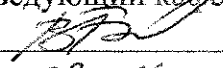
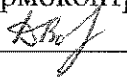



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Факультет «Механико-технологический»
Кафедра «Технология машиностроения»

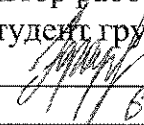
ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
 В.И. Гузеев
08.04. 2016 г.

Проектирование и анализ технологического процесса обработки детали «Корпус
бугельного узла КН18105–700.02.06.001», представителя квалификационной
группы «Корпус», с целью повышения эффективности и конкурентоспособности
производства

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ.151900.2016.017 ПЗ ВКР

Нормоконтролер
 Д.А. Волков
6 июня 2016 г.

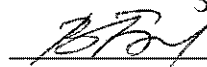
Руководитель, к.т.н., доцент
 В.И. Кулыгин
6.06.16. 2016 г.

Автор работы,
студент группы МТ-471
 П.П. Фарафонов
6 июня 2016 г.

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

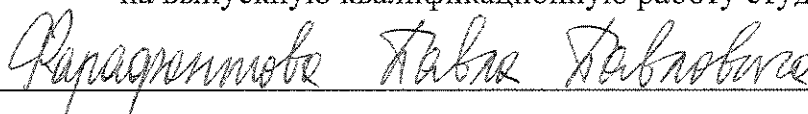
УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой


Гузеев В. И.
« 08 » июня 2016 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу студента



Группа: МТ – 471

1. Тема квалификационной работы:

Проектирование и анализ технологического процесса обработки детали «Корпус букельного узла», представителя квалификационной группы «Корпус», с целью повышения эффективности и конкурентоспособности производства

утверждена приказом по университету от « 15. » 04. 2016 г.

№ 661

2. Срок сдачи студентом квалификационной работы – 20.05.2016 г.

3. Исходные данные к квалификационной работе:

- 3.1. Чертежи деталей и узлов
- 3.2. Тип производства: серийное
- 3.3. Режим работы участка:
- 3.4. Материалы производственной практики
- 3.5 Материалы курсовых проектов и работ по сопутствующим дисциплинам

4. Содержание расчетно-пояснительной записки:

Аннотация

Оглавление

Введение

1. Общая часть

1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия

1.2 Служебное назначение детали «Корпус дрельного узла» и технические требования, предъявляемые к детали

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

1.4 Формирование целей и задач выполнения квалификационной работы

Графическая часть раздела:

– чертежи квалификационной группы деталей – 1 лист;

– конструкторский чертеж детали – 1 лист.

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.

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

2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса.

2.1.4 Выводы по разделу.

2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «Корпус дрельного узла КИП 105-700.02.06.001»

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

2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования.

2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта.

2.2.4 Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса.

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

2.2.6 Выводы по разделу.

Графическая часть раздела:

– чертеж исходной заготовки или возможных вариантов получения исходных заготовок – 1 лист;

– операционные эскизы базового и проектного вариантов технологических процессов с указанием расчетного времени $T_{ит}$. – 1-2 листа;

– расчетно-технологическая карта на одну операцию механической обработки – 1 лист.

3. Конструкторская часть.

3.1 Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки.

3.2 Проектирование и расчёт специального станочного приспособления.

3.3 Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента.

3.4 Проектирование и расчёт специального режущего инструмента

3.5 Проектирование операции технического контроля и выбор измерительного оборудования и оснастки.

Графическая часть раздела:

– чертеж специального станочного приспособления (или описание алгоритма выбора стандартизированной технологической оснастки) 1– 2 листа;

– чертеж специального режущего инструмента (или описание алгоритма выбора стандартизированного режущего инструмента) – 1 лист;

– чертеж специального контрольного приспособления или инструмента – 1 лист.

4. Научно-исследовательская часть

Выполняется по согласованию с руководителем работы

5. Автоматизация технологического процесса.

5.1 Анализ возможных направлений автоматизации технологического процесса изготовления детали.

5.2 Разработка структурной схемы гибкого производственного участка

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

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

5.5 Анализ производительности автоматизированной системы

Графическая часть раздела:

– чертеж возможных вариантов структурных схем автоматизации проектируемого участка – 1 лист.

6. Организационно-производственная часть

Разработка планировки участка механической обработки, встроенного в основной цех, с учетом возможности его автоматизации для спроектированного варианта технологического процесса

Графическая часть:

– чертеж планировки расположения в основном цехе одного из вариантов спроектированного автоматизированного участка – 1 лист)

7. *Безопасность технологического цикла изделия*
 - 7.1 *Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда*
 - 7.2 *Мероприятия по электробезопасности*
 - 7.3 *Мероприятия по пожарной безопасности*

8. *Выводы по квалификационной работе*

Список литературы

Приложения

5. Перечень графического материала:

1. *Чертежи квалификационной группы деталей – 1 лист;*
2. *Конструкторский чертеж детали – 1 лист;*
3. *Чертеж заготовки или возможных вариантов заготовок – 1 лист;*
4. *Операционные эскизы базового и проектного вариантов технологических процессов с указанием расчетного времени $T_{шт.}$ – 1-2 листа;*
5. *Расчетно-технологическая карта на одну операцию механической обработки – 1 лист;*
6. *Чертеж специального станочного приспособления – 1– 2 листа;*
7. *Чертеж специального режущего инструмента – 1 лист;*
8. *Чертеж контрольного приспособления или инструмента – 1 лист.*
9. *Чертеж возможных вариантов структурных схем автоматизации проектируемого участка – 1 лист;*
10. *Чертеж планировки расположения в основном цехе одного из вариантов спроектированного автоматизированного участка – 1 лист*

Всего листов 10 – 12

6. Альбом технологической документации:

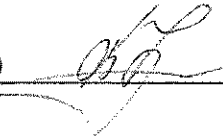
– операционный технологический процесс на один из вариантов спроектированного технологического процесса.

7. Альбом раздаточного графического материала для членов ГЭК.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов выполнения квалификационной работы	Срок выполнения этапов работы	Выполнение этапа работы
1 Пояснительная записка		
1.1 Общая часть	20.02.2016	
1.2 Технологическая часть	12.03.2016	
1.3 Конструкторская часть	18.03.2016	
1.4 Научно-исследовательская часть	25.03.2016	
1.5 Автоматизация системы функционирования операций технологического процесса	10.04.2016	
1.6 Организационно-производственная часть	14.04.2015	
1.7 Безопасность технологического цикла изделия	20.04.2016	
1.6 Оформление пояснительной записки	25.04.2016	
2 Графические работы	28.04.2016	
3 Оформление технологического процесса	10.05.2016	
4 Окончательное оформление работы	16.05.2016	
5 Рецензирование	17.05.2016	
6 Сдача квалификационной работы на защиту	20.05.2016	

Дата выдачи задания: 11.02.2016 г.

Руководитель квалификационной работы: *(подпись)* 

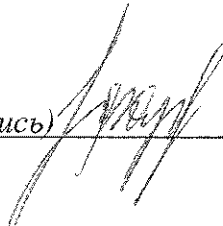
Кузьмин Владимир Леонидович

/ Ф. И. О. /

Задание принял к исполнению:

(Ф.И.О. студента):

Рахматов Я.Я.

(подпись) 

АННОТАЦИЯ

Фарафонов П.П. Проектирование и анализ технологического процесса обработки детали «Корпус бугельного узла КН18105–700.02.06.001», представителя квалификационной группы «корпус», с целью повышения эффективности и конкурентоспособности производства: Выпускная квалификационная работа. – Челябинск: ЮУрГУ, 2016. – 127 с., 68 ил., 14 табл., библиографический список – 14 наименований, 4 листа чертеж ф. А1 и А2, 2 прил.

В записке описан узел (Бугельный узел), в котором работает деталь типа «корпус», его назначение и условия эксплуатации; служебное назначение детали и технические требования, предъявляемые к ней, проведены обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для роботостроения. А так же сформированы цели и задачи курсового проектирования, выполнены технологическая (проанализирован существующий технологический процесс и спроектирован новый) и конструкторская (аналитический обзор и выбор технологической оснастки и режущего инструмента, спроектированы и рассчитаны станочное приспособление и режущий инструмент, спроектированы операции технологического контроля и выбрано измерительное оборудование) части. Выбран состав и произведен расчет станочного комплекса ГПС для заданной детали; выбран состав и произведен расчет числа оборудования автоматизированной транспортно-складской системы; произведено проектирование схемы планировки оборудования и систем ГПС как единого

151900.2016.017.ПЗ ВКР				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.		Фарафонов		6.06.16
Пров.		Кульгин В.Л.		6.06.16
Н.контр		Волков Д.А.		6.06.16
Уме.		Гузеев В.И.		6.06.16
			Лист	Листов
			2	127
ЮУрГУ Кафедра Технология Машиностроения				

производственного комплекса. Разработана планировка участка механической обработки для спроектированного варианта технологического процесса. Рассмотрены мероприятия по созданию безопасных и безвредных условий труда, мероприятия по электробезопасности, а так же мероприятия по пожарной безопасности.

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ	9
1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия.....	9
1.2 Служебное назначение детали типа «корпус» и технические требования, предъявляемые к детали.....	10
1.3 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для соответствующих отраслей машиностроения..	11
1.4 Формирование целей и задач проектирования	25
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	27
2.1 Анализ существующей на предприятии документации по конструкторско-технологической подготовке действующего производства.....	27
2.1.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса.....	27
2.1.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента	27
2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса.....	33
2.1.4 Выводы по разделу	34
2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали типа «корпус бугельного узла КН18105–700.02.06.001» .	35
2.2.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки	35
2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования.....	38

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

2.2.3	Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта.....	40
2.2.4	Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса.....	44
2.2.5	Расчёт режимов резания и норм времени на все операции проектного варианта технологического процесса.....	44
2.2.6	Выводы по разделу	56
3	КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	58
3.1	Проектирование и расчёт специального станочного приспособления	58
3.2	Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента	68
3.3	Проектирование и расчёт специального режущего инструмента.....	76
3.4	Проектирование операции технического контроля и выбор измерительного оборудования и оснастки	87
4	АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	95
4.1	Анализ возможных направлений автоматизации технологического процесса изготовления детали	95
4.2	Разработка структурной схемы гибкого производственного участка... ..	98
4.3	Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы.....	107
4.4	Базирование заготовки, полуфабриката готовой детали в промышленном роботе, транспортном устройстве, промежуточном накопителе	112
4.5	Анализ производительности автоматизированной системы	114
5	ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ.....	115

6	БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ	116
6.1	Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда	116
6.2	Мероприятия по электробезопасности	118
6.3	Мероприятия по пожарной безопасности	122
	ВЫВОД ПО КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ	124
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	126
	ПРИЛОЖЕНИЕ А	128
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	129

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях рыночной экономики ведущую роль в ускорении научно-технического прогресса призвано сыграть машиностроение, которое в кратчайшие сроки необходимо поднять на высший технический уровень. В этой связи первостепенной задачей являются разработка и массовое производство современной электронно-вычислительной техники.

Производство с преимущественным применением методов технологии машиностроения при выпуске изделий называется машиностроительным.

Цель машиностроения – изменение структуры производства, повышение качественных характеристик машин и оборудования. Предусматривается осуществить переход к экономике высшей организации и эффективности со всесторонне развитыми силами, зрелыми производственными отношениями, отлаженным хозяйственным механизмом. Такова стратегическая линия государства.

Перед машиностроительным комплексом поставлена задача резко повысить технико-экономический уровень и качество машин, оборудования и приборов.

Предметом исследования и разработки в технологии машиностроения являются виды обработки, выбор заготовок, качество обрабатываемых поверхностей, точность обработки и припуски на неё, базирование заготовок; способы механической обработки поверхностей – плоских, цилиндрических, сложнопрофильных и др.; методы изготовления типовых деталей – корпусов, валов, зубчатых колёс и др.; процессы сборки (характер соединения деталей и узлов, принципы механизации и автоматизации сборочных работ); конструирование приспособлений.

Основными направлениями развития современной технологии: переход от прерывистых, дискретных технологических процессов к непрерывным автоматизированным, обеспечивающим увеличение масштабов производства и

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

качества продукции; внедрение безотходной технологии для наиболее полного использования сырья, материалов, энергии, топлива и повышения производительности труда; создание гибких производственных систем, широкое использование роботов и роботизированным технологических комплексов в машиностроении и приборостроении.

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия

Бугельный узел (трубопроводная арматура) – деталь запорных, регулирующих клапанов и задвижек, предназначенная для выноса подвижного соединения шпindel-гайка за пределы внутренней полости корпуса арматуры для защиты этого соединения от воздействия температуры, давления и коррозионной активности рабочей среды. В общем случае представляет собой две металлические опоры, являющиеся частью крышки корпуса и сходящиеся в верхней части к ходовой гайке.

Узел бугельный представлен на рисунке 1.1, который состоит из шпилек 1 в количестве 16 штук, корпуса бугельного узла 2, ходовой втулки 3, уплотнителя ходовой втулки 4, упорного кольца 5, двух винтов 6, маслѐнки 7 и пары подшипников 8 и 9.

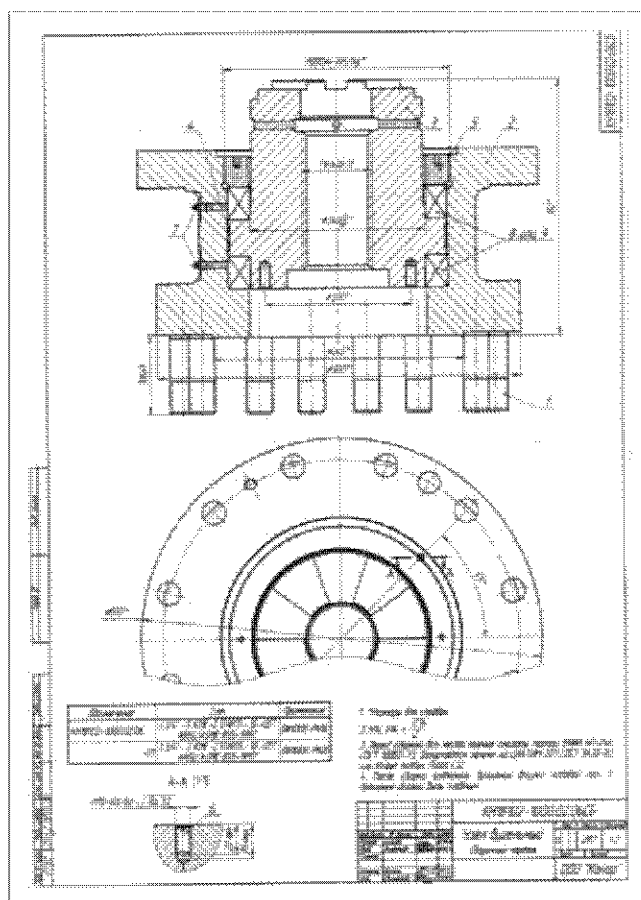


Рисунок 1.1 – Узел бугельный сборочный чертеж

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151900.2016.017 ПЗ ВКР

Лист

9

1.2 Служебное назначение детали типа «корпус» и технические требования, предъявляемые к детали

Корпус бугельного узла предназначен для крепления в нем ходовой втулки и пары подшипников. Служит для защиты соединения шпиндель-гайка от воздействия температуры, давления и коррозионной активности среды. Является местом, где вращается ходовая втулка. Упорное кольцо вкручивается в резьбу на внутреннем диаметре 310, которое обеспечивает упор для фиксации подшипников.

При изготовлении корпусных деталей необходимо рассматривать комплекс технологических задач, учитывающих особенности обработки плоских поверхностей и их различных сочетаний. При этом точность обработки плоских поверхностей определяется следующими основными показателями:

- параллельность отдельных поверхностей между собой;
- точность расположением поверхностей под требуемыми углами;
- точность расстояний между отдельными поверхностями;
- чистота обработки поверхностей;
- качество поверхностного слоя, его способностью сохранять точность и износоустойчивость в процессе эксплуатации.

Также к детали предъявлен ряд других показателей, таких как:

- допуск цилиндричности внутреннего диаметра с резьбой;
- позиционный допуск расположения отверстий;
- допуск соосности внутренних диаметров.
- точность диаметров отверстий на торцах детали.

Технические требования, предъявляемые к детали «корпус бугельного узла КН18105–700.02.06.001»:

1. Отливка 3-й группы ГОСТ 977–88; точность отливки 11Т–0–011 по ГОСТ Р53464–2009; отливку подвергнуть термообработке по технологии завода изготовителя (закалка и отпуск);

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

2. Механические свойства: $\sigma_{0,2} \geq 275$ МПа, $\sigma_B \geq 485$ МПа, $KCV^{60} \geq 24,5$ Дж/см²;

3. Отливку подвергнуть визуально-измерительному контролю согласно РД 03–606–03;

4. Допускается изготовление из поковки гр. V ГОСТ 8479–70;

5. Допускается замена материала на ASTM A352–LLC mod. или Сталь 09Г2С ГОСТ 19281–89;

6. *Размеры для справок – обеспечиваются отливкой;

7. Неуказанные предельные отклонения размеров механически обрабатываемых поверхностей отверстий по H14; валов по h14; остальных $\pm IT14/2$;

8. Неуказанные литейные радиусы не более 3мм, уклоны не более 2°;

9. Закругление углов или острых кромок, не указанное на чертеже, должно быть выполнено радиусом или фаской до 0,5 мм;

10. Остальные технические требования согласно СТ ЦКБА 014–2004;

11. Клеймить шрифтом 5–Пр3 ГОСТ 26.020–80;

12. Маркировать марку материала и номер плавки. Шрифт номер 10Пр–3 ГОСТ 26.020–80;

13. Маркировать товарный знак предприятия-изготовителя арматуры. Шрифт номер 20 выпуклый ГОСТ Р52760–2007. При изготовлении из поковки маркировать ударным способом шрифтом 10Пр–3 ГОСТ 26.020–80;

14. Маркировать шрифтом 5–Пр3 ГОСТ 26.020–80;

15. **Размеры обеспечиваются технологией.

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

1.3.1 Краткий обзор роботизации, проблем и перспектив внедрения промышленных роботов на отечественных предприятиях

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Российский рынок роботизированных технологий пока очень молод и находится в начальной стадии развития. В ближайшие десять лет спрос на промышленные роботы будет целиком и полностью зависеть от интереса, проявленного к ним владельцами предприятий. Только тогда роботизация нашей промышленности станет таким же необратимым процессом, как уже необратима сегодня модернизация отечественных предприятий. Преимущества от перехода на роботизированные технологии неизбежно выведут многие наши предприятия на новый технологический уровень, повысят качество выпускаемой ими продукции, производительность и гибкость производственных процессов.

