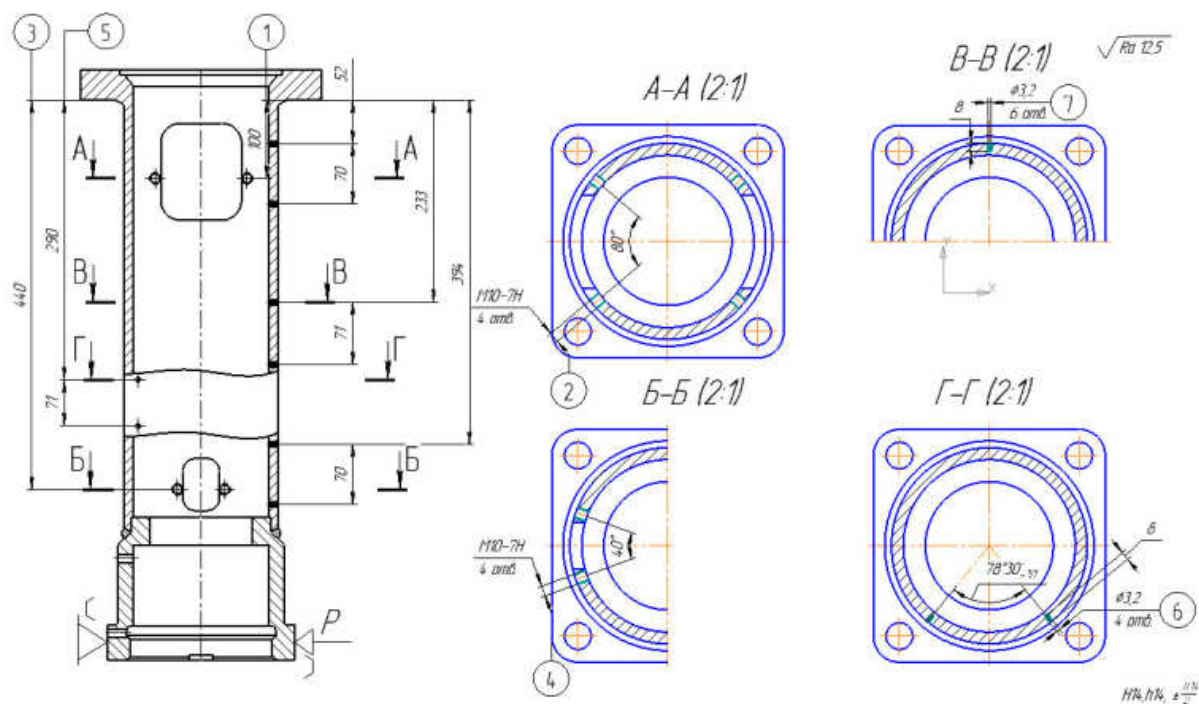


Рисунок 40 – Эскиз операции «010 Сверлильная с ЧПУ»

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для последующего анализа спроектируем предварительную компоновку ГПС и рассмотрим для нее два варианта расположения основного оборудования: первый – группирование оборудования по ходу выполнения технологического процесса с кольцевой транспортной системой (рисунок 41); второй – расположение оборудования по конструктивному признаку с линейной транспортной системой (рисунок 42). Циклограммы для обоих вариантов представлены на рисунках 43 и 44.

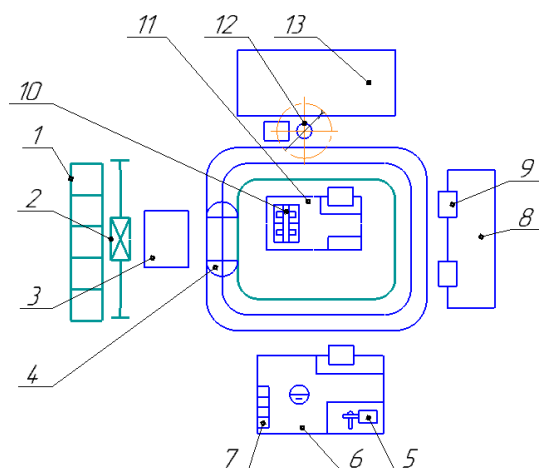


Рисунок 41 – Схема первого варианта расположения оборудования в ГПС (1 – склад; 2 – робот-штабелер; 3,9 – приемно-раздаточные столы; 4 – робокар; 5 – прибор для наладки РИ; 6 – участок инструментального обеспечения (УИО); 7 – склад режущего инструмента; 8 – моечная машина (ММ); 10 – контрольно-измерительная машина (КИМ); 11 – участок автоматизированного контроля (УАК); 12 – робот-манипулятор; 13 – универсальный фрезерный станок)