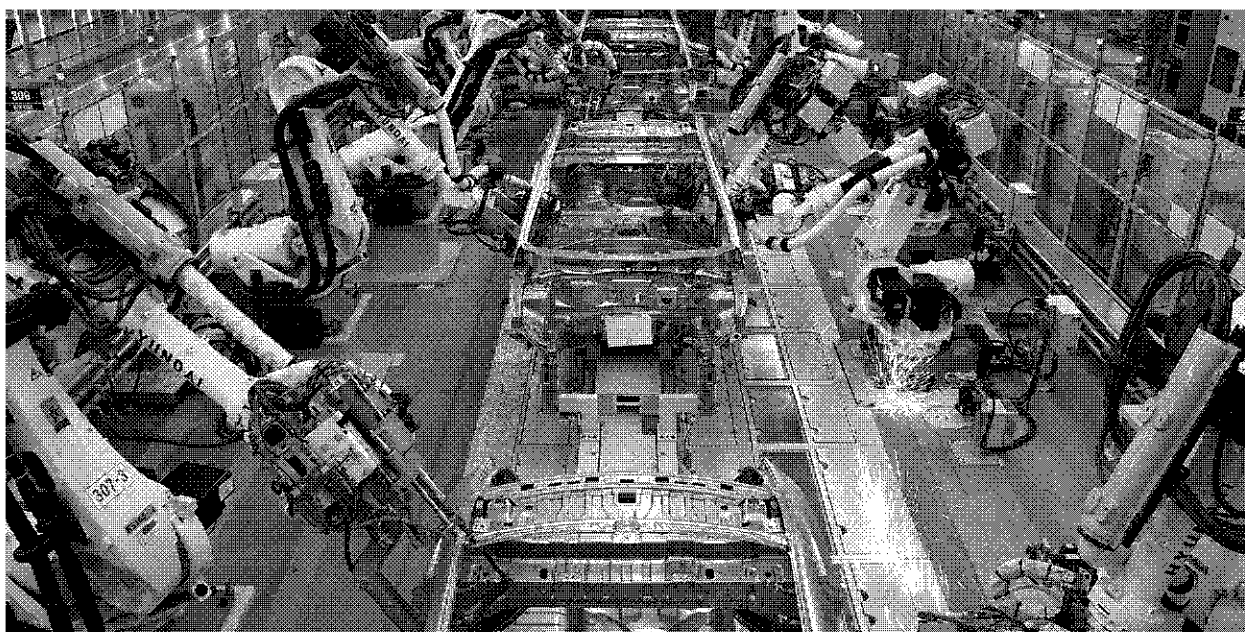


Рисунок 1.2 – Современные технологические роботы применяемые в промышленности

Говоря о классификации промышленных роботов, отметим, что наиболее существенно они отличаются друг от друга:

- по областям применения: есть промышленные роботы, роботы для спецприменений и т.д.;
- по расположению в пространстве: это стационарные, с линейной осью, порталные;

- по принципам управления: роботы с программным или с дистанционным управлением.

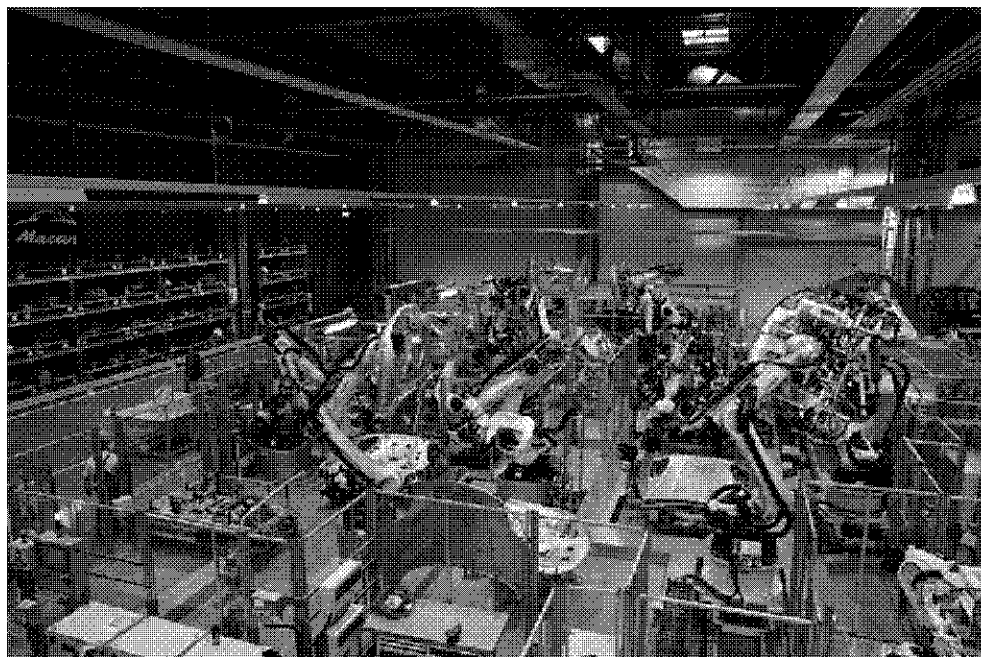


Рисунок 1.3 – Роботизированный участок на современном предприятии

К промышленной робототехнике относятся вспомогательные и технологические роботы. Вспомогательные роботы используют в качестве дополнительного технологического оборудования - это, например, загрузочные роботы, обслуживающие металлорежущие станки, прессы и т.п. Технологические роботы применяются в производстве в качестве основного технологического оборудования для точечной и контурной (лазерной, плазменной) сварки, гидроабразивной резки, абразивной безразмерной обработки (полирования, зачистки), для сборки изделий и т.п.

Промышленные роботы и роботы для специальных применений представляют собой принципиально разные типы машин, существенно отличающиеся друг от друга и по области применения, и по конструкции, и по методам управления.

Конструктивно промышленные роботы выполняются как машины на базе стационарной руки, как правило, с шестью степенями подвижности (шарнирами), по кинематическому строению подобной руке человека. Основное требование к конструкции промышленных роботов – надежность в условиях многолетней

эксплуатации на повторяющихся операциях, а также точность позиционирования, грузоподъемность, скорость программно заданных движений.

Робототехника для специальных (непроизводственных) применений представлена машинами для выполнения работ в местах, в которых присутствие человека затруднено либо вовсе исключено. Прежде всего, это мобильные роботы с дистанционным управлением на базе автономных транспортных средств, управляемые оператором по проводной или радиосвязи, из безопасного места. Такие роботы используются, в частности, для обезвреживания опасных предметов, для выполнения работ в безвоздушном пространстве, под водой, при разборе завалов и т.п.

Некоторые технологические операции, например, безразмерная финишная обработка сложнопрофильных деталей, могут быть реализованы как с применением технологических роботов, так и с применением станков типа «обрабатывающий центр». В общем случае задачей и станка, и робота является реализация относительного движения инструмента и обрабатываемой детали по заданному закону с заданной точностью. Закон относительного движения описывается в технологической программе. Однако можно отметить два классификационных признака, выделяющих технологические роботы в особую группу машин. Первый – это отношение рабочей зоны (области, в которой перемещается инструмент) к размерам машины. Рабочая зона станка обычно существенно меньше самого станка и находится внутри него, тогда как рабочая зона робота больше робота и окружает его. Таким образом, робот находится внутри своей рабочей зоны. Второе отличие – в методе программирования. Закон движения инструмента программируется в станках с ЧПУ в абсолютной системе координат. В роботах базовые точки траектории программируются методом обучения относительно специального калибрующего инструмента.

Большинство современных технологий обработки изделий, таких как точечная контактная, шовная электродуговая, лазерная сварка; лазерная, микроплазменная и гидроабразивная резка; сборка и финишная абразивная

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

обработка пространственно сложных изделий требуют движения инструмента по траекториям сложной формы с высокой точностью и фиксированной скоростью. Ранее эти операции выполнялись вручную, однако применяемый инструмент часто являлся слишком тяжелым для человека. Кроме того, не всегда возможно обеспечить требуемое качество движения инструмента по траектории, например, точность и постоянство скорости. Именно на таких операциях сегодня преимущественно применяются технологические роботы.

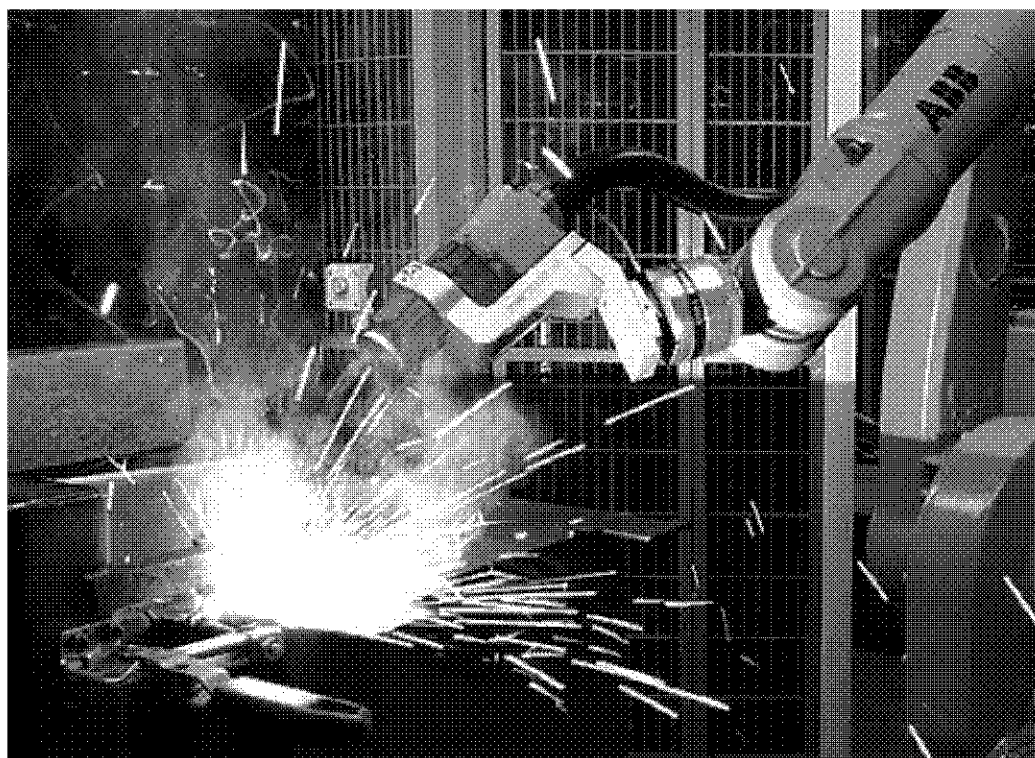


Рисунок 1.4 – Промышленный робот для электродуговой сварки

В связи с относительно небольшими объемами мирового рынка промышленных роботов (если сравнивать, например, с объемами производства металлорежущих станков) и сложностью выхода на этот рынок сложился довольно узкий круг фирм, обладающих компетенциями и ресурсами, необходимыми для производства промышленных роботов, пример компаний представлен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Крупнейшие мировые компании-производители промышленных роботов

Компания	Краткое описание
Siemens AG Германия	Немецкий транснациональный концерн, работающий в области промышленной техники (включая робототехнику) электротехники, электроники, энергетического оборудования, транспорта, медицинского оборудования и светотехники, а также специализированных услуг в различных областях промышленности, транспорта и связи.
Rockwell Automation США	Ведущий американский производитель микроконтроллеров и средств промышленной автоматизации, электрооборудования и программного обеспечения.
FANUC Япония	Японская компания, производитель ЧПУ и систем промышленной автоматизации, а также промышленных роботов. Название компании представляет собой акроним от Factory Automation NUmerical Control («Автоматизация технологических процессов и Числовое управление»). Деятельность компании FANUC сосредоточена в трех сферах: Станки, Лазерное оборудование, Промышленные роботы.
KUKA Германия	Немецкая компания, производитель промышленных роботов. Компания заявляет, что является одним из трёх ведущих поставщиков промышленных роботов для автомобильной промышленности на мировом и ведущим поставщиком на европейском рынке. KUKA имеет 25 дочерних компаний в Соединенных Штатах, Мексике, Бразилии, Японии, Китае, Корее, Тайване, Индии и почти всех европейских странах, главным образом это филиалы по продажам и обслуживанию.
ABB Швеция	Asea Brown Boveri Ltd. – шведско-швейцарская компания, специализирующаяся в области электротехники, энергетического

Продолжение таблицы 1.1

	<p>машиностроения и информационных технологий. Компания основана в 1988 году слиянием шведской компании ASEA и швейцарской Brown, Boveri & Cie. Офисы концерна представлены в более 100 странах мира.</p>
<p>Yaskawa Motoman Япония</p>	<p>Американский филиал японской компании Yaskawa Electric Corporation, ведущего мирового производителя инверторов, сервоприводов, контроллеров и промышленных роботов. Основанная в 1915 году, YASKAWA была пионером в управлении движением и приводной техники, запуске инновационных продуктов, которые оптимизируют производительность и эффективность машин и систем. Продукты и решения YASKAWA помогают управлять автоматизацией процессов в различных отраслях промышленности, таких как горнодобывающая промышленность, сталелитейная, станочная, автомобильная, упаковочная, деревообрабатывающая, текстильная, полупроводниковая и других.</p>

На фоне анализа мировых тенденций развития роботизированных устройств можно сделать вывод, что автоматизация является доминирующим средством в достижении успеха в условиях глобализации международных экономических отношений, хотя и не единственным способом побеждать в конкурентной борьбе. Конечно, немалые возможности скрыты и в стимулирующей роли заработной платы персонала, и в привлечении рабочих к управлению производством и повышению качества продукции. Достаточно вспомнить японские «кружки качества», которые распространились по всему миру. Направленность их деятельности затрагивает теперь не только вопросы качества, но и снижение стоимости выпускаемой продукции, обеспечение техники безопасности и другие важные аспекты. Автоматизация создает принципиальные возможности для улучшения условий производства и

						151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			17

повышения производительности труда, роста качества продукции, сокращения потребности в рабочей силе и в систематическом повышении прибыли, что позволяет изменить тенденцию развития, сохранять освоенные рынки и завоевывать новые.

Однако на пути автоматизации стоит ряд факторов, которые необходимо учитывать. Прежде всего, следует понимать, что заниматься проблемами автоматизации надо начинать с предварительной проработки изделий, технологии и предприятия в целом. Только тщательная подготовка конструкции изделия, оценка стабильности технологии и надежности имеющегося на производстве парка оборудования позволят извлечь наибольшую пользу от применения промышленных роботов.

Ярким примером того, как роботизированные технологические линии составляют основу производства, является сегодня автомобилестроение. В связи с этим все промышленно развитые страны, производящие авто, также имеют фирмы, занимающиеся разработкой и производством роботов. Это позволяет им опережать конкурентов при внедрении новых технологий в автомобильное производство.

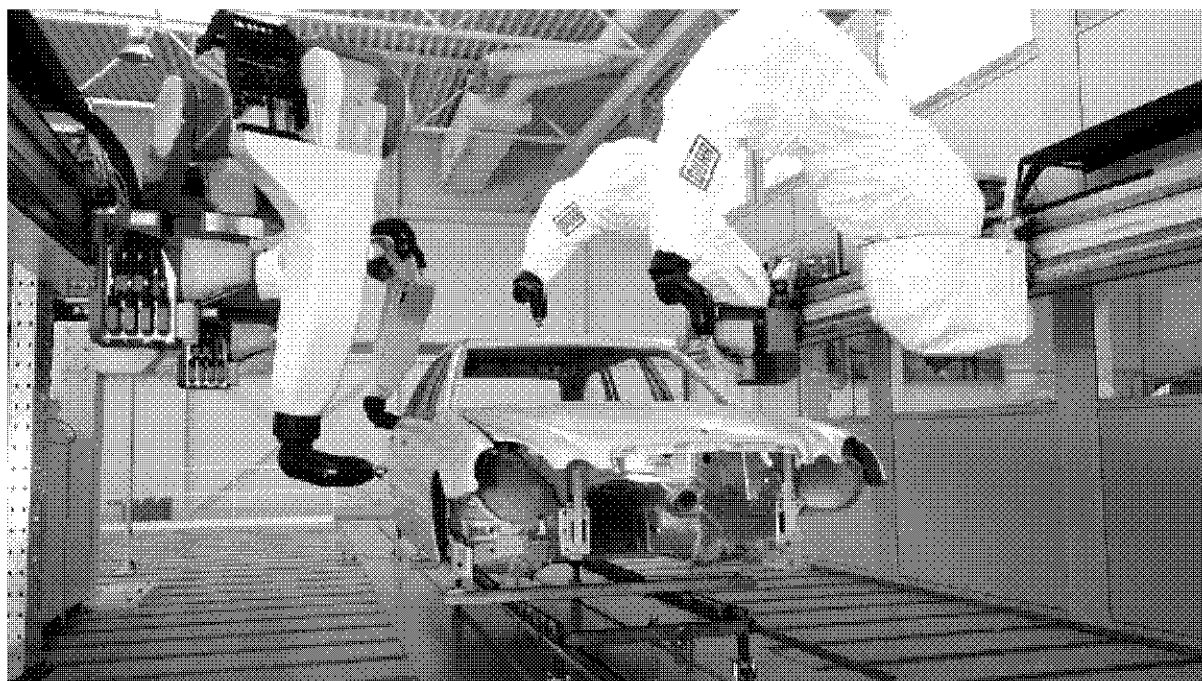


Рисунок 1.5 – Автоматизированная линия окраски в автомобилестроении

Западные фирмы-производители роботов зачастую используют свое право за счет ценовой политики и директивно-адресных действий в собственных интересах и в интересах наиболее перспективных клиентов регулировать развитие роботизированных технологий, вплоть до выборочного блокирования освоения некоторых из них. Не секрет, что они тесно сотрудничают с рядом ведущих зарубежных автомобилестроительных концернов и связаны с ними многочисленными соглашениями о нераспространении ноу-хау.

Преимущественно развитие технологических роботов в мировой индустрии пришлось на период упадка отечественной промышленности, в результате чего область применения роботов в России ограничилась до нескольких предприятий. И сегодня темпы внедрения роботизации в производственные мощности отечественных предприятий значительно отстают от зарубежных. В большинстве случаев наши предприятия, исходя в основном из экономических соображений, ограничиваются механизацией ручного труда. Разумеется, при таком подходе они оказываются неспособными составить сколь-нибудь серьезную конкуренцию высокотехнологичным производствам и тем более конкурировать с ними на динамично развивающемся рынке.

Если раньше автоматизация и состояла в замещении физического труда посредством механизации основных и вспомогательных операций производственного процесса, то сегодня глубокая автоматизация промышленности заключается в развитии машинного производства, при котором функции управления и контроля, ранее выполнявшиеся человеком, передаются приборам и автоматическим устройствам. Поэтому устоявшееся в нашей стране представление о промышленных роботах исключительно как о вспомогательных загрузочно-разгрузочных устройствах, обслуживающих станки или прессы, совершенно не соответствует современному уровню развития промышленной робототехники и практике применения роботов в производстве.

И все же сегодня многие передовые российские производственные предприятия, руководители которых ознакомились с возможностями роботов на

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

зарубежных выставках и предприятиях, все чаще начинают задумываться об их применении у себя. Но, для того чтобы успешно внедрять робототехнику в российскую промышленность, недостаточно просто найти подходящих поставщиков оборудования. Вопреки распространенному у нас мнению о том, что любую технологию (в том числе роботизированную) и любое оборудование можно сегодня свободно купить и использовать, не соответствует действительности как минимум по двум причинам:

- ведущие концерны уделяют большое внимание развитию ключевых технологий, сохранению контроля над их распространением и недопущению их перетекания к конкурентам;

- в технологически развитых странах существуют гласные и негласные ограничения на поставки в Россию уникальных передовых технологий, которые усугубляются пока достаточно распространенным настороженным отношением зарубежных разработчиков и поставщиков к российским предприятиям.

Другими неблагоприятными факторами, объективно сдерживающими применение промышленных роботов в России, являются внутренние проблемы:

- отсутствие у российских предприятий не только собственного опыта применения роботов, но даже общего представления о технических и экономических основах роботизированных технологий;

- отсутствие квалифицированных кадров, способных обеспечить эксплуатацию роботов;

- крайняя недостаточность специалистов, способных спроектировать роботизированные ячейки и линии, внедрить роботы и осуществить технологическую подготовку роботизированного производства.