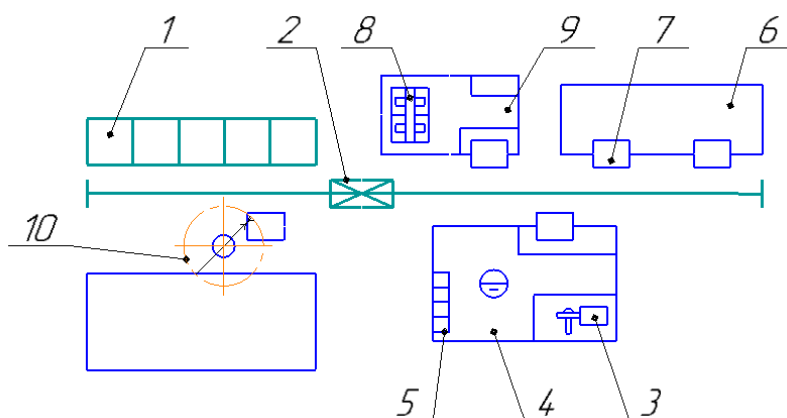


Рисунок 42 – Схема второго варианта расположения оборудования в ГПС (1 – склад; 2 – робот-штабелер; 3 – прибор для наладки РИ; 4 – участок инструментального обеспечения (УИО); 5 – склад режущего инструмента; 6 – ММ; 7 – приемно-раздаточный стол; 8 – КИМ; 9 – УАК; 10 – робот-манипулятор)

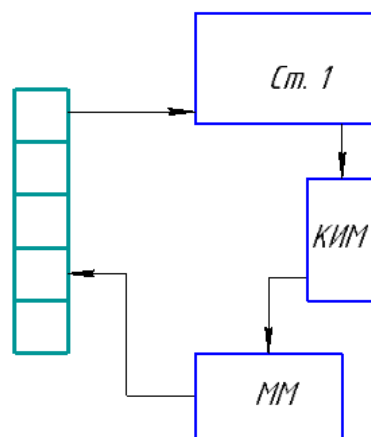


Рисунок 43 – Циклограмма первого варианта расположения оборудования в ГПС

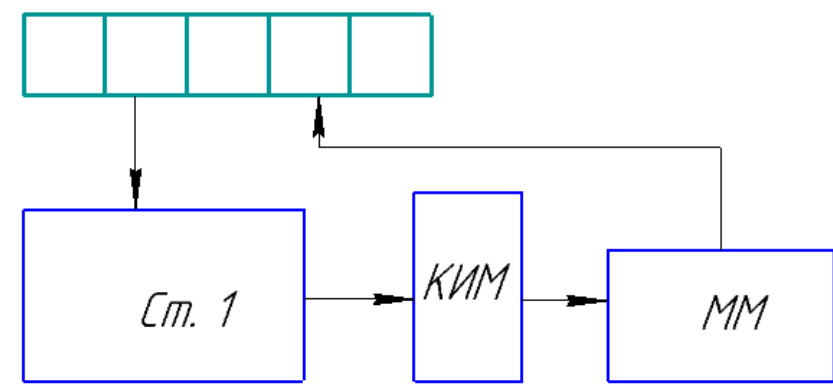


Рисунок 44 – Циклограмма второго варианта расположения оборудования в ГПС

Для выявления всех перемещений ТС и последующего расчета суммарных перемещений составим матрицы и графы перемещений подвижных механизмов АТСС. Матрица перемещения деталиустановок позволяет произвести расчет суммарных перемещений детали в процессе ее обработки в ГПС. Матрицы составим с учетом технологического процесса изготовления детали для рассматриваемых вариантов предварительных компоновок ГПС. На основе последующего расчета суммарных перемещений произведем выбор компоновки, обеспечивающей наименьшие суммарные перемещения.