С решения этих ключевых проблем и следует начинать внедрение и освоение робототехники на производстве.

Кадры, как известно, решают если не все, то очень многое. Каковы же требования к квалификации персонала предприятия, управляющего роботизированным технологическим комплексом? Необходимо понимать, что

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

промышленные роботы, это не космические технологии, познание которых потребует десятилетий упорного труда. Современные промышленные роботы удобны и легки в эксплуатации. Стандартный курс обучения работы с ними занимает около трех дней и позволяет получить достаточно знаний для самостоятельного управления роботом или участком станков с роботом-загрузчиком, а эксплуатационный опыт в дальнейшем позволит полностью освоить все возможности и особенности роботизированных технологий.

Таким образом, без большого преувеличения можно утверждать, что управлять роботами сможет практически любой технически грамотный специалист, даже без высшего образования, и для этого не потребуются люди с уникальными знаниями и опытом. Для обслуживания роботизированного комплекса, как правило, достаточно одного человека. Его работа сводится к «установке/снятию» обрабатываемых деталей и нажатию кнопки «Старт» для запуска системы.

Если же говорить о людях, которые создают рабочие программы для роботов, обучают их, производят элементарный сервис, то такие специалисты в обязательном порядке должны проходить специальное обучение. Необходимо осуществлять подбор людей для такого обучения с наличием высшего технического образования, желательно в совокупности с навыками программирования.

Примером нестандартного подхода к решению задач автоматизации производства является внедрение уникального для нашей страны производственного участка с несколькими промышленными роботами, которое сейчас проводится на пермском предприятии ОАО «Авиадвигатель» специалистами компании «Солвер». Основной задачей выполняемого проекта является организация на вновь созданном участке выпуска образцов для исследования прочностных свойств материалов. Цель – создание и отработка стабильной технологии их производства. Уровень роботизации участка должен обеспечивать выпуск образцов в количестве 600 штук в месяц.

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

Специалистами «Солвер» вместе с заводчанами была разработана электронная модель будущего производства, очерчен круг задач, решаемых робототехническим комплексом, проведена оценка его производительности, эффективности и окупаемости. В результате заказчик получил виртуальную картину будущего производства, которая на данном этапе успешно воплощается в реальность. Были более четко поняты, осознаны и впоследствии скорректированы требования к оборудованию, персоналу, организации технологической подготовки производства и самому производству. Таким образом, при привязке к определенному результату был взят курс на построение эффективного производства и его последующее сопровождение.

При выработке концепции комплекса его основой стала методология «трех проектов», разработанная и успешно применяемая специалистами компании «Солвер». В создаваемое с нуля производство внедрено четыре промышленных робота в составе роботизированного комплекса.

Вот наиболее важные преимущества, которые уже частично достигнуты нашими специалистами на данном этапе проекта в «Авиадвигателе»:

- сокращение трудоемкости производства продукции;
- увеличение его пропускной способности;
- значительное повышение качества изделий-образцов;
- снижение потребности в производственных площадях;
- сокращение требований к квалификации операторов, занятых в основном обслуживанием роботизированных технологий;
- гибкость в перенастройке системы. Роботизированный комплекс может осуществлять резку деталей различных форм и размеров, оператору надо лишь модифицировать библиотеку управляющих программ;
- технологическая гибкость. Один робот может выполнять резку образцов, другой – позиционирование заготовок, третий – их перемещение к различным участкам цеха. А время на их переоснащение можно минимизировать путем использования дополнительного оборудования для смены инструмента;

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

– снижение вредных воздействий на людей.

Необходимо отметить, что производители роботов не занимаются созданием технологий для конечного заказчика, данные задачи выполняют только квалифицированные системные интеграторы, имеющие партнерские или дилерские отношения с производителями оборудования. И, безусловно, проекты такого масштаба невозможно осуществить без тесной работы коллектива завода и специалистов консалтинговой компании, способных совместными усилиями вырабатывать нетривиальные решения.

1.3.2 Краткие выводы

1. Повышение качества продукции одновременно с уменьшением серийности и частым изменением выпускаемых моделей изделий является трендом современного рынка. Выполнение этих условий невозможно без развития автоматизации технологических производственных процессов. В ряде ключевых технологий, например, в сварке, лазерной обработке, термической резке, окраске, дальнейшее развитие возможно только с применением технологических роботов.

2. Альтернативой технологической зависимости от зарубежных держателей ноу-хау могла бы стать разработка сначала опытных, а затем и серийных образцов отечественных универсальных технологических роботов, включая собственную систему управления. Как показал опыт внедрения и эксплуатации промышленных роботов, усвоение передовых роботизированных технологий невозможно, прежде всего, без наличия ноу-хау на программное обеспечение самих роботов.

3. Наиболее высокотехнологические задачи, возникающие при подготовке производства новых деталей специального назначения, не представляется возможным решить именно из-за отсутствия таких ноу-хау. Например, согласованная работа в автоматическом режиме нескольких роботов от разных производителей не может быть осуществлена на базе стандартного контроллера. Причина – в отсутствии доступа к опционам сенсорики и некоторым интерфейсам

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

в системе управления роботами, которые не производятся, а покупаются в готовом виде, в качестве «закрытой системы». Цены на необходимое специальное программное обеспечение системы управления, устанавливаемые фирмами, весьма высоки.

4. Для создания альтернативы таким технологиям необходимо постоянно вести работы по созданию и развитию собственной системы управления для технологических роботов. Система управления является наиболее наукоемкой частью любой роботизированной технологической ячейки или линии. Без системы управления выпуск собственных технологических роботов и развитие собственных роботизированных технологий невозможны, без наработки собственных ноу-хау в области ключевых технологий, в частности роботизированных, Россия останется в роли догоняющего по отношению к зарубежным конкурентам.

5. Представления о робототехнике и роли промышленных роботов в современном отечественном производстве еще не до конца сформированы. Необходимость развития промышленной робототехники как средства обеспечения конкурентоспособности многих видов машиностроительного производства недостаточно осознается органами государственной власти, ответственными за промышленную политику.

6. Россия неизбежно войдет в качественный период своего развития, когда спрос на роботизированные технологии будет не меньше, чем в развитых странах, а количество квалифицированных компаний, занимающихся проектированием и изготовлением робототехнических комплексов, вырастет в разы.

7. Реалии сегодняшнего дня таковы, что если мы не сократим программное и конструкторско-технологическое отставание по внедрению в производственные процессы роботизированных комплексов в ближайшие 10-15 лет, то отстанем от лидеров мировой индустрии навсегда.

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

1.4 Формирование целей и задач проектирования

Целью выпускной квалификационной работы является разработка нового варианта технологического процесса изготовления детали «корпус», отличающегося по ряду конструкторских и технологических показателей.

Задачами работы являются:

- описать назначение и условия эксплуатации узла «бугельный узел»;
- описать служебное назначение детали «корпус бугельного узла» и технические требования, предъявляемые к детали;
- провести аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для двигателестроения;
- проанализировать существующую конструкторско-технологическую подготовку действующего производства;
- спроектировать новый технологический процесс изготовления детали «КН18105–700.02.06.001» в условиях серийного конкурентоспособного производства;
- провести аналитический обзор и выбрать технологическую оснастку;
- спроектировать и рассчитать станочное приспособление;
- провести аналитический обзор и выбрать режущий инструмент;
- спроектировать и рассчитать применяемый режущий инструмент;
- спроектировать операции технического контроля и выбрать измерительное оборудование;
- провести анализ возможности автоматизации технологического процесса обработки детали;
- разработать структурную схему гибкого производственного участка;
- выбрать оборудование для функционирования автоматизированной системы (промышленные роботы, накопители, транспортные системы, складские системы);
- указать базирование заготовки, полуфабриката, готовой детали в промышленном роботе, транспортном устройстве, промежуточном накопителе;

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

- разработать планировку участка механической обработки для спроектированного варианта технологического процесса;
- указать мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда;
- указать мероприятия по электробезопасности;
- указать мероприятия по пожарной безопасности.

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

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

Проведенный анализ оформления заводской технологической документации по данной детали показал, что операционные карты технологического процесса не соответствует ГОСТ 3.1402-84. По причине того, что на предприятии ЗАО «КОНАР» вся технологическая документация выполнена в соответствии с внутренним стандартом предприятия.

2.1.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента

На 010 токарной операции осуществляется точение внутреннего диаметра и наружных поверхностей. Комплект баз: установочная, двойная опорная. Эскиз 010 токарной операции представлен на рисунке 2.1.

В качестве режущего инструмента используются резцы: проходной резец PRAMET PCLNR 4040 16 с СМП CNMG 160612 R 9230, расточной резец PRAMET A60V-PCLNR 16 с СМП CNMG 160612 R 9230.

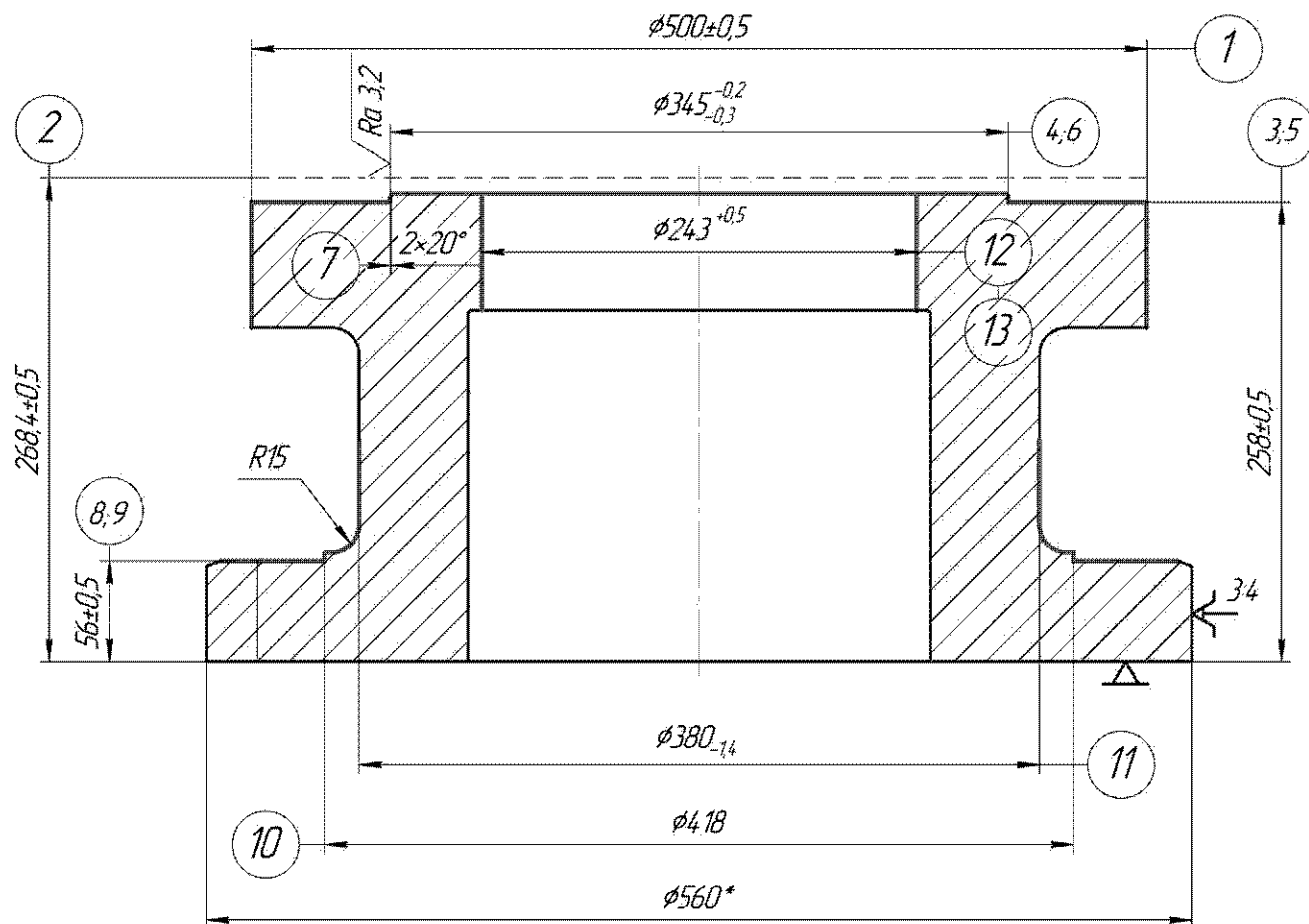
Применяемый измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ-III-1000-0,05 ГОСТ 166-89, штангенциркуль ШЦ-II-500-0,05 ГОСТ166-89.

Применяемое станочное оборудование: токарно-карусельный станок с ЧПУ 1E516Ф3, универсальный трехлачковый патрон типа 3205 DIN 6350.

На 015 токарной операции осуществляется точение внутреннего диаметра и наружных поверхностей, нарезка резьбы. Комплект баз: установочная, двойная опорная. Эскиз 015 токарной операции представлен на рисунке 2.2.

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

В качестве режущего инструмента используются резцы: канавочный резец ISCAR с СМП GDMF 808 IC9025, проходной резец PRAMET PCLNR 4040 16 с СМП CNMG 160612 R 9230, расточной резец PRAMET A60V-PCLNR 16 с СМП CNMG 160612 R 9230, резец для точения канавок ISCAR GHIC 50-85 с СМП



GIMF 608 IC908, резец для нарезки резьбы VARGUS AVR50-4 с СМП 4 IRN 60 VTX.

Рисунок 2.1 – Эскиз 010 токарной операции

Применяемый измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ-III-1000-0,05 ГОСТ 166-89, штангенциркуль ШЦ-II-500-0,05 ГОСТ166-89, штангенглубиномер ШГ-300 ГОСТ 162-90, кольцо упорное КН18105-700.02.06.003.

Применяемое станочное оборудование: токарно-карусельный станок с ЧПУ 1E516Ф3, универсальный трехлачковый патрон типа 3205 DIN 6350.

						151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			28

На 020 фрезерной операции осуществляется сверление отверстий, образование фасок и нарезка резьбы. Комплект баз: установочная, двойная опорная. Эскиз 020 фрезерной операции представлен на рисунке 2.3.

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

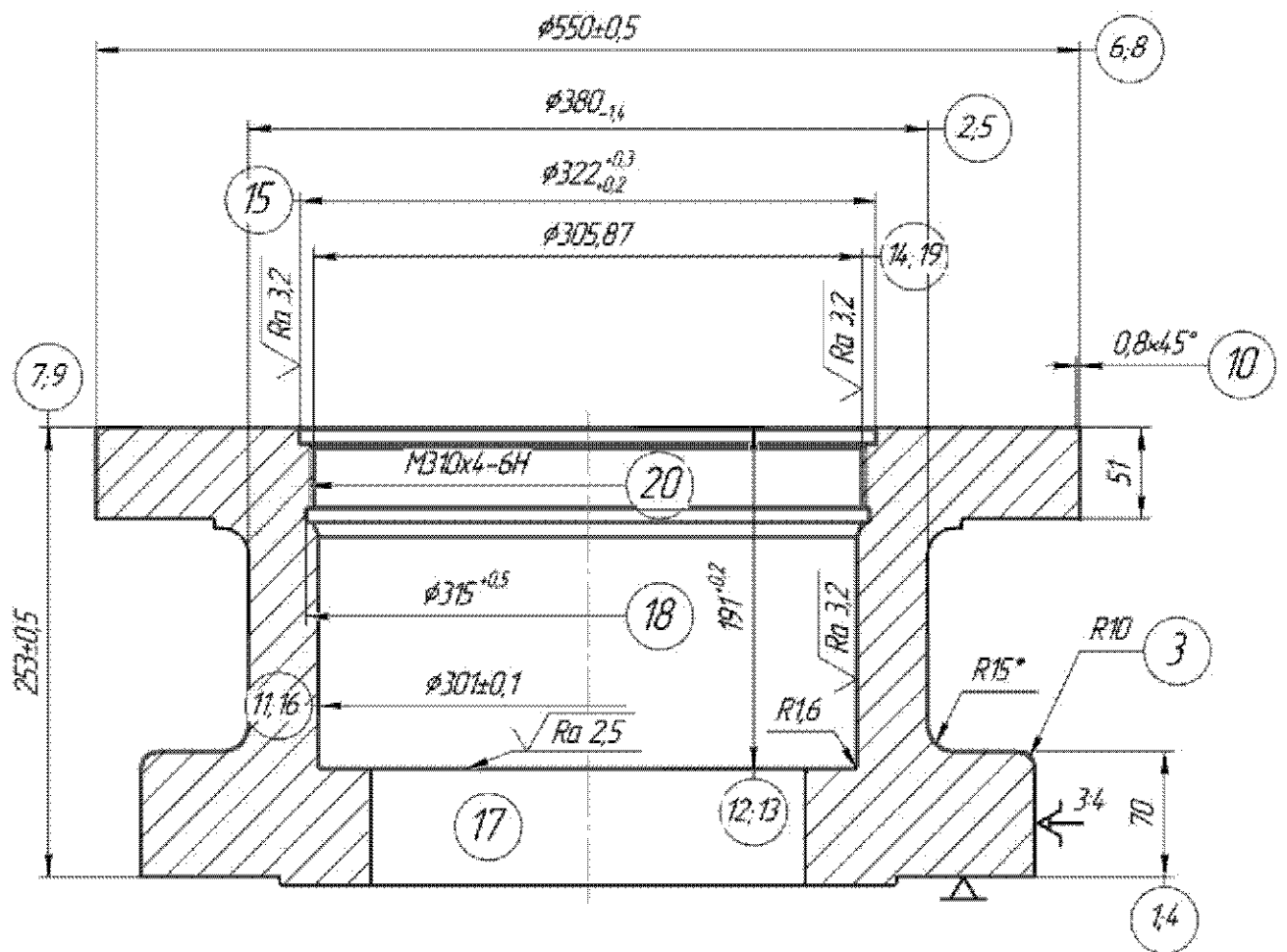


Рисунок 2.2 – Эскиз 015 токарной операции

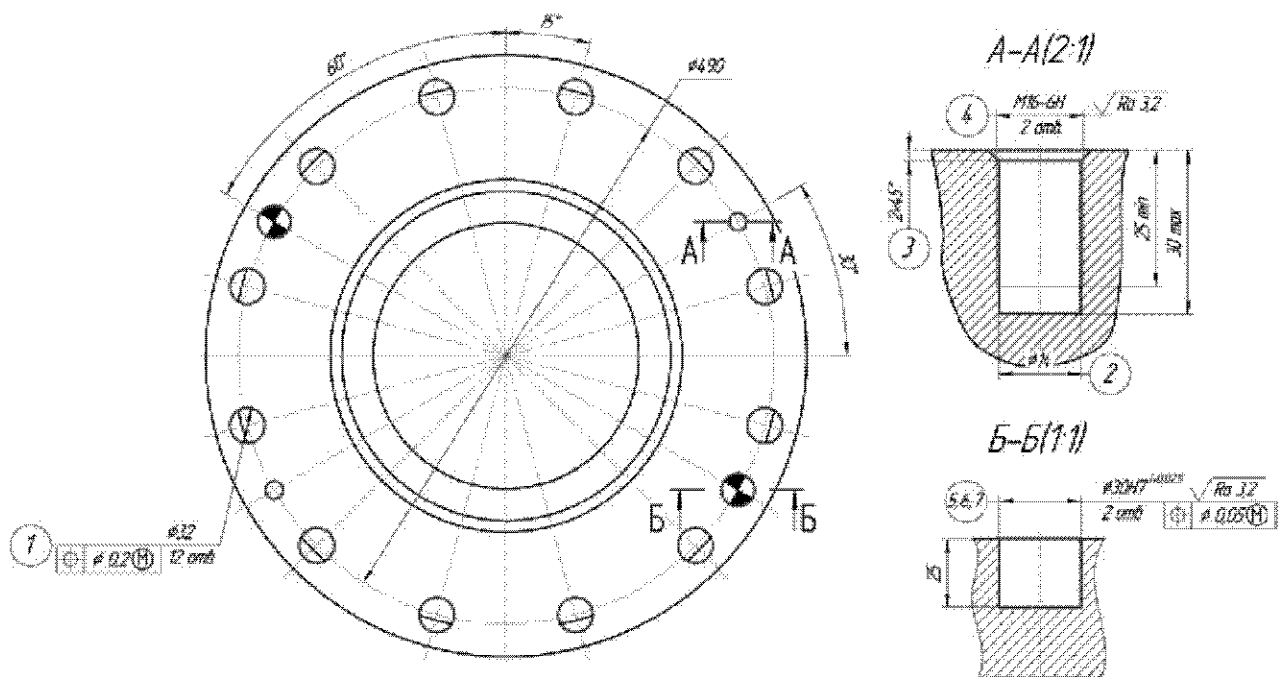


Рисунок 2.3 – Эскиз 020 фрезерной операции

В качестве режущего инструмента используются: сверло КОМЕТ U10 23200, сверло КОМЕТ U11 61402, сверло КОМЕТ U10 22950, фреза MITSUBISHI MS4MCD1000E, развертка 640.93.30H7G, метчик M16-6H FRAISA.

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

Применяемый измерительный инструмент: резьбовые пробки 7009-0231 и 7009-0243 ГОСТ 12202-66, нутромер.

Применяемое станочное оборудование: фрезерный станок с ЧПУ DECKEL MAHO DC 100 V, установочное и фрезерное приспособление.

На 025 фрезерной операции осуществляется сверление отверстий и образование фасок. Комплект баз: установочная, двойная опорная. Эскиз 025 фрезерной операции представлен на рисунке 2.4.

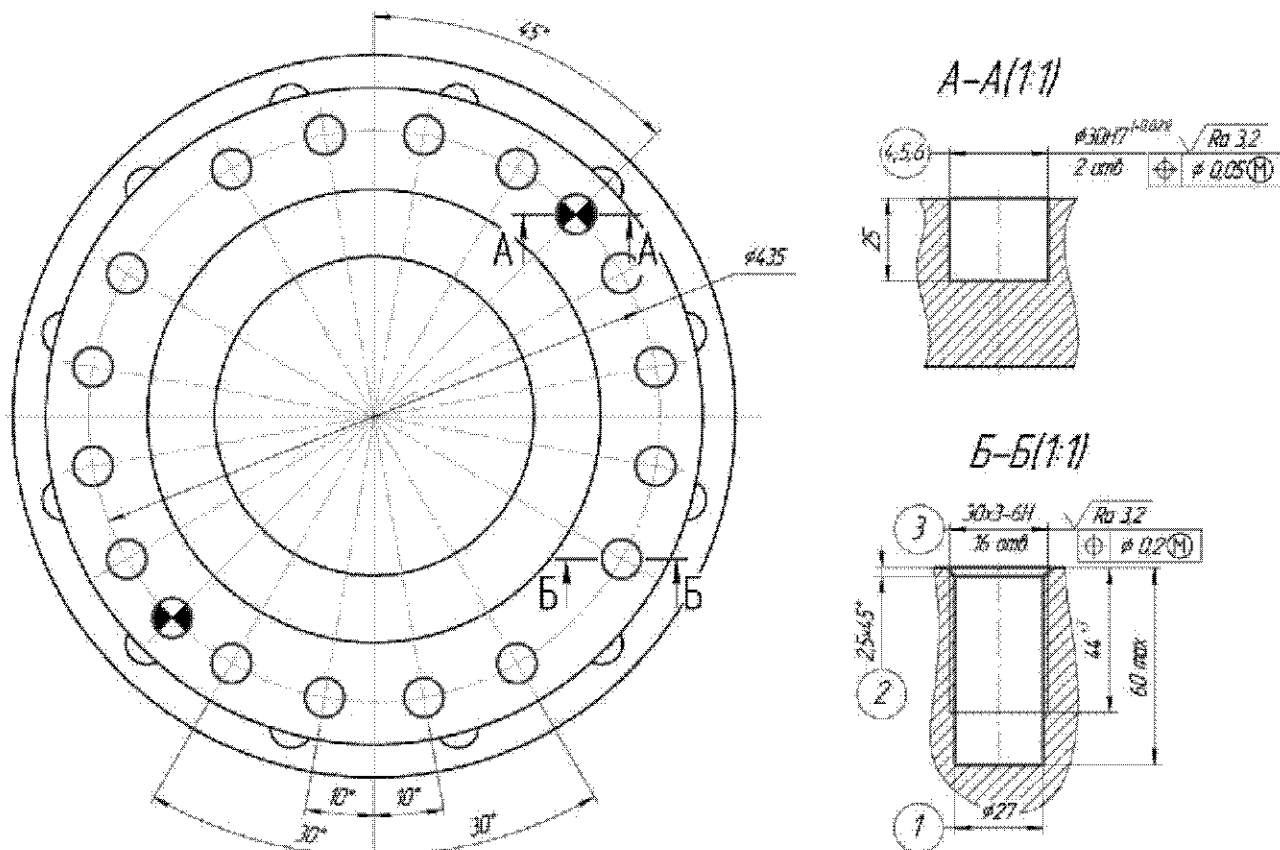


Рисунок 2.4 – Эскиз 025 фрезерной операции

В качестве режущего инструмента используются: сверло КОМЕТ U10 22700, сверло КОМЕТ U10 22950, фреза ,WALTER F2232.Z.016.Z02.05, фреза MITSUBISHI MS4MCD1000E, развертка 640.93.30H7G.

Применяемый измерительный инструмент: резьбовые пробки 7009-0231 и 7009-0243 ГОСТ 12202-66, нутромер.

Применяемое станочное оборудование: фрезерный станок с ЧПУ DECKEL MAHO DC 100 V, установочное и фрезерное приспособление.

На 030 фрезерной операции осуществляется сверление отверстий, образование фасок и нарезка резьбы. Комплект баз: двойная направляющая, опорная. Эскиз 030 фрезерной операции представлен на рисунке 2.5.

В качестве режущего инструмента используются: сверло Ø9 материал режущей части P6M5, фреза MITSUBISHI с СМП, метчик M10x1 FRAISA.

Применяемый измерительный инструмент: резьбовая пробка 7009-0225 ГОСТ 12202-66.

Применяемое станочное оборудование: обрабатывающий центр Trevisan DS 300/70С, фрезерное приспособление.

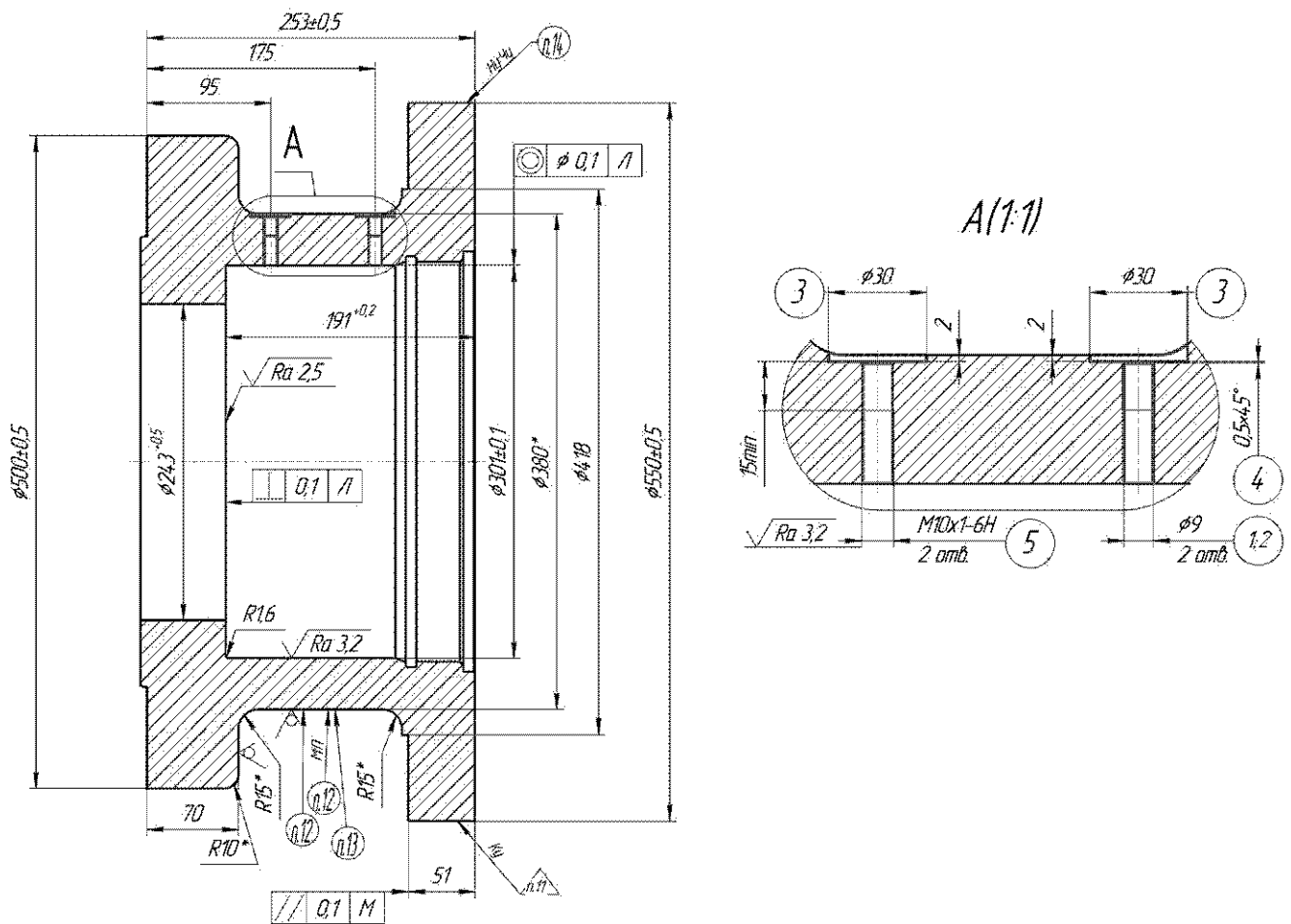


Рисунок 2.5 – Эскиз 030 фрезерной операции

2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса

С целью расчета припусков замыкающих звеньев и возможности выявления брака проведем проверочный размерный анализ действующего технологического процесса.

Размерный анализ решает более широкий круг задач и кроме расчета операционных цепей, охватывает очень широкий комплекс технологических расчетов. На стадии проектирования необходимо экономить металл и материальные затраты за счет уменьшения размеров износа, трудоемкости изготовления детали и снижения брака.

В действующем технологическом процессе замыкающими звеньями размерных цепей являются припуски.

Рассчитываются минимальные необходимые припуски. Минимальный припуск для любой операции рассчитывается по формуле:

$$\Delta_{\text{раст. min}} = Df + Rz, \quad (2.1)$$

где Df – величина дефектного слоя, мкм;

Rz – шероховатость с предшествующей операции, мкм.

Для точения: $Df = 80$ мкм; $Rz = 60$ мкм. Тогда:

$$\Delta_{\text{раст. min}} = 80 + 60 = 140 \text{ мкм.}$$

Для фрезерования: $Df = 500$ мкм; $Rz = 50$ мкм. Тогда:

$$\Delta_{\text{раст. min}} = 500 + 50 = 550 \text{ мкм.}$$

$$[17 \# 18] = (17 + 87) - (18 + 87) = -268 \pm 0,5 + 270^{+3} = 1,6_{-0,5}^{+3,5} \text{ мм;}$$

$$[47 \# 48] = (28 + 87) - (28 + 48) - (76 + 87) - (47 + 76) = 258 \pm 0,5 - 70_{-0,74} - 68^{+2} - 122^{+1} = -2_{-3,5}^{+1,24} \text{ мм;}$$

$$[77 \# 78] = (77 + 87) - (78 + 87) = 56 \pm 0,5 - 51_{-0,74} = 5_{-0,5}^{+1,24} \text{ мм;}$$

$$[76 \# 78] = (76 + 87) - (78 + 87) = 68^{+2} - 56 \pm 0,5 = 12_{-0,5}^{+2,5} \text{ мм;}$$

$$[87 \# 88] = (28 + 87) - (28 + 88) = 258 \pm 0,5 - 253 \pm 0,5 = 5_{-1}^{+1} \text{ мм.}$$

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

При проведении проверочного размерного анализа выявлена возможность получения брака, так как при расчете одно из значений припусков получилось отрицательным, а также на одном из размеров припуск завышен.

Размерный анализ действующего технологического процесса представлен в приложении А.

2.1.4 Выводы по разделу

В действующем технологическом процессе в качестве исходной заготовки используется ковкая поковка, что нетехнологично, так как коэффициент использования материала (КИМ) низкий. При использовании такой заготовки большая часть материала уходит в стружку.

В качестве станочных приспособлений и технологической оснастки в действующем технологическом процессе используются стандартные и специальные приспособления и оснастка, что эффективно для любых типов производств. В качестве контрольных приспособлений используются как стандартные, так и специальные приспособления, что эффективно для единичного и мелкосерийного производств, но не эффективно для крупносерийного.

После проведения размерного анализа действующего технологического процесса стало видно, что припуски на обработку являются больше минимальных необходимых – значит, существующие припуски завышены. Это приводит к увеличению срезаемого в стружку металла и уменьшению КИМ, что неэффективно для любых типов производств.

Действующий технологический процесс можно усовершенствовать, объединив фрезерные и токарные операции, и выполняя обработку на обрабатывающем центре с возможностью точения, растачивания, сверления, зенкерования, развертывания и фрезерования. Также в качестве исходной заготовки использовать литые по газифицируемым моделям. Эти действия позволят сократить количество операций и переходов, а так же время обработки детали, что приведет к увеличению производительности. Так же уменьшится

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

число рабочих, а значит и уменьшится влияние человеческого фактора на точность обработки и себестоимость детали.

2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали типа «корпус бугельного узла КН18105–700.02.06.001»

2.2.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки

Главным при выборе заготовки является обеспечение заданного качества готовой детали при ее минимальной себестоимости. Себестоимость детали определяется суммированием себестоимости заготовки по калькуляции заготовительного цеха и себестоимости ее последующей обработки до достижения заданных требований качества по чертежу.

Материал детали Сталь 20ГЛ ГОСТ 21357–87, деталь имеет сложную форму и большие габариты. В качестве метода получения исходной заготовки выбирается литьё по газифицируемым моделям (ЛГМ) – это технология, позволяющая получить отливки по точности равные литью по выплавляемым моделям при уровне затрат сопоставимом с литьём в землю.

Способ литья по газифицируемым моделям обладает рядом преимуществ:

- снижение капиталовложений на оборудование (вибростол заменяет все остальное формовочное оборудование);
- возможность использования любого вида металла;
- сокращение числа технологических операций;
- благодаря использованию в качестве формовочного материала оборотного кварцевого песка и упрочнения формы вакуумом исключается использование стержней и оборудования для их изготовления;
- снижение до минимума количество отходов производства;
- сокращение трудозатрат в 2–4 раза;
- снижение потребления электроэнергии в 2–3 раза;
- сокращение и оптимальное использование производственных площадей;

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

- уменьшение затрат на вспомогательные материалы в 3–5 раз.

Для изготовления моделей используется литейный полистирол мелких фракций 0,3-0,9 мм (в зависимости от габаритов детали). Полистирол предварительно подвспенивается на паровой ванне и просушивается. В пресс-формы задувается подвспененный полистирол, пресс-формы устанавливаются в автоклав и выдерживаются до спекания гранул полистирола. Затем охлаждают и достают готовые модели. Другой способ изготовления моделей – на модельных автоматах, что повышает производительность в 2-4 раза. Модели мелких размеров собираются в блоки (кусты) склеиванием, либо припаиваются. Сложные модели собираются по частям, которые затем склеиваются в единую деталь. Окраска блоков моделей производится в 1 слой специальным противопожарным покрытием путем окунания в ванну, либо при сложной конфигурации отливок, обливом. Сушка окрашенных блоков производится в камере при температуре 40-60⁰С в течение 2-3 часов, после нее производится формовка в специальные опоки на вибростоле постепенной засыпкой песком. Подача опок на заливочный участок и заливка металла. Горячий металл выжигает (газифицирует) полистирол и занимает его место.

Точность получаемых размеров – 10... 12 квалитет, шероховатость – Ra = 6,3–12,5 мкм. Данный метод позволяет получать отливки, не требующие дальнейшей механической обработки, а также возможность получения узлов машин, которые при обычных способах литья пришлось бы собирать из отдельных деталей.

Применение технологий литья по газифицируемым моделям – важный шаг в области охраны окружающей среды. В традиционном литейном производстве основной источник токсичных веществ, выделяемых в атмосферу, – это связующие материалы и синтетические смолы, используемые при изготовлении стержней и форм. При заливке, вредные вещества выделяются в воздух производственного помещения, и его очистка представляется довольно сложным мероприятием. При ЛГМ-процессе модель для отливки создается из

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

пенополистирола. В процессе выжигания полистирол полностью разлагается на газообразные составляющие. Опоки с моделями для заливки подключены к вакуумной системе, поэтому все вредные газы поступают сразу в систему очистки, практически не попадая в помещения.

Литьё по газифицируемым моделям относится к малоотходному производству. Формованный песок тщательно просевается, подается элеваторами в охладитель, после чего возвращается на формовку. При этом удаляются вредные газы и пыль. Антипригарные покрытия на водных связующих практически не загрязняют песок и легко отделяются при просеивании и в системе охлаждения. Один-два раза в год песок очищают методом терморегенерации. Для удаления пыли на производствах используются аспирационные установки и циклоны с высокой степенью очистки. Многократное использование песка позволяет добиться минимальных потерь – всего 0,5-1 % (пыль кварцевого песка, остатки краски). На комплексах литья по газифицируемым моделям используется обратное водоснабжение плавильных печей. Используемое тепло не утилизируется. Оно используется для обогрева производственных помещений, а также подается в помещения для сушки и хранения полистирольных моделей. Это позволяет значительно снизить внешнее водопотребление и слив отработанной воды в канализацию, а также минимизировать потребление электрической или тепловой энергии, требуемой для обогрева.

Таблица 2.1 – Сравнение выброса вредных веществ при литье в песчаные формы и ЛГМ

Отходы	Традиционный метод	ЛГМ
Пыль	50 кг	16 кг
Окись углерода	250 кг	–
Окись серы	1,5-2 кг	0,2-0,3 кг
Твердые отходы	1200-1500 кг	0,05-0,1 кг
Отработанная вода	0,3-0,5 м ³	–

2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования

При получении заготовки литьем по газифицированным моделям остаётся необходимым обработать внутренние поверхности, некоторые наружные и отверстия, то есть основное технологическое оборудование должно позволять выполнять операции точения, растачивания, фрезерования, сверления, зенкерования и развертывания. Также необходимо, чтобы деталь помещалась в рабочую область станка (корпус бугельного узла является корпусной деталью и заготовка имеет габаритные размеры $\text{Ø}553 \times 264$ мм).