В горизонтальных строках матриц укажем основное оборудование, к которому движется транспортное средство с деталиустановками, а в вертикальных столбцах укажем основное оборудование, от которого движется данное транспортное средство. Матрица первого варианта расположения оборудования в ГПС представлена в таблице 3. Матрица второго варианта расположения оборудования в ГПС представлена в таблице 4.

Таблица 3 – Матрица первого варианта расположения ГПС

Оборудование, к которому движется транспортное средство	Оборудование, от которого движется транспортное средство			
	Ст. 1	КИМ	ММ	Стеллаж
	Расстояние, пройденное транспортным средством, м			
Ст. 1				6
КИМ	3			
ММ		4		
Стеллаж			13	

Таблица 4 – Матрица второго варианта расположения ГПС

Оборудование, к которому движется транспортное средство	Оборудование, от которого движется транспортное средство			
	Ст. 1	КИМ	ММ	Стеллаж
	Расстояние, пройденное транспортным средством, м			
Ст. 1				3
КИМ	7,5			
ММ		3		
Стеллаж			10,5	

Графы перемещений транспортного механизма, в ходе выполнения технологического процесса, представлены на рисунках 45 и 46. Анализ графов сводится к визуальному определению компоновки с наименьшими пересечениями материальных потоков, что должно обеспечить наименьшее число и время перемещений транспортного механизма.

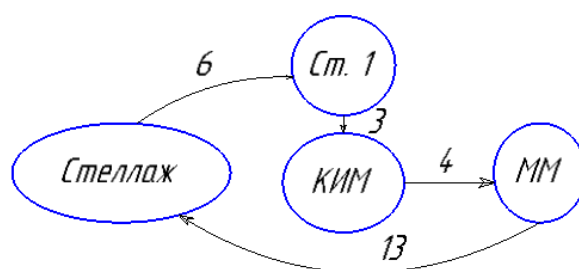


Рисунок 45 – Граф перемещения транспортного механизма первого варианта расположения оборудования в ГПС

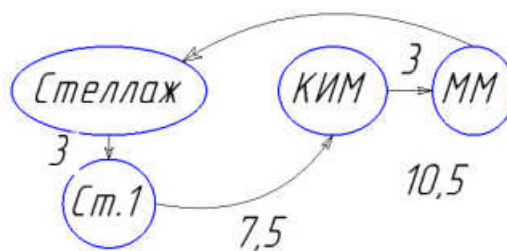


Рисунок 46 – Граф перемещения транспортного механизма второго варианта расположения оборудования в ГПС

Анализ матриц и графов перемещений для рассматриваемых вариантов компоновок ГПС показал, что суммарные перемещения транспортного механизма в компоновке с кольцевой транспортной системой и расположением оборудования по ходу выполнения технологического процесса составляют 26 м, в компоновке с расположением основного оборудования по конструктивному признаку и с линейной транспортной системой 24 м.

Таким образом, вариант компоновки ГПС с расположением основного оборудования по конструктивному признаку и с линейной транспортной системой является наиболее предпочтительным.

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

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

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

Система инструментального обеспечения автоматизированного производства включает в себя склады-накопители, магазины, устройства смены, поиска и контроля инструмента. АСИО позволит уменьшить запасы режущего инструмента, сократить его номенклатуру и время поиска, повысить коэффициент использования оборудования и качество обрабатываемых деталей.

Для обеспечения функционирования ГПС необходимо включить в нее следующее вспомогательное оборудование:

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



- робот-манипулятор, способный осуществлять установку и снятие деталей-валов;
- робокар, способный осуществлять загрузку и разгрузку стеллажей-накопителей;
- робокар, способный осуществлять транспортирование заготовок, полуфабрикатов, деталей, режущего инструмента и тары со стружкой;
- приемо-раздаточный стол, необходимый для временного складирования на нем заготовок, полуфабрикатов или деталей;
- также необходима специальная паллета-накопитель для транспортировки сразу нескольких валов.

Для загрузки и разгрузки робокаров, для снятия и установки заготовок, полуфабрикатов и деталей на станок используем робот-манипулятор FanucM-20iA/17L (рисунок 47).



Рисунок 47 – Робот-манипулятор FanucM-20iA/17L

Для загрузки и разгрузки склада, а также для осуществления транспортирования заготовок, полуфабрикатов, деталей, режущего инструмента и тары со стружкой используем автоматизированный робокар ROOCLA AVG (рисунок 48).





Рисунок 48– РобокaрROOCLAAVG

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

Стойка является корпусной симметричной деталью. Базирование осуществляется по цилиндрической поверхности. Схемы базирования заготовки в накопителе, на станке и в схвате промышленного робота представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Схемы базирования заготовки

Номер операции	Базирование заготовки в накопителе до операции	Базирование заготовки во время операции	Базирование заготовки в схвате после операции
005			

Окончание таблицы 5

Номер операции	Базирование заготовки в накопителе до операции	Базирование заготовки во время операции	Базирование заготовки в схвате после операции
010			

## 5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ

На основании спроектированной в пункте 4 структурной схемы ГПС разработаем планировку участка механической обработки.

С учетом габаритных размеров станков, применяемых при обработки "Стойки" расстояние между станками, между станком и транспортными путями примем с учетом норм. То есть расстояние от проезда до тыльной стороны станка – 0,5 м. Учитывая расстановку оборудования, наличия склада напольного крана-штабелера, и транспортных путей, ширину пролета проектируемого цеха примем равной 18 м. Шаг колон примем равный 12 м.

Для связи проектируемого участка механической обработки с внешним миром предусмотрим проезды, шириной 2,5 м. Проезд, будет использоваться для транспортировки заготовок и готовых деталей.

Высота portalного фрезерного обрабатывающего центра «Wele LB-321», используемого в проектном варианте технологического процесса изготовления "Стойки" составляет 4,35 м. Таким образом, учитывая нормы технологического проектирования, для участков с шириной пролета 18 метров, высота пролета равна 7,2 м. С учетом принятых параметров, размеры сечения колон равны 0,4х0,4 м.

Кроме основного оборудования и систем обеспечения функционирования гибкой производственной системы для изготовления детали "Стойка" на территории участка предусмотрим стенд пожарной безопасности, щит пожарной охраны, краны с питьевой водой, стенд расположения аптечки.

Таким образом, планировка цеха с изображением всех перечисленных условий представлена в приложении.

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 6 БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

### 6.1 Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда

Задача каждого работника — постоянно целеустремленно и последовательно добиваться такого положения, чтобы на любом рабочем месте, производственном участке была полностью исключена возможность травмы, аварии, несчастного случая. Для этого существует много методов и средств. Оперативное и эффективное их использование является основной целью системы управления безопасностью труда. Ежегодно расходуются большие средства на обучение по технике безопасности, изготовление и выдачу рабочим спецодежды, спецобуви, средств индивидуальной защиты, на строительство санитарно-бытовых помещений, на совершенствование системы сигнализации, на осуществление мероприятий по снижению шума и вибраций и прочего. В результате проводимых мероприятий снижается профессиональная заболеваемость, производственный травматизм.

Экономический эффект от внедрения мероприятий по охране труда: рост производительности, снижение трудоемкости, сокращение потерь, связанных с травматизмом и профессиональными заболеваниями.

В соответствии со статьей 1.4.1 ТК РФ необходимо проводить организацию рабочих мест так, обеспечивать безопасность выполнения работ. Например, рабочие места, в случае необходимости, должны иметь ограждения, защитные и предохранительные устройства и приспособления. Работа в опасных условиях запрещается, за исключением ликвидации аварий, проведения экстренных работ для предупреждения аварийных ситуаций. Также необходимо организовать проведение аттестации рабочих мест с целью выявления вредных производственных факторов.

Также, на рабочем месте необходимо создать безвредные условия труда для работоспособности персонала. Одним из основных таких условий является микроклимат рабочих помещений. Для обеспечения комфортности и жизнедеятельности рабочих, применяют вентиляцию как естественную (с помощью оконных проемов), так и искусственную.