Всем вышеперечисленным требованиям удовлетворяет горизонтальный обрабатывающий центр с ЧПУ Trevisan DS 600/200 C, который представлен на рисунке 2.6.

На станке есть возможность выполнять любые фрезерные, сверлильные и расточные операции. Все характеристики станка приведены в таблице 2.2.



Рисунок 2.6 – Обрабатывающий центр с ЧПУ Trevisan DS 600/200 C

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

Таблица 2.2 – Характеристики обрабатывающего центра Trevisan DS 600/200 C

Фрезерный шпиндель	
Мощность, кВт	37
Частота вращения, об/мин	2800
Диаметр, мм	200
Программируемый план-суппорт	
Перемещение по оси U, мм	200
Мощность, кВт	37
Частота вращения, об/мин	450
Диаметр, мм	600
Максимальный диаметр обработки, мм	850
Перемещение по осям	
X, мм	1340
Y, мм	1000
Z, мм	1100
Точность позиционирования, оси X, Y, Z, U, мм	±0,02
Повторяемость, оси X, Y, Z, U, мм	±0,05
Точность позиционирования, ось B, сек	±12''
Повторяемость, ось B, сек	±10
Прочие характеристики	
Габаритные размеры, мм	7000x6200x4500
Вес, кг	33000
Установочная мощность, кВт	100

2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта

Маршрутный технологический процесс представлен в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Маршрутный технологический процесс

Название и номер операции	Оборудование
000 Заготовительная	
005 Транспортная	Кран-штабелер SMC-3 XL
010 Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ	Обрабатывающий центр TREVISAN DS 600/200 C
015 Контрольная	КИМ Carl Zeiss ACCURA MASS
020 Маркировочная	Стационарный маркиратор TECHNOMARK MULTI 4 V3 600
025 Упаковочная	

000 Заготовительная операция (Литье по газифицируемым моделям)

√ Ra 6,3

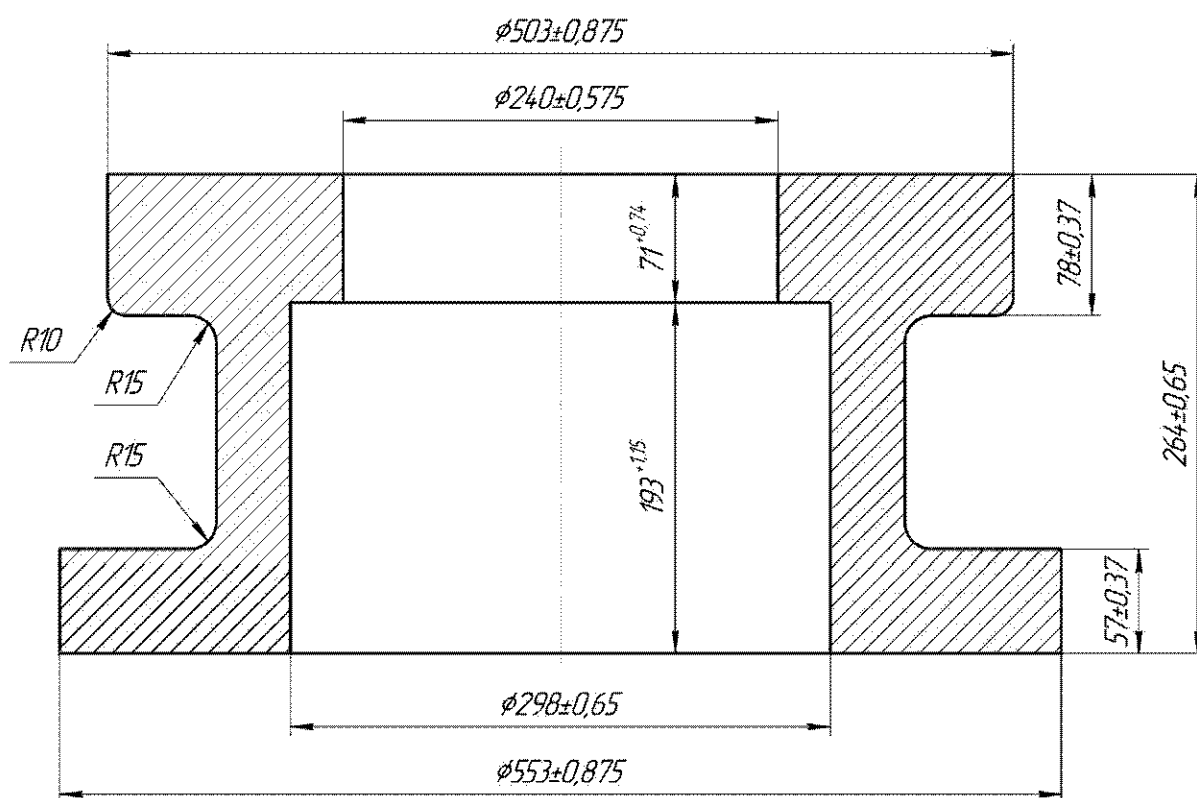


Рисунок 2.7 – Эскиз заготовки

010 Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ.

Установ А – точение плоскости и наружного диаметра, растачивание внутренних поверхностей, сверление отверстий $\varnothing 32$ мм, $\varnothing 29,5$ мм, $\varnothing 14$ мм, нарезание резьбы М16–6Н и М310х4–6Н, фрезерование фасок и отверстий, развертывание отверстия $\varnothing 30$.

Операционный эскиз операции 010 комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ (установ А) представлен на рисунке 2.8.

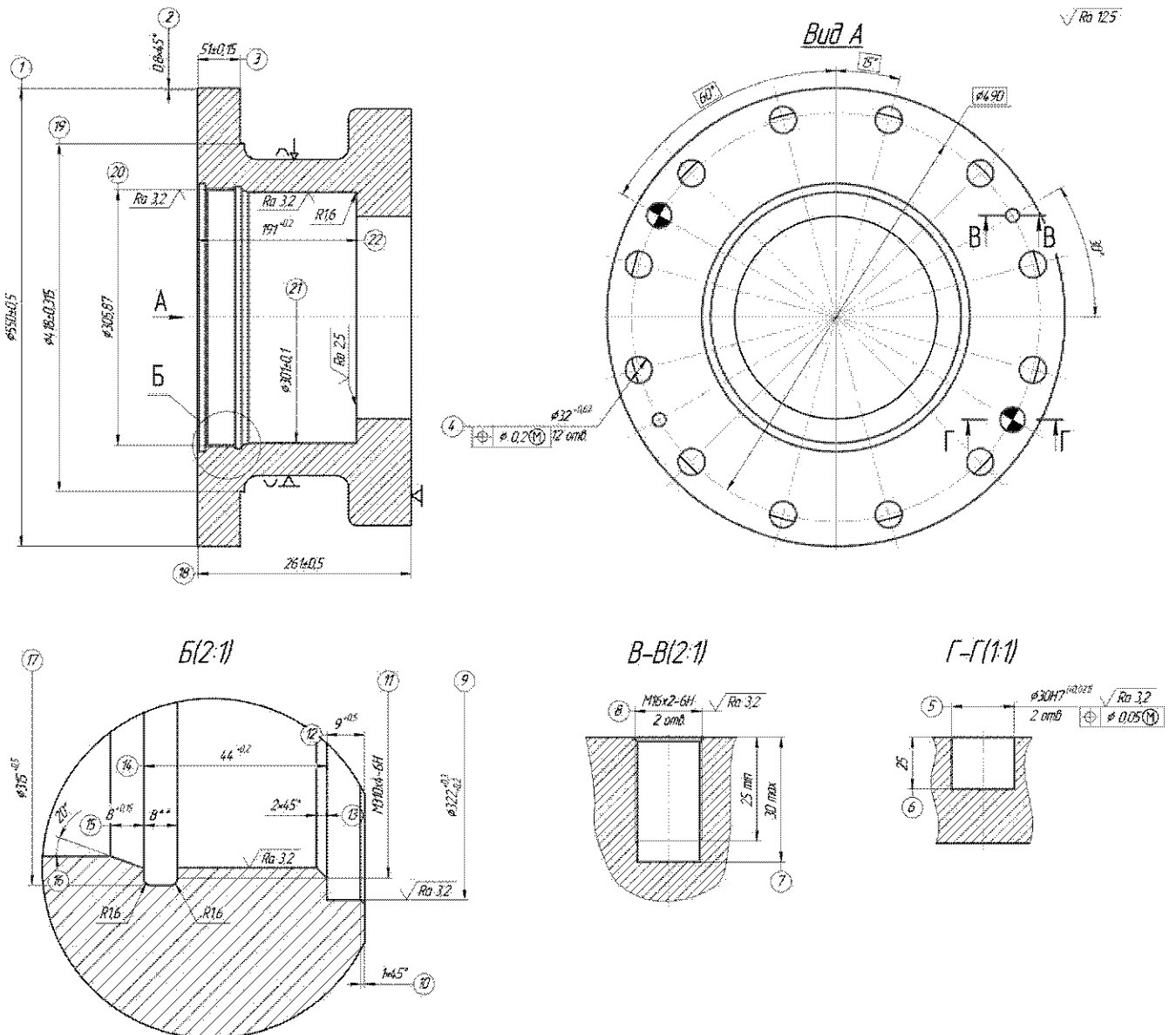


Рисунок 2.8 – Операционный эскиз операции 010 комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ (установ А)

Позиция 1, 3, 18 – точение наружного диаметра и плоскости;

позиция 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22 – растачивание внутренних поверхностей;

позиция 7, 8, 11 – нарезание резьбы;

позиция 4, 5, 6, 7, 8 – сверление отверстий;

позиция 5, 6, 8 – фрезерование фасок и отверстий;

позиция 5 – развертывание отверстия.

Операционный эскиз операции 010 комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ (установ Б) представлен на рисунке 2.9.

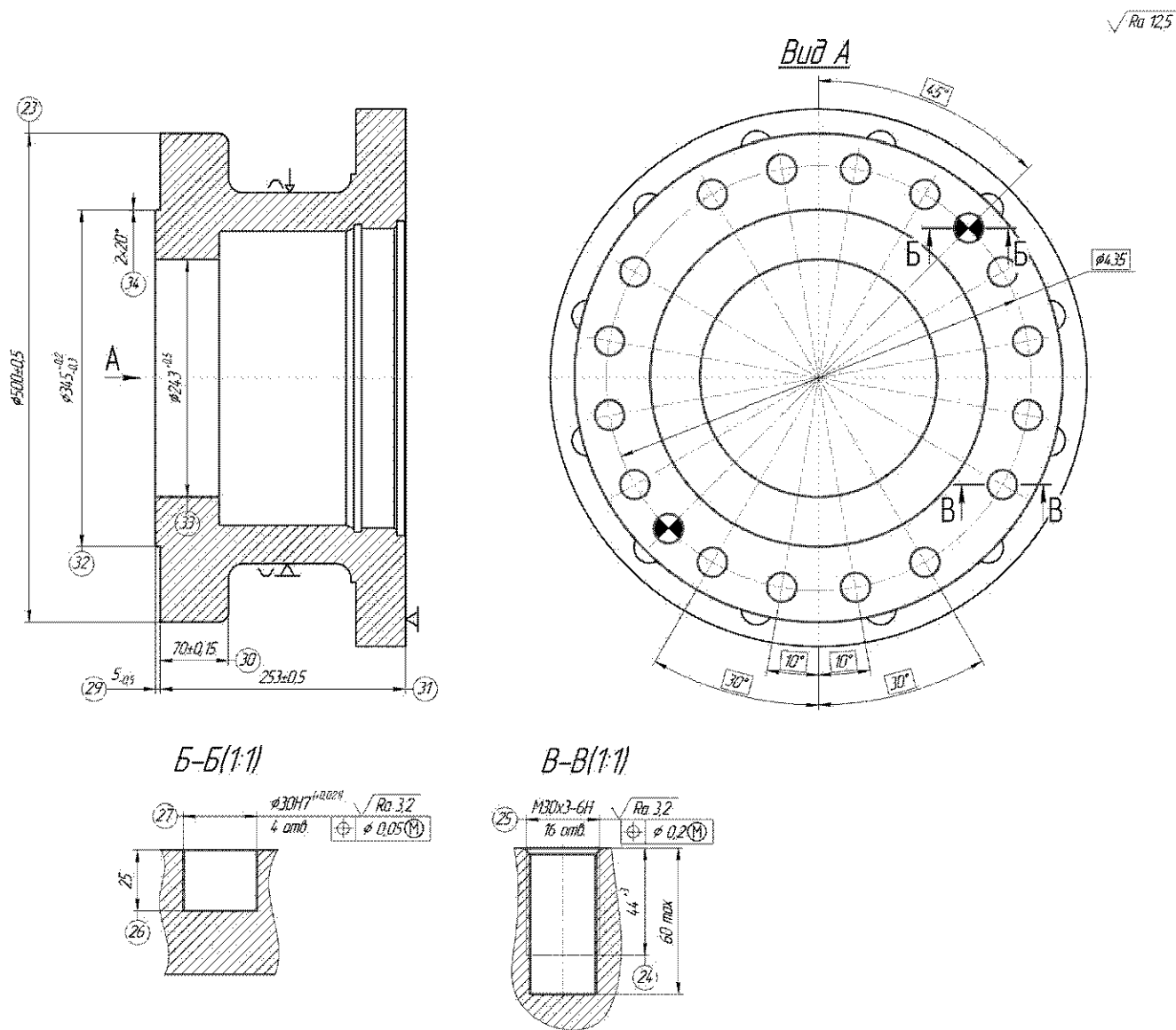


Рисунок 2.9 – Операционный эскиз операции 010 комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ (установ Б)

Позиция 23, 29, 30, 31, 32, 34 – точение наружного диаметра и плоскости;

позиция 33 – растачивание внутренней поверхности;
 позиция 24, 25 – нарезание резьбы;
 позиция 24, 25, 26, 27 – сверление отверстий;
 позиция 25, 27 – фрезерование фасок и отверстий;
 позиция 27 – развертывание отверстия.

Операционный эскиз операции 010 комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ (установ В) представлен на рисунке 2.10.

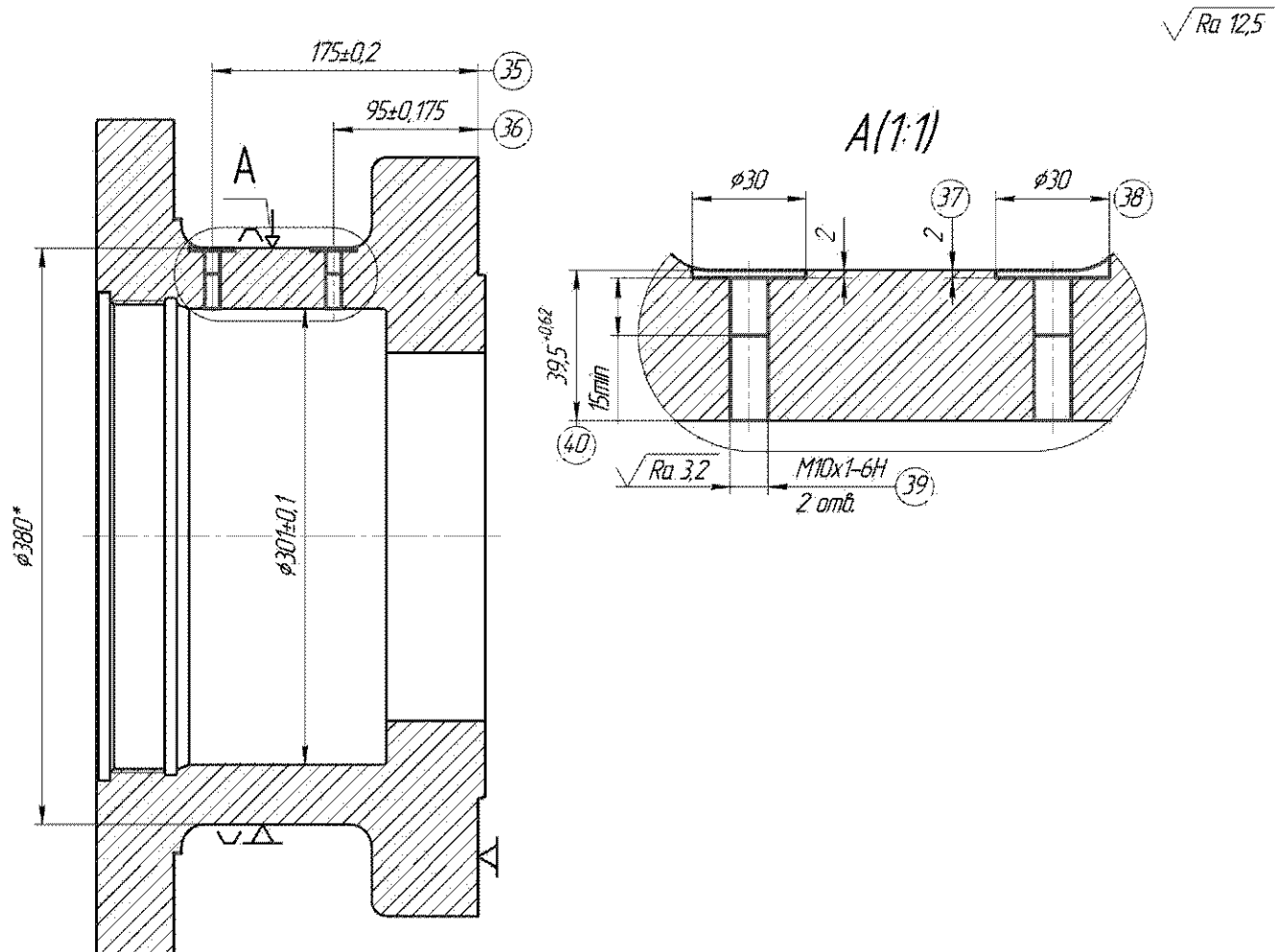


Рисунок 2.10 – Операционный эскиз операции 010 комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ (установ В)

Позиция 35, 36, 39, 40 – сверление отверстий;
 позиция 37, 38 – фрезерование плоскости;
 позиция 39 – нарезание резьбы.

2.2.4 Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса

Размерный анализ проектируемого технологического процесса представлен в приложении Б. Все чертёжные размеры выполняются, замыкающих звеньев нет.

Минимальный необходимый припуск для растачивания (и для любой другой операции при выбранном способе получения заготовки) рассчитывается по формуле:

$$\Delta_{\text{фр.мин}} = Df + Rz,$$

где Df – величина дефектного слоя, мкм;

Rz – шероховатость с предшествующей операции, мкм.

Для фрезерования: $Df = 60$ мкм; $Rz = 240$ мкм. Тогда:

$$\Delta_{\text{фр.мин}} = 60 + 240 = 300 \text{ мкм.}$$

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

Расчет режимов резания для растачивания.

По «общемашиностроительным нормативам времени и режимов резания» расчет режимов резания и норм времени производим для детали «корпус бугельного узла».