Другим необходимым условием для безвредной работы персонала является освещенность. Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» температура помещений в холодный период года составляет 21–24°C, в теплый период – 22–25°C.

### 6.2 Мероприятия по электробезопасности

Для гарантии исключения поражения электрическим током рабочих в первую очередь необходимо провести инструктаж и обучение работников правилам электробезопасности. Кроме того, рабочие не должны самостоятельно ремонтировать электрооборудование, а подключение и отключение его разрешается производить только электротехническому персоналу.

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Все рабочие должны быть обеспечены различными средствами индивидуальной защиты, такими как диэлектрические резиновые перчатки, инструмент с изолированной рукояткой, токоискатели, изолирующие штанги, токоизмерительные клещи и указатели высокого напряжения, диэлектрические галоши, коврики, изолирующие подставки и др.

Также необходимо провести заземление корпусов электрооборудования, т.к. обычно никакой ток не течет через заземленные соединения. При аварийном состоянии цепи величина электрического тока достаточно высока для того, чтобы расплавить предохранители.

Следующим мероприятием по поддержании электробезопасности в проектируемом цехе является применение светильников с пониженным напряжением. В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных переносные электрические светильники должны иметь напряжение не выше 50 В. Также, рационально применять устройства защитного отключения (УЗО). Данное устройство реагирует на ухудшение изоляции электрических проводов: когда ток утечки повысится до предельной величины 30 мА, происходит отключение электрических проводов в течение 30 микросекунд.

Для агитации всех правил электробезопасности внутри рабочих зон необходимо вывешивать плакаты и знаки безопасности. Эти плакаты также могут указывать местонахождения различных объектов и устройств, предупреждать об опасности приближения к токоведущим частям, находящимся под напряжением, запрещать передвижения без средств защиты в небезопасных местах и т.д.

### 6.3 Мероприятия по пожарной безопасности

Ответственность за соблюдение необходимого противопожарного режима и своевременное выполнение противопожарных мероприятий возлагается на руководителя предприятия и начальников цехов (лабораторий, мастерских, складов и т. д.).

Руководители предприятия обязаны: обеспечить полное и своевременное выполнение правил пожарной безопасности и противопожарных требований строительных норм при проектировании, строительстве и эксплуатации подведомственных им объектов; организовать на предприятии пожарную охрану, добровольную пожарную дружину и пожарно-техническую комиссию и руководить ими; предусматривать необходимые ассигнования на содержание пожарной охраны, приобретение средств пожаротушения; назначать лиц, ответственных за пожарную безопасность цехов, лабораторий, производственных участков, баз, складов и других зданий и сооружений.

Руководителям предприятий предоставлено право налагать административные взыскания на нарушителей правил и требований пожарной безопасности. В случае нарушения правил и требований пожарной безопасности руководитель предприятия имеет право возбудить вопрос о привлечении виновного к судебной ответственности.

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Инженерно-технический персонал, ответственный за пожарную безопасность на отдельных участках, обязан знать пожарную опасность технологического процесса производства и строго выполнять правила и требования противопожарного режима, установленные на предприятии; следить за их соблюдением рабочими и служащими, обеспечивать пожарно-техническую подготовку рабочих, служащих, инженерно-технического персонала предприятия, работающих на данном участке.

На машиностроительных предприятиях соответствующими приказами, распоряжениями или указаниями устанавливается порядок проведения противопожарного инструктажа и занятий по пожарно-техническому минимуму с рабочими и служащими.

Противопожарный инструктаж проводят в два этапа. На первом этапе инструктаж проводит начальник местной пожарной охраны, инструктор пожарной профилактики

или начальник караула. На объектах, где отсутствует профессиональная пожарная охрана, инструктаж проводит инженер по охране труда.

Рабочие и служащие, вновь принятые на работу, могут быть допущены на работу только после прохождения первичного противопожарного инструктажа. Первичный противопожарный инструктаж проводят по направлению отдела кадров предприятия, а лицо, производившее этот инструктаж, делает об этом отметку на направлении и записывает в журнал фамилию, инициалы и другие данные работника, проходившего инструктаж и принимаемого на работу. Первичный инструктаж проводят в индивидуальном или групповом порядке в течение одного часа.