Исходные данные:

Деталь

Наименование – корпус бугельного узла;

Материал – сталь 20ГЛ ГОСТ 21357–87 ($\sigma_b=550$ МПа, $\sigma_T=280$ МПа, НВ=143-187 МПа);

Точность обработки поверхностей: IT11;

Параметры шероховатости обработанных поверхностей: $Ra=12,5$ мкм.

Заготовка

Заготовка – отливка IT12;

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Состояние поверхности – без корки;

Масса – 212 кг;

Припуск на обработку поверхностей – 1,5 мм.

Операция

Базирование – призма с поджимом и упором;

Содержание операции – растачивать поверхность.

Выбор стадии обработки

По карте 1, лист 2 ([1], с.35) определяем необходимые стадии обработки. Для получения размера детали $\varnothing 243^{+0,5}$, соответствующего 11-му качеству, из заготовки 12-го качества необходимо вести обработку в одну стадию: чистовую.

Выбор глубины резания

Выбор минимально необходимой глубины резания для III (чистовой) стадии осуществляется по карте 2 ([1], с.37).

Для поверхности $\varnothing 243^{+0,5}$, диаметр детали входит в интервал размеров 180... 250 мм. Глубина резания для получения из 12-го качества 11-го качества составляет $t_{III}=1,1$ мм (поз. №7, инд. «б»).

Выбор инструмента

Резцы (оправки) следует применять наименьшей технологически возможной длины и наибольшего технологического допустимого сечения. Принимаем резец с державкой прямоугольного сечения высотой $B=25$ мм и вылетом $l=200$ мм.

В соответствии с рекомендациями приложения 1 ([1], с.263) обработку проводим пластинами из твердого сплава: Т30К4 – на чистовой стадии.

По приложению 5 ([1], с.266) выбираем твердосплавную пластину ромбической формы.

Способ крепления пластины выбираем по приложению 6 ([1], с.267): для чистовой стадии обработки – двухплечим прихватом за выемку.

По приложению 7 ([1], с.268) принимаем углы в плане: главный угол в плане $\varphi=50^{\circ}$, вспомогательный угол в плане $\varphi_1=3^{\circ}$.

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

Геометрические параметры режущей части инструмента выбираем из приложения 8 ([1], с.269):

- $\alpha=80$ – задний угол;
- $\gamma=150$ – передний угол;
- $f=0,3$ мм – ширина фаски режущей кромки (форма передней поверхности резца плоская с фаской);
- $\rho=0,03$ мм – радиус округления режущей кромки;
- $r_v=1$ мм – радиус вершины резца.

Принимаем нормативный период стойкости $T=30$ мин по приложению 13 ([1], с.279).

Выбор подачи

Для чистовой стадии обработки значение подачи определяем по карте 12 ([1], с.56). При растачивании резцом прямоугольного сечения с шириной $B=25$ мм при глубине резания $t=1,1$ мм рекомендуется подача $S_{от}=0,28$ мм/об (поз. №3, инд. «з»).

Выбранное значение подачи корректируем с учетом поправочных коэффициентов, которые выбираем по карте 11 ([1], с.52) для измененных условий обработки в зависимости от:

- инструментального материала $K_{Sи}=1,0$;
- состояния поверхности заготовки $K_{Sп}=1,0$;
- вылета резца оправки $K_{Sl}=1,0$;
- геометрических параметров резца $K_{Sф}=1,4$;
- диаметра детали $K_{SD}=1,0$;
- механических свойств обрабатываемого материала $K_{SM}=1,0$.

Окончательно подачу для чистовой стадии обработки определяют по формуле:

$$S_o = S_{от} \cdot K_{Sи} \cdot K_{Sп} \cdot K_{Sl} \cdot K_{Sф} \cdot K_{SD}; \quad (2.2)$$

Подставляя, получим:

$$S_o = 0,28 \cdot 1,0 \cdot 1,4 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,392 \text{ мм/об.}$$

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

Выбор скорости резания

Скорость резания для чистовой стадии обработки выбираем по карте 22 ([1], с.81). Соответствует скорость резания $V_T=239$ м/мин; (поз. №4, инд. «д»). По этой же карте скорости резания корректируют с учетом инструментального материала $K_{VH}=1,0$.

По карте 23 ([1], с.82) выбираем поправочные коэффициенты на скорость резания при чистовой стадии обработки для измененных условий в зависимости от:

- группы обрабатываемого материала $K_{Vc}=1,0$;
- вида обработки $K_{Vo}=0,9$;
- жесткости станка $K_{Vj}=1,0$;
- механических свойств обрабатываемого материала $K_{Vm}=1,0$;
- геометрических параметров резца $K_{V\phi}=1,4$;
- периода стойкости режущей части резца $K_{VT}=1,0$;
- наличия охлаждения $K_{Vж}=1,0$.

Скорректированная скорость резания вычисляется по формуле:

$$V=V_T \cdot K_{Vc} \cdot K_{VH} \cdot K_{Vj} \cdot K_{Vm} \cdot K_{VT} \cdot K_{Vж} \cdot K_{Vo} \cdot K_{V\phi}; \quad (2.3)$$

$$V=239 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,4 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 301,14 \text{ м/мин.}$$

Частоту вращения шпинделя определим по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}; \quad (2.4)$$

Подставляя, получим:

$$n = \frac{1000 \cdot 301,14}{3,14 \cdot 243} = 398,1 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Проведем проверку подачи по обеспечению требуемой шероховатости. При обработки стали во всем диапазоне скоростей резцом с радиусом при вершине $r_b=1,0$ мм по карте 25 ([1], с.86) для получения параметра шероховатости $Ra \leq 10$ мкм рекомендуется подача $S_{от}=0,65$ мм/об (поз. №3, инд. «а»).

Скорректировав подачу по шероховатости с учетом поправочных коэффициентов по карте 26 ([1], с.88) для измененных условий в зависимости от:

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

- механических свойств обрабатываемого материала $K_{SM}=1,0$;
- инструментального материала $K_{Si}=1,0$;
- вида обработки $K_{So}=1,0$;
- наличия охлаждения $K_{Sж}=1,0$,

получим $S_0=0,65 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0=0,65$ мм/об.

Рассчитанная подача на чистовой стадии обработки не превышает этого значения.

Сверление отверстия спиральным сверлом.

Исходные данные:

Деталь

Наименование – корпус бугельного узла;

Материал – сталь 20ГЛ ГОСТ 21357–87 ($\sigma_B=550$ МПа, $\sigma_T=280$ МПа, НВ=143-187 МПа);

Точность обработки поверхностей: IT11;

Параметры шероховатости обработанных поверхностей: Ra=12,5 мкм.

Заготовка

Заготовка – отливка IT12;

Масса – 212 кг;

Отверстие в сплошном металле.

Операция

Базирование – призма с поджимом и упором;

Содержание операции – обработать 12 отверстий Ø32 мм длиной l=65 мм с параметром шероховатости Ra=12,5 мкм;

Охлаждение – эмульсия.

Выбор варианта маршрута обработки

Маршрут обработки выбираем по карте 44 ([1], с.120) в зависимости от диаметра, точности и параметра шероховатости обрабатываемого отверстия, состояния отверстия заготовки, вида устройства ЧПУ. В данном случае для

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

диаметра 32 мм 11-го качества с Ra=12,5 мкм маршрут обработки включает сверление, рассверливание и получистовое зенкерование (поз. №3, инд. «в»).

Выбор глубины резания

Глубину резания на переход зенкерования определяют по карте 45 ([1], с.126) и корректируют с учетом последовательности переходов маршрута (поправочный коэффициент $K_{\text{ц}}$). Для данного случая глубина резания при получистовом зенкеровании $t=0,79$ мм (поз. №6, инд. «б»).

Предшествующим переходом перед получистовым зенкерованием был переход рассверливания. Для этого случая поправочный коэффициент $K_{\text{ц}}=1,0$. Окончательно глубина резания для перехода получистовое зенкерование $t=0,79 \cdot 1,0=0,79$ мм.

Глубина резания для перехода «сверление» принимается равной половине диаметра сверла $t=0,5 \cdot 32=16$ мм.

Расчет диаметров обрабатываемого отверстия по переходам маршрута и выбор инструмента

Диаметры обрабатываемого отверстия по переходам находят по формуле

$$D_i = D_{i+1} - 2 \cdot t_{i+1}. \quad (2.5)$$

С учетом ранее определенных глубин резания диаметры отверстия находят для:

- зенкерования получистового $D=32$ мм;
- рассверливания $D=32-2 \cdot 0,79=30,42$ мм;
- сверления $D=30,42-2 \cdot 0,21=30$ мм.

С учетом округления принимают следующие размеры инструментов:

- для сверления – $D=30$ мм;
- для рассверливания – $D=30,5$ мм;
- для получистового зенкерования – $D=32$ мм.

Сверла выбираем по ГОСТ 10903, остальной инструмент – специальный.

Форма заточки инструмента – нормальная.

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

Выбор подачи, скорости, мощности и осевой силы осуществляется по картам 46... 51 для ближайшего большего табличного значения диаметра инструмента.

В данном случае значения этих величин выбираем для переходов:

- сверления при диаметре $D=30$ мм, отношения длины рабочей части сверла к диаметру $l/D=2,5$, ближайшие большие табличные значения $D_T=32$ мм, $l/D=3$. Для этих значений по карте 46, лист 2 ([1], с.128) определяем $S_{OT}=0,47$ мм/об; $v_T=15,5$ м/мин; $N_T=3,22$ кВт; $P_T=14696$ Н (поз. №1, инд. «н», «о», «п», «р»).
- рассверливания $D=30,5$ мм параметры аналогичные переходу сверление.
- получистового зенкерования $D=32$ мм, ближайшие большие табличные значения $D_T=35$ мм. Для этих значений по карте 4 ([1], с.131) определяем $S_{OT}=0,72$ мм/об; $v_T=19$ м/мин; $N_T=1,17$ кВт; $P_T=465$ Н (поз. №3, инд. «с», «т», «у», «ф»).

Значения выбранных параметров режимов резания сведены в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 – Значения параметров режимов резания для перехода сверление

Выполняемый переход	S_{OT} , мм/об	v_T , м/мин	N_T , кВт	P_T , Н	n , об/мин
Сверление	0,47	15,50	3,22	14696,00	154,26
Рассверливание	0,47	15,50	3,22	14696,00	154,26
Зенкерование получистовое	0,72	19,00	1,17	465,00	172,88

Значения частоты вращения шпинделя n_T для табличных значений скорости резания v_T определим по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}$$

Значения n_T для каждого перехода сведены в таблицу 2.4.

Табличные значения режимов резания корректируют в зависимости от измененных условий работы по формулам корректировки, приведенным в карте 52 ([1], с.141). Значения поправочных коэффициентов выбирают из карты 53 ([1], с.142).

Сверление:

Подачу корректируют по формуле: $S_O = S_{OT} \cdot K_{SM}$ из карты 52 ([1], с.141).

Коэффициент выбираем по карте 53, лист 1 ([1], с.142). Для углеродистой стали (190 НВ) $K_{SM} = 1,05$.

С учетом коэффициента $S_O = 0,47 \cdot 1,05 = 0,4935 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$.

Скорость корректируют по формуле:

$$V = V_T \cdot K_{VM} \cdot K_{V3} \cdot K_{VЖ} \cdot K_{Vm} \cdot K_{V\omega} \cdot K_{Vu} \cdot K_{VI} \cdot K_{Vn} \quad (2.6)$$

По карте 53 ([1], с.142) выбираем коэффициенты:

- $K_{VM} = 1,05$ (для углеродистой стали 190 НВ);
- $K_{V3} = 1,0$ (для нормальной формы заточки инструмента);
- $K_{VЖ} = 1,0$ (обработка с охлаждением);
- $K_{Vm} = 1,0$ ($T_{\phi}/T_H = 1,0$);
- $K_{V\omega} = 1,0$ (состояние обрабатываемой поверхности – без корки);
- $K_{Vu} = 2,2$ (материал инструмента – твердый сплав);
- $K_{VI} = 1,0$ (сверло по ГОСТ 10903);
- $K_{Vn} = 1,0$ (инструментальный материал без покрытия).

$$V = 15,5 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 35,805 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Скорректированную частоту вращения шпинделя рассчитаем по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 35,805}{3,14 \cdot 30} = 380,1 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Скорость резания определяется по формуле:

$$v_S = v_O \cdot n, \quad (2.7)$$

$$v_S = 0,4935 \cdot 380,1 = 187,53 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

Рассверливание аналогично переходу сверления.

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

Зенкерование получистовое:

Подачу корректируют по формуле: $S_O = S_{OT} \cdot K_{SM}$ из карты 52 ([1], с.141).

Коэффициент выбираем по карте 53, лист 1 ([1], с.142). Для углеродистой стали (190 НВ) $K_{SM} = 1,05$.

С учетом коэффициента $S_O = 0,72 \cdot 1,05 = 0,756 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$.

Скорость корректируют по формуле:

$$V = V_T \cdot K_{VM} \cdot K_{V3} \cdot K_{Vж} \cdot K_{Vm} \cdot K_{V\omega} \cdot K_{Vu} \cdot K_{VI} \cdot K_{Vn}$$

По карте 53 ([1], с.142) выбираем коэффициенты:

- $K_{VM} = 1,05$ (для углеродистой стали 190 НВ);
- $K_{V3} = 1,0$ (для нормальной формы заточки инструмента);
- $K_{Vж} = 1,0$ (обработка с охлаждением);
- $K_{Vm} = 1,0$ ($T_\phi/T_H = 1,0$);
- $K_{V\omega} = 1,0$ (состояние обрабатываемой поверхности – без корки);
- $K_{Vu} = 2,2$ (материал инструмента – твердый сплав);
- $K_{VI} = 1,0$ (сверло по ГОСТ 10903);
- $K_{Vn} = 1,0$ (инструментальный материал без покрытия).

$$V = 19 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 43,89 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Скорректированную частоту вращения шпинделя рассчитаем по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 43,89}{3,14 \cdot 30} = 465,9 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Скорость резания определяется по формуле:

$$v_s = v_o \cdot n = 0,756 \cdot 465,9 = 352,24 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

Корректировка табличных значений мощности резания и осевой силы

По карте 52 ([1], с.141) формулы для корректировки мощности резания и осевой силы имеют вид:

- для сверления и рассверливания:

$$N = \frac{N_T}{K_{Nm}}; P = \frac{P_T}{K_{Pm}}; \quad (2.8)$$

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

- для получистового зенкерования:

$$N = N_T \cdot \frac{K_{Ni}}{K_{Nm}}; P = P_T \cdot \frac{K_{Pi}}{K_{Pm}}. \quad (2.9)$$

По карте 53 ([1], с.142) выбираем коэффициенты:

- $K_{Nm} = K_{Pm} = 1,05$;
- $K_{Ni} = 1,07$ для получистового зенкерования;
- $K_{Pi} = 1,1$ для получистового зенкерования.

С учетом определенных коэффициентов скорректированные значения мощности резания и осевой силы определим по формулам:

- для сверления

$$N = \frac{3,22}{1,05} = 3,07 \text{ кВт};$$

$$P = \frac{14696}{1,05} = 13996,2 \text{ Н};$$

- для рассверливания

- $N = \frac{3,22}{1,05} = 3,07 \text{ кВт};$

- $P = \frac{14696}{1,05} = 13996,2 \text{ Н};$

- для зенкерования получистового

- $N = \frac{1,07 \cdot 1,17}{1,05} = 1,19 \text{ кВт};$

- $P = \frac{1,1 \cdot 465}{1,05} = 487,1 \text{ Н}.$

Определение времени цикла автоматической работы станка по программе

Основное время автоматической работы станка по программе определяется по формуле:

$$T_o = \frac{l_o + l_1 + l_2 + l_3}{S_m} \text{ мин}, \quad (2.10)$$

где l_o – длина обрабатываемой поверхности ($l_o = 65$ мм по чертежу);

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

l_1 – длина подвода ($l_1=4$ мм);

$(l_2 + l_3)$ – длина врезания и перебега ($l_2+l_3=7$ мм);

S_m – минутная подача ($S_m=187,5$ мм/мин), тогда:

$$T_o = 12 \cdot \left(\frac{65 + 4 + 7}{187,5} \right) = 4,86 \text{ мин.}$$

Машинно-вспомогательное время определяется по формуле:

$$T_{MB} = T_{MBи} + T_{MBх} \text{ мин,} \quad (2.11)$$

где $T_{MBи}$ – машинно-вспомогательное время на автоматическую смену инструмента ($T_{MBи}=0,15$ мин);

$T_{MBх}$ – машинно-вспомогательное время на выполнение автоматических вспомогательных ходов и технологические паузы ($T_{MBх}=0,116$ мин).

$$T_{MB} = 0,15 + 0,116 = 0,266 \text{ мин.}$$

Таким образом время автоматической работы станка по программе для перехода сверления:

$$T_{ц.а.} = T_o + T_{MB}, \text{ мин,} \quad (2.12)$$

$$T_{ц.а.} = 4,86 + 0,266 = 5,126 \text{ мин.}$$

Определение нормы штучного времени

Норма штучного времени определяется по формуле:

$$T_{шт} = (T_{ц.а.} + T_B) \cdot \left(1 + \frac{a_{мех} + a_{орг} + a_{отл}}{100} \right), \text{ мин.} \quad (2.13)$$

Вспомогательное время складывается из составляющих:

$$T_B = T_{уст} + T_{в.оп} + T_{из}, \quad (2.14)$$

где $T_{уст}$ – вспомогательное время на установку и снятие детали ([2], карта [13/1] поз.17, $T_{уст}=0,9$ мин);

$T_{уст}^*$ – время на закрепление и раскрепление детали ([2], карта [13/3] поз.31, $T_{уст}^*=0,03$ мин);

$T_{в.оп}$ – вспомогательное время, связанное с операцией ([2], карта [14] поз.1 5, 6, $T_{в.оп}=0,6 \cdot 1,33 + 0,35 + 0,04 = 1,188$ мин);

$T_{из}$ – вспомогательное время на контрольное измерение проходным и непроходным калибром ([2], карта [15/2] поз.184, $T_{из}=0,1$ мин).

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

Суммарное вспомогательное время равно:

$$T_B = 0,9 + 0,03 + 1,188 + 0,1 = 2,218 \text{ мин}$$

Время на организационное и техническое обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности приведено в процентах от операционного времени ([2], карта [16] поз.39):

$$a_{\text{орг}} + a_{\text{тех}} + a_{\text{отл}} = 4\%.$$

Окончательно норма штучного времени:

$$T_{\text{шт}} = (5,126 + 2,218) \cdot 1,14 = 8,37 \text{ мин.}$$

Аналогичным образом рассчитываются все остальные времена (на точение, растачивание, сверление, развертывание, фрезерование).

Для упрощения выполнения задания остальные режимы, которые сведены в таблицу 2.5, выбираются по нормативам резания.

Таблица 2.5 – Значения параметров режимов резания.

Переход	S_o , мм/об	v_T , м/мин	P_T , Н	N_T , кВт	L , мм	i	n , об/ мин	S_m , мм/ми н	T_o , мин	$T_{\text{всп}}$, мин	$T_{\text{шт}}$, мин
Точение Ø500±0,5 мм	0,82	242	–	–	72	1	154,14	126,40	2,15	0,1	2,56
Точение Ø550±0,5 мм	0,99	239,58	–	–	55	1	138,73	137,34	1,92	0,1	2,30
Точение Φ345 ^{-0,2} _{-0,3} мм	0,39	289,19	–	–	125	1	266,95	104,1	2,75	0,1	3,25
Растачивание Ø243 мм	0,392	301,14	–	–	82	1	398,1	156	2,46	0,1	2,92
Растачивание Ø301, Ø305, Ø322 мм	0,51	203,5	–	6,97	252	1	212,5	107	7,36	0,1	8,51
Фрезерование Ø30 мм	0,1	216,66	1273	0,47	25	2	2300	230	1,76	0,18	2,21
Сверление Ø9 мм	0,189	57,7	2085	0,59	45	2	2041	385,9	1,65	0,18	1,47
Сверление Ø14 мм	0,41	44,82	5832	1,56	40	2	1019,6	418	1,00	0,18	1,34

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

151900.2016.017 ПЗ ВКР

Лист

55

Продолжение таблицы 2.5

Сверление Ø27 мм	0,494	35,81	13969	3,07	67	16	380	187,53	8,42	0,18	9,8
Сверление Ø29,5 мм	0,494	35,81	13969	3,07	28	4	380	187,53	1,76	0,18	2,1
Сверление Ø32 мм	0,494	35,81	13966	3,07	76	12	380	187,53	6,96	0,18	8,2
Развертывание Ø30 мм	0,893	21,945	23,8	0,3	28	4	232,96	208	1,75	0,18	1,97
Нарезание резьбы М310х4-6Н	4	146	-	-	50	1	150	600	2,49	0,1	2,95
Нарезание резьбы М30х3-6Н	0,1	141,3	-	-	45	16	1500	150	7,47	0,1	8,63
Нарезание резьбы М16х2-6Н	2	10,1	-	-	30	2	200	400	1,58	0,1	1,92

Время смены инструмента $T_{\text{сми}}=0,15$ мин; инструмент необходимо поменять 20 раз, значит суммарное время на смену инструмента:

$$\sum T_{\text{сми}}=20 \cdot 0,15=3 \text{ мин.}$$

Время на переустанов заготовки вместе с приспособлением поворотом паллеты $T_{\text{п}}=0,116$ мин; за время обработки деталь необходимо повернуть 3 раза, значит суммарное время на поворот:

$$\sum T_{\text{п}}=0,116 \cdot 3=0,35 \text{ мин.}$$

Суммарное штучное время полной обработки одной заготовки:

$$\sum T_{\text{ш}}=2,56+2,3+3,25+2,92+8,51+2,21+1,47+1,34+9,8+2,1+8,2+1,97+2,95+8,63+1,92+3+0,35=63,66 \text{ мин.}$$

2.2.6 Выводы по разделу

Для проектного варианта был выбран наилучший способ получения заготовки (литьё по газифицируемым моделям) в условиях крупносерийного

												Лист
												56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата								

производства, основное технологическое оборудование (обрабатывающий центр Trevisan DS 600/200 C) с учётом автоматизации механической обработки заготовки. Также была сформирована операционно-маршрутная технология, произведён расчетно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса, рассчитаны режимы резания и нормы времени на все операции ($T_{шт} \approx 64$ мин).

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Проектирование и расчёт специального станочного приспособления

3.1.1 Анализ способов закрепления

Ввиду разнообразия технологических процессов, конструктивных форм и размеров обрабатываемых изделий и других факторов, номенклатура применяемых приспособлений весьма разнообразна. Однако, несмотря на различия в конструктивном оформлении, приспособления имеют практически одинаковую структуру, куда входят различные элементы, механизмы и детали:

1. Установочные элементы (опоры). Служат для ориентации заготовки или детали в пространстве при обработке, сборке или контроле.

2. Зажимные элементы и устройства. Предназначены для обеспечения надежного контакта базовых поверхностей заготовок с установочными элементами приспособлений и предупреждения их смещения при обработке.

3. Силовые приводы. Обеспечивают воздействие зажимных элементов на закрепляемую заготовку с заданной силой.

4. Элементы для определения положения и направления инструментов. Служат для постановки обрабатывающего инструмента в требуемое положение.

5. Корпусы. Базовые, наиболее ответственные элементы, с помощью которых все детали и устройства приспособлений объединяются в единое устройство.

6. Вспомогательные устройства и элементы. Служат для расширения технологических возможностей, повышения быстродействия приспособлений, удобства управления и их обслуживания.

Устанавливаемая на обрабатывающий центр заготовка должна занимать определенное положение по отношению к режущему инструменту. От установки заготовки зависят, прежде всего, точность обработки и взаимное расположение

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

обработанных поверхностей. Кроме того, заготовка должна быть прочно и надежно закреплена.

3.2.2 Выбор способа базирования детали

В простейшем случае деталь закрепляют непосредственно на столе станка. Данную деталь можно установить на торец, который будет являться установочной базой, отнимающей 3 степени свободы: два вращения и одно перемещение. Заготовка должна плотно соприкасаться с плоскостью стола опорной поверхностью. Для крепления детали к столу пользуются прихватами, которые прижимают болтами. В данном случае необходимо как минимум 2 установка и возможна погрешность взаимного расположения обработанных поверхностей, т.е. отверстий.

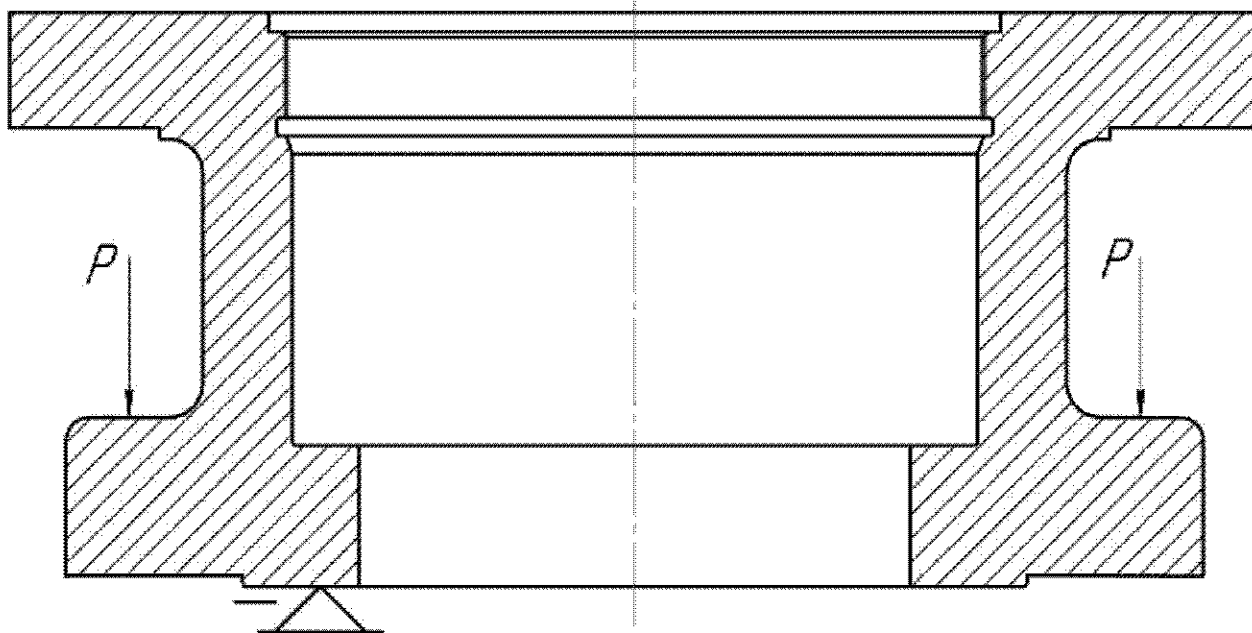


Рисунок 3.1 – Базирование детали на столе станка

Также заготовку можно закрепить в цилиндрической оправке с поджимом сверху. В данном случае, заготовка устанавливается в цилиндрическую оправку, лишаясь 5 степеней свободы: установочная база по торцу заготовки – 3 степени свободы и по внутреннему диаметру двойная опорная база, отнимающая 2 степени свободы. Также сверху заготовка поджимается болтом с шайбой, но и в

этом варианте закрепления также необходимо как минимум 2 установка и нужны специальные оправка.

Заготовка имеет круглую форму, поэтому для доступа обработки обоих торцов, будем устанавливать заготовку в призму с зажимом. Выбираем данный способ базирования, т.к. в данном варианте закрепления необходим всего 1 установка детали, из-за чего обеспечивается большая точность обработки, взаимное расположение обработанных поверхностей, а также снижается время на установку и зажим заготовок.

В качестве основной базы принимается двойная направляющая база – призма, отнимающая 4 степени свободы: два вращения и два перемещения. Заготовку прижимают в торец к опоре – опорная база, отнимающая одно перемещение, которая препятствует сдвигу детали вперед при фрезеровании.

Для закрепления и создания надежной фиксации заготовки, на неподвижных установочных опорах и сохранения этого положения в процессе обработки применим пневматический зажим.

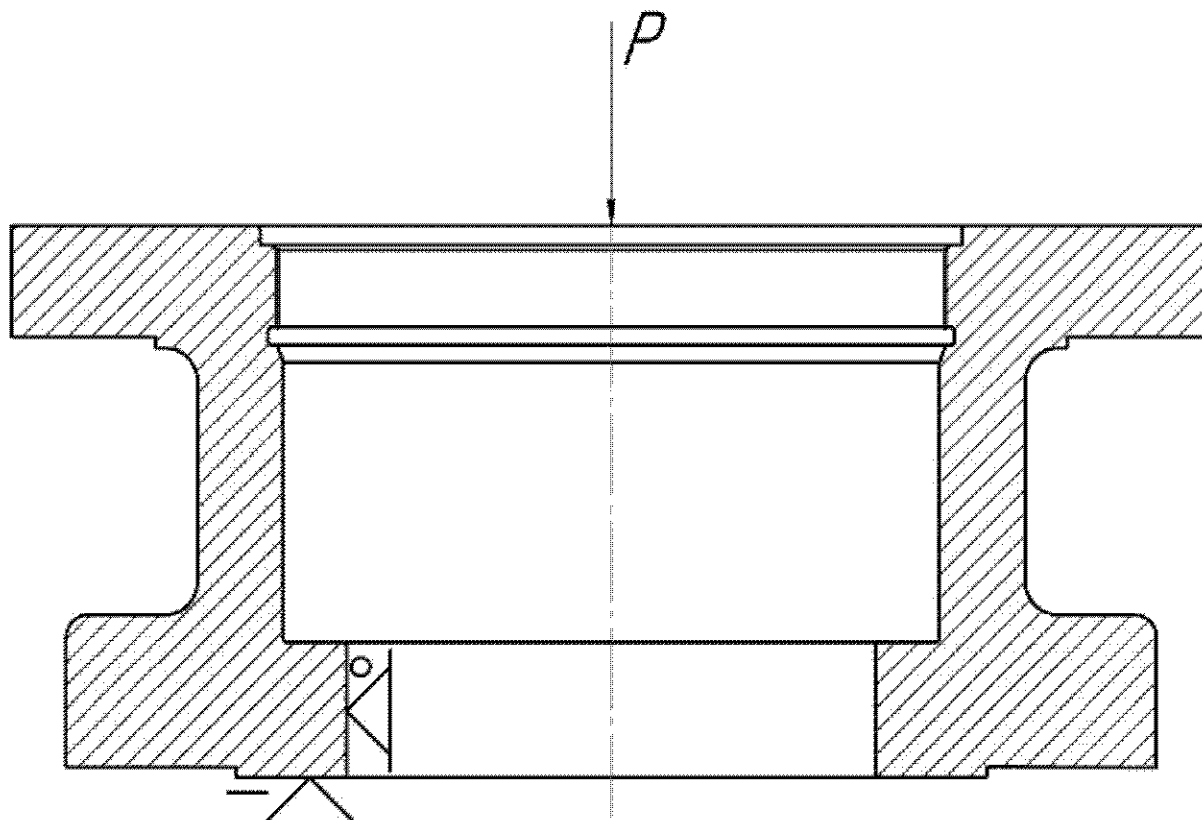


Рисунок 3.2 – Базирование детали в цилиндрическую оправку

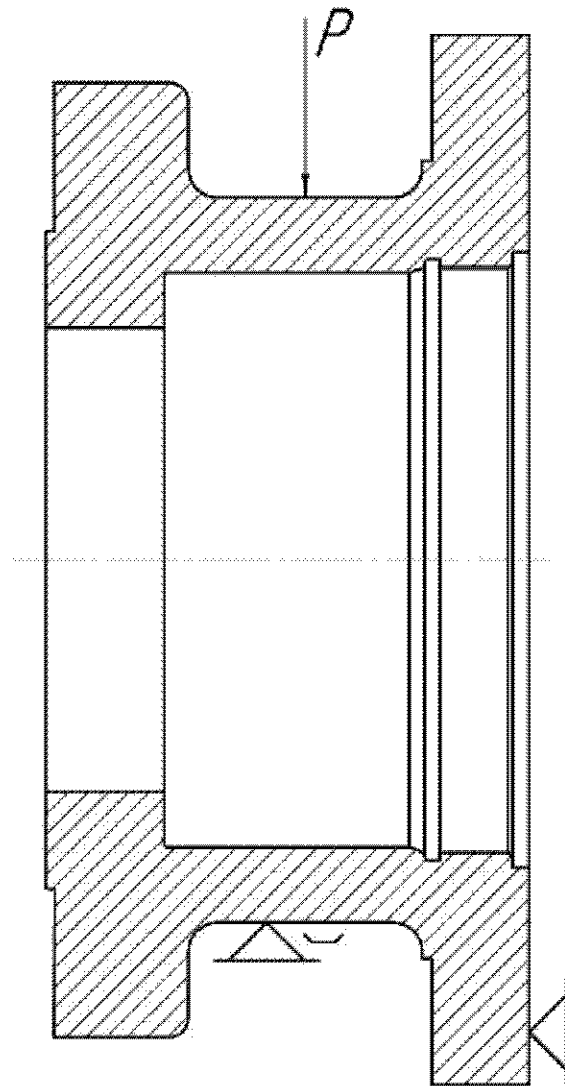


Рисунок 3.3 – Базирование детали в специальном приспособлении

3.2.3 Расчёт силы резания для перехода сверление

Режимы резания рассчитываем для операции сверления максимального диаметра отверстия и наиболее отдаленного от оси детали, так как на данной операции возникает максимальная сила резания, действующая на деталь.

1. Глубина резания при сверлении:

$$t = D/2 = 8,9/2 = 4,45 \text{ мм.}$$

2. Подача при сверлении отверстий в условиях жесткой технологической системы $S = 0,4 \text{ мм/об}$ ([1] с.277, табл.25).

3. Скорость резания при сверлении:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q \cdot k_v}{T^m \cdot S^y}, \quad (3.1)$$

где коэффициенты $C_v=9,8$; $q=0,4$; $m=0,2$; $y=0,5$ при обработке с охлаждением ([1] с.278, табл.28). $T=50$ мин ([1] с.279, табл.30), поправочный коэффициент:

$$k_v = k_{Mv} \cdot k_{lv} \cdot k_{lv}, \quad (3.2)$$

где $k_{lv} = 1,0$ ([1] с.263, табл.6),

$$k_{Mv} = k_l \cdot \left(\frac{750}{\sigma_a} \right)^{n_v} \quad ([1] \text{ с.261, табл.1}), \text{ где } k_l=1,0; n_v=1,75 \quad ([1] \text{ с.262, табл.2}).$$

Подставляя, получим:

$$k_{Mv} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{550} \right)^{1,75} = 1,72.$$

$$k_{lv} = 1,0 \quad ([1] \text{ с.280, табл.31}).$$

Получаем $k_v = 1,0 \cdot 1,72 \cdot 1,0 = 1,72$.

$$v = \frac{9,8 \cdot 30^{0,4} \cdot 1,72}{50^{0,2} \cdot 0,4^{0,5}} = 47,27 \frac{\text{М}}{\text{МИН.}}$$

4. Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p. \quad (3.3)$$

Определяем значения составляющих этого уравнения ([1] с.281, табл.32):

$C_M=0,0345$, $q=2,0$, $x=0$, $y=0,8$, K_p – коэффициент, учитывающий фактические условия обработки заготовки:

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_a}{750} \right)^n, \quad (3.4)$$

где $n=0,75$ ([1] с. 264, табл.9).

Подставляя, получим:

$$K_{Mp} = \left(\frac{550}{750} \right)^{0,75} = 0,792.$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 0,792 \cdot 30^2 \cdot 0,4^{0,8} = 117,85(\text{Н} \cdot \text{м}).$$

5. Осевая сила:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p. \quad (3.5)$$

Значения составляющих уравнения ([1] с.281, табл.32):

$$C_p=68, q=1,0, y=0,7, K_p=K_{M_p}=0,792$$

Осевая сила:

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 30^{1,0} \cdot 0,4^{0,7} \cdot 0,792 = 8485,9(\text{Н}).$$

6. Мощность резания рассчитываем по формуле:

$$N_e = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750}, \quad (3.6)$$

где n – частота вращения инструмента, об/мин.

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D},$$

где v – скорость резания, м/мин;

D – обрабатываемый диаметр, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 47,27}{3,14 \cdot 30} = 501,8 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем $n=500$ об/мин

$$N_e = \frac{117,85 \cdot 500}{9750} = 6 \text{ кВт}$$

Проверка возможности обработки:

$$N_e \leq N_{\text{ст}} \cdot \eta. \quad (3.7)$$

$$6 \leq 18 \cdot 0,85.$$

$$6 \text{ кВт} \leq 15,3 \text{ кВт}$$

Следовательно, обработка возможна.

3.2.4 Расчёт усилия зажима

Заготовка базируется на установочных элементах и прижимается к ним силой W , а сила резания P действует перпендикулярно к ней, то есть стремится сдвинуть заготовку с установочных элементов. Силу резания уравновешивает сила трения $F_{\text{тр}}$, создаваемая силой W . Сила трения прямо пропорциональна силе

нормального давления $F_{тр} = f \cdot W$. Где f – коэффициент трения между трущимися поверхностями. Поскольку сила трения возникает при закреплении в 2-х местах (в месте контакта зажима с заготовкой и установочных элементов с заготовкой) результирующая сила будет равна: $F_{тр} = W \cdot (f_1 + f_2)$, где f_1 – коэффициент трения между зажимом и заготовкой, f_2 – коэффициент трения между заготовкой и установочными элементами. Учитывая коэффициент запаса K и равенство сил получим:

$$W = \frac{K \cdot M_p}{r \cdot (f_1 + f_2)} \quad (3.8)$$

$$f_{np} = f_2 \cdot \left(\frac{1}{\sin(\alpha/2)} \right) \quad (3.9)$$

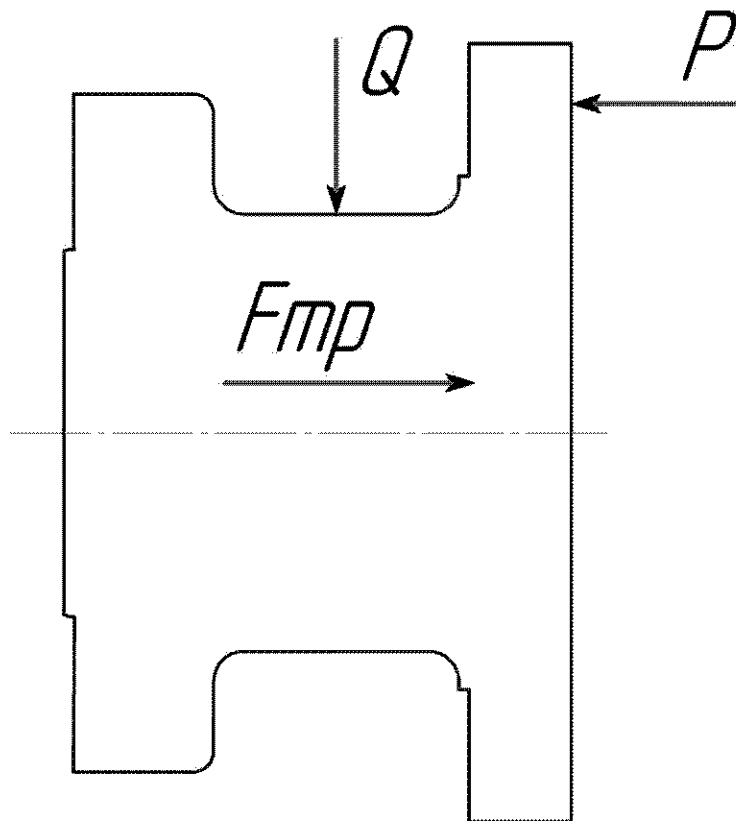


Рисунок 3.4 – Действующие силы

В зависимости от конкретных условий обработки значений коэффициента запаса K выбирается дифференцированно. При этом его величину можно представить как произведение ряда коэффициентов (K_0, K_1, \dots, K_6), отражающих условия обработки и закрепления заготовки.