Начальник цеха (участка, лаборатории, мастерской) проводит повторный инструктаж вновь принятого непосредственно на месте его будущей работы.

Во время проведения повторного инструктажа рабочего знакомят с общими правилами пожарной безопасности для данного участка производства, пожарной опасностью технологических установок и т. д. Повторный пожарный инструктаж проводят также с рабочими и служащими, которых переводят с одного участка работы на другой, проводят его также не реже одного раза в год. При проведении инструктажей необходимо добиваться того, чтобы люди умели практически пользоваться первичными средствами тушения пожаров и средствами связи.

На промышленных предприятиях или в отдельных цехах и на участках, технологический процесс которых имеет повышенную пожарную опасность, например, в деревообрабатывающих цехах, на складах легковоспламеняющихся жидкостей и других огнеопасных веществ и материалов, кроме противопожарного инструктажа, следует проводить занятия по пожарно-техническому минимуму со всеми рабочими и служащими. В программу занятий по пожарно-техническому минимуму с рабочими и служащими следует включать следующие вопросы: меры

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

пожарной безопасности предприятия, цеха, лаборатории, средства пожаротушения и их применение при возникновении пожара. Заканчивается пожарно-технический минимум принятием зачета у рабочих и служащих. Лица, не сдавшие зачета, должны пройти повторный курс обучения.

Для каждого предприятия (цеха, лаборатории, мастерской, склада и т. д.) на основе типовых правил пожарной безопасности для промышленных предприятий (утвержденных ГУПО МВД СССР 25 августа 1954 г.) разрабатывают общеобъектную и цеховые противопожарные инструкции. В инструкциях должны быть определены основные требования пожарной безопасности для данного цеха или участка производства (по содержанию территории предприятия, дорог, подъездов к источникам противопожарного водоснабжения, подходов и подъездов к зданиям и сооружениям, о порядке движения транспорта по территории предприятия, о применении открытого огня и курении и т. д.). В противопожарных инструкциях устанавливается также порядок вызова пожарной помощи на случай возникновения пожара на предприятии. Определяется порядок хранения ЛВЖ и ГЖ, обтирочных материалов и производственных отходов.

Для проведения профилактической работы на машиностроительных предприятиях необходимо проводить соответствующие мероприятия, направленные на снижение пожарной опасности технологических процессов производства. Чтобы привлечь инженерно-технический персонал и других работников к разработке и проведению этих мероприятий, на предприятиях создают пожарно-технические комиссии. Руководитель предприятия приказом назначает пожарно-техническую комиссию, в состав которой входят: главный инженер (председатель), начальник пожарной охраны, энергетик, технолог, механик, инженер по охране труда, строитель и другие специалисты. Задачи пожарно-технической комиссии — выявление нарушений и недостатков технологических режимов, которые могут привести к возникновению пожаров, разработка мероприятий по их устранению, содействие органам пожарного надзора в их работе и создание строгого противопожарного режима, организация массово-разъяснительной работы среди персонала. Для выполнения этих задач пожарно-технические комиссии должны заниматься организацией и проведением пожарно-технических конференций, посвященных обеспечению пожарной безопасности предприятий, отдельных участков, цехов, складов, принимать активное участие в организации и проведении смотров на лучшее противопожарное состояние, цехов.

На предприятиях создаются также добровольные пожарные дружины (ДПД), занимающиеся предупреждением пожаров в цехах и на своих рабочих участках и имеющие на случай пожаров боевые расчеты, оснащенные пожарной техникой. Организуются добровольные пожарные дружины, предусматривается: выдавать членам ДПД, входящим в состав боевых расчетов на автонасосах и мотопомпах, бесплатно, за счет предприятий, учреждений, организаций комплект спецодежды (брезентовые куртки, брюки, кожаные или кирзовые сапоги на срок носки, установленный для

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

профессиональных пожарных команд); производить оплату труда членов ДПД за время участия их в ликвидации пожара или аварии в рабочие часы, а также оплату в исключительных случаях дежурств по пожарной охране в нерабочее время из расчета среднемесячного заработка; производить за счет предприятий страхование жизни всего личного состава ДПД на случай смерти или увечья, происшедших в результате работы по ликвидации пожара или аварии;

предоставить право руководителям предприятий выдавать в виде поощрения лучшим членам ДПД за активную работу по предупреждению пожаров и по борьбе с ними денежные премии за счет средств фонда директора и других средств, предусмотренных на премирование, а также грамоты;

представлять членам ДПД, хорошо проявившим себя в деле предупреждения или тушения пожаров, дополнительный отпуск — до шести дней в год.

Помимо общезаводских добровольных пожарных дружин на крупных предприятиях добровольные пожарные дружины образуются по цехам, а в цехах — по сменам.

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе был проанализирован базовый техпроцесс изготовления детали «Стойка» с проведением размерно-точностного анализа. На основе базового техпроцесса был разработан проектный вариант технологического процесса, операционный эскизы, которого представлены в приложении. Для нового техпроцесса был произведен выбор основного и вспомогательного технологического оборудования, измерительного и режущего инструмента.

Также на все операции механической обработки проектного варианта техпроцесса произведен расчет режимов резания и норм времени.

Также в работе выполнено проектирование комбинированного режущего инструмента «Сверло-зенкер с СМП» для обработки ступенчатого отверстия.

Проектный вариант технологического процесса разработан с применением ГПС, использовано более совершенное получение исходной заготовки литьем в газифицируемые модели. Это позволило сократить время на производство детали «стойка».

К пояснительной записке прилагается графический материал, состоящий из спроектированного приспособления и инструмента, чертежа заготовки, операционных эскизов проектного варианта технологического процесса.

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением, часть 2 – М.: Экономика, 1990. – 473 с.
2. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением, часть 1 – М.: Экономика, 1990. – 207 с.
3. Каталог режущих инструментов –PRAMET, 2014 г.
4. Батуев В.В., Автоматизация производственных процессов в машиностроении учебное пособие к курсовому проекту / В.В. Батуев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – 40 с.
5. Каталог складской техники –ROCLA, 2014 г.
6. Каталог кранов-штабелеров –SCHAEFER, 2014 г.
7. Безопасность жизнедеятельности в дипломных проектах: учебное пособие/ В.Н. Бекасова, С.И. Боровик, Н.В. Глотова и др.; под ред. И.С. Окраинской. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 166 с.
8. Шамин, В.Ю. Теория и практика решения конструкторских и технологических размерных цепей: электронное учебное пособие. – 5-е изд., перер. и доп. / В.Ю. Шамин. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2012. – 530 с.
9. Мясников, Ю.И. Системное проектирование станочных приспособлений: справочник: в 2 т./ Ю.И. Мясников, В.Ю. Мясников; под ред. В.И. Гузеева. – М.: Машиностроение, 2010. – Т. 2. – 336 с.
10. Кулыгин В.Л. Технология машиностроения / В.Л. Кулыгин, В.И. Гузеев, И.А. Кулыгина. – М.: Издательский Дом «БАСТЕТ», 2011. – 184 с.
11. Григорьев С.Н. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ / С.Н. Григорьев, М.В. Кохомский, А.Р. Маслов. – М.: Машиностроение, 2006. – 544 с.
12. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 97 с.
13. Безопасность жизнедеятельности в дипломных проектах: учебное пособие/ В.Н. Бекасова, С.И. Боровик, Н.В. Глотова и др.; под ред. И.С. Окраинской. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 166 с.
14. ГОСТ 12.3.025-80 ССБТ. Обработка металлов резанием. Требования безопасности. – М.: Стандартинформ, 2008. – 15 с.
15. Каширин, Н.А. Технологическая документация при выполнении дипломных и курсовых проектов: Учебное пособие. Компьютерная версия. / Н.А. Каширин, И.М.Морозов, В.А.Батуев. – 2-е изд., перер. – Челябинск: Изд-воЮУрГУ, 2005. – 74 с.

					ЮУрГУ– 15.03.05.2017.451.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		