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (3.10)$$

где K_0 – гарантированный коэффициент запаса, для всех случаев рекомендуется выбирать, $K_0=1,5$;

K_1 – коэффициент, учитывающий изменение силы резания, обусловленное неравномерностью снимаемого при обработке припуска, $K_1=1,5$;

K_2 – коэффициент, учитывающего возрастание сил резания при затуплении инструментов, $K_2=1,15$;

K_3, K_4, K_5, K_6 – коэффициенты, учитывающие специфику условий закрепления и обработки заготовки, $K_3=1,2, K_4=1, K_5=1, K_6=1$.

$$K=1,5 \cdot 1,5 \cdot 1,15 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 3,105.$$

$$W = \frac{3,105 \cdot 117,85}{0,19 \cdot (0,25 + 0,354)} = 1026,93 \text{ Н.}$$

3.2.5 Обоснование и выбор пневматического привода

Исходной энергией в пневматических приводах является энергия сжатого воздуха. Широкому внедрению пневматических устройств способствуют следующие их достоинства:

- относительная простота конструкции и эксплуатации, а, следовательно, низкая первоначальная стоимость и быстрая окупаемость затрат;
- надежность работы в широком диапазоне температуры, влажности и запыленности окружающей среды;
- пожаро- и взрывобезопасность;
- большой срок службы, достигающий 10...50 млн. циклов;
- высокая скорость перемещения выходного звена пневматических исполнительных устройств (линейного до 15 м/с, вращательного до 100 000 об/мин);
- легкость получения и относительная простота передачи энергоносителя и возможность снабжения им большого количества потребителей от одного источника;
- отсутствие необходимости в защитных устройствах при перегрузке.

К основным недостаткам пневматических устройств можно отнести:

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

- недостаточная плавность перемещения рабочих элементов, особенно при переменной нагрузке, из-за сжимаемости воздуха;
- сложность позиционирования исполнительных органов пневмодвигателей;
- небольшое давление сжатого воздуха в рабочих полостях (0,4...0,6 МПа) и поэтому относительно большие размеры пневмодвигателей для получения значительных сил.

Преобразование потенциальной энергии сжатого воздуха в механическую энергию осуществляется в пневмодвигателях. Наибольшее распространение в приспособлениях получили поршневые пневмодвигатели, которые называют также пневмоцилиндрами.

3.2.6 Расчёт диаметра пневмоцилиндра

Диаметр зажимных пневмоцилиндров определяется, исходя из усилий зажима Q , приведенного к штоку пневмоцилиндра, по зависимости:

$$Q = p \cdot S, \quad (3.11)$$

где S – эффективная площадь цилиндра.

Для цилиндров одностороннего действия:

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta - P, \quad (3.12)$$

где D – диаметр пневмоцилиндра;

p – давление сжатого воздуха 0,4 МН/м²;

η – КПД пневмоцилиндра (0,85);

P – сопротивление возвратной пружины при крайнем рабочем положении поршня, $P = (0,05 - 0,2) \cdot W = 0,2 \cdot 1026,93 = 205,34 \text{ Н}$.

$$D = \sqrt{\frac{P + Q}{\frac{\pi}{4} \cdot p \cdot \eta}}. \quad (3.13)$$

$$D = 184,93 \text{ мм}$$

Из ГОСТ 15608–81 выбираем ближайший наибольший диаметр пневмоцилиндра $D = 200 \text{ мм}$, диаметр штока $d = 40 \text{ мм}$, ход поршня $S = 10 - 500 \text{ мм}$.

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

3.2.7 Описание фрезерного приспособления

На рисунке 3.5 представлен фрагмент фрезерного приспособления.

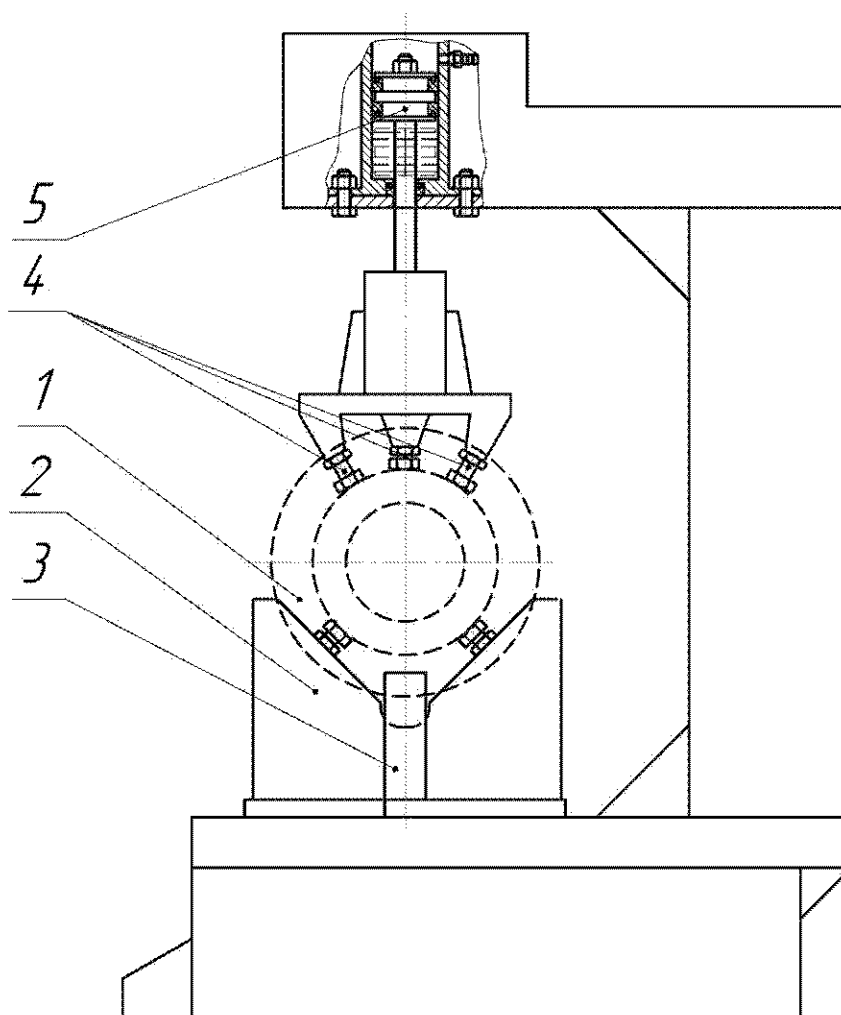


Рисунок 3.5 – Фрагмент фрезерного приспособления

Приспособление функционирует следующим образом. Деталь 1 устанавливается в призму 2 и подводится до соприкосновения базовой поверхности с плавающим упором 3. Деталь фиксируется зажимами 4 в вертикальной плоскости, за счет установленного пневмоцилиндра 2-х стороннего действия 5, который создает усилие зажима. Принцип работы пневмоцилиндра 5: воздух под давлением поступает в одну из полостей цилиндра, а другая полость имеет выход в атмосферу, тогда поршень совместно со штоком начинает

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

перемещаться, создавая усилие тяги. Снятие заготовки производится, соответственно, в обратной последовательности.

3.2 Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента

При разработке технологического процесса механической обработки заготовки выбор режущего инструмента, его вида, конструкции и размеров в значительной мере предопределяется методами обработки, свойствами обрабатываемого материала, требуемой точностью обработки и качества обрабатываемой поверхности заготовки.

При выборе режущего инструмента необходимо стремиться принимать стандартный инструмент, но, когда целесообразно, следует применять специальный, комбинированный, фасонный инструмент, позволяющий совмещать обработку нескольких поверхностей.

Если технологические особенности детали не ограничивают применения высоких скоростей резания, то следует применять высокопроизводительные конструкции режущего инструмента, оснащенного твердым сплавом, так как практика показала, что это экономически выгодней, чем применение быстрорежущих инструментов. Особенно, это распространяется на резцы (кроме фасонных, малой ширины, автоматных), фрезы, зенкеры, конструкции которых оснащены твердым сплавом.

При изготовлении детали «Корпус бугельного узла» для обработки поверхностей 25 и 26 разрабатываем комбинированный инструмент сверло-цековка. Для остальных же операций применим современный режущий инструмент.

Для черновой обработки поверхностей 2 и 3 используем токарный резец ISCAR GHIC 50–85 представленный на рисунке 3.7. Опорная пластина CGHN 32–6DGM, режущая пластина ISCAR GIMF 608 IC908, которая представлена на рисунке 3.8. Сменные пластины позволяют не перетачивать инструмент, а менять ножи, что экономит время на переточку.

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

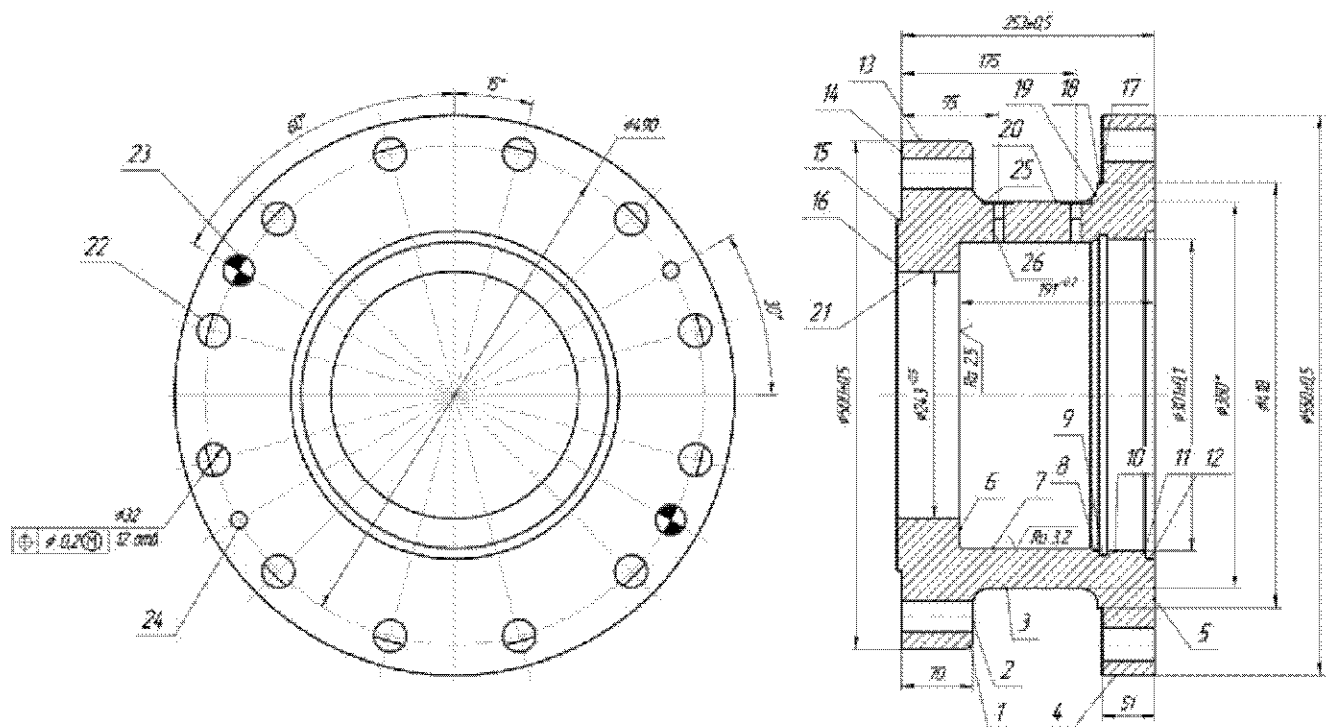


Рисунок 3.6 – Эскиз детали «Корпус бугельного узла»

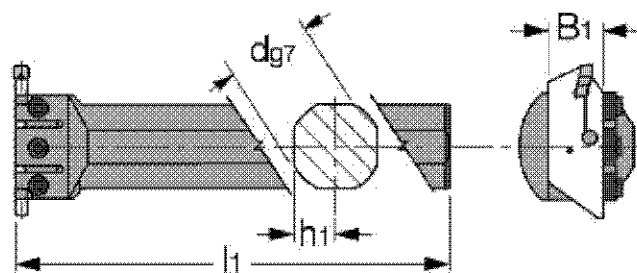


Рисунок 3.7 – Резец ISCAR GHIC 50–85 ($B_1=32\text{ мм}$, $d=50\text{ мм}$, $l_1=300\text{ мм}$,
 $h_1=23\text{ мм}$, $b=58\text{ мм}$)

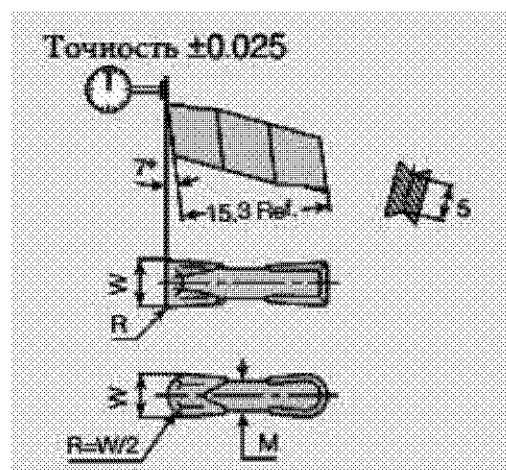


Рисунок 3.8 – Пластика ISCAR GIMF 608 IC908 ($R=0,8\text{ мм}$, $M=4,8\text{ мм}$,
 $W=6,00\pm 0,02\text{ мм}$)

Для лучшего качества поверхности, обрабатываем поверхности 1, 2, 3, 18, 19 и 20, а также поверхности 4, 5, 13, 14, 15, 16 в несколько проходов – полустовым токарным резцом PRAMET PCLNR 4040 16, представленный на рисунке 3.9, с режущей пластиной PRAMET CNMG 160612 R 9230, которая представлена на рисунке 3.10.

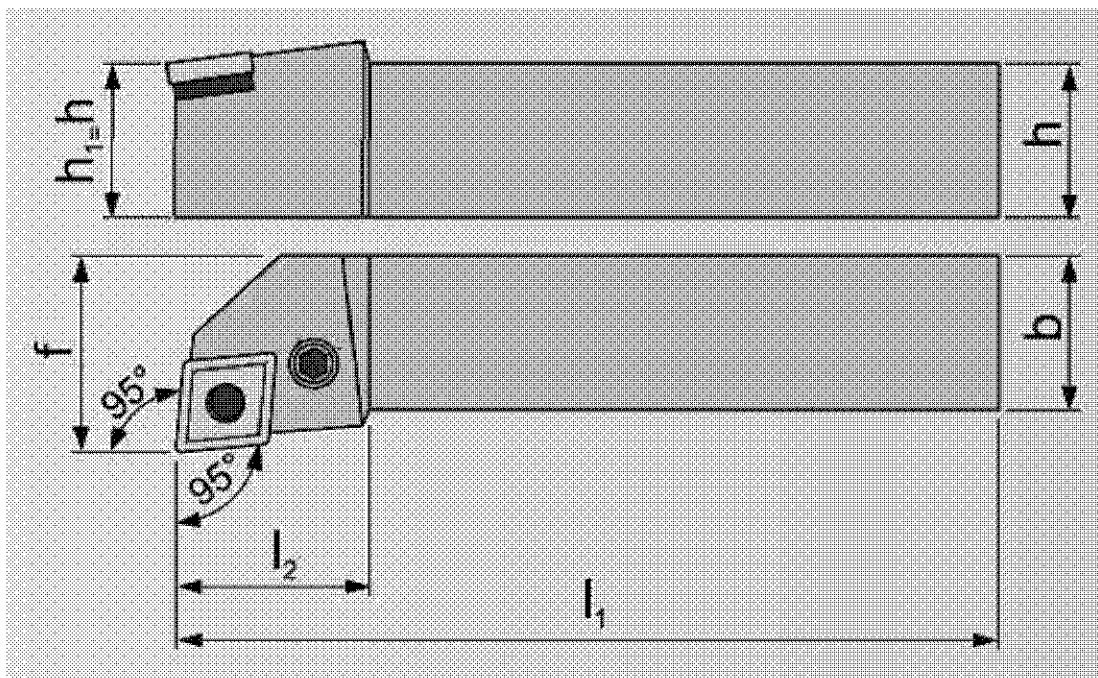


Рисунок 3.9 – Резец PRAMET PCLNR 4040 16 ($h=h_1=40\text{мм}$; $b=40\text{мм}$; $f=50\text{мм}$; $l_1=250\text{мм}$; $l_{2\text{min}}=90\text{мм}$; $\alpha = -6^\circ$; $\gamma = -6^\circ$)

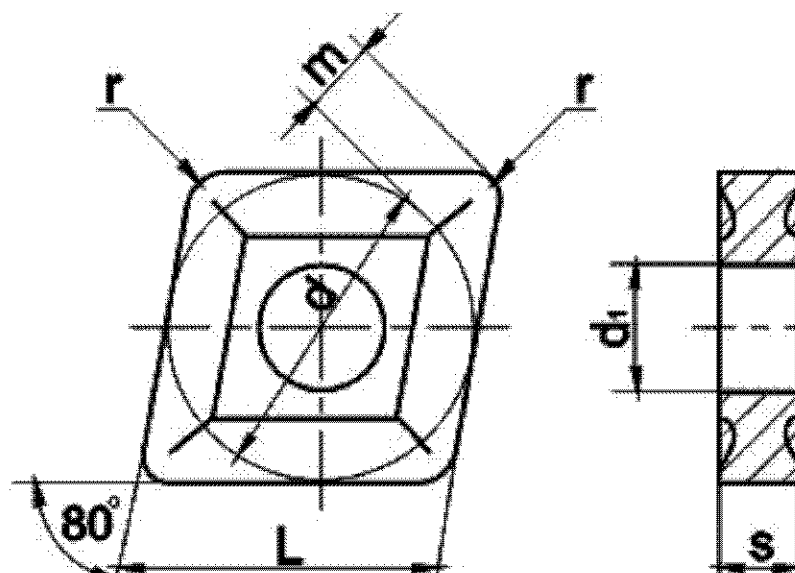


Рисунок 3.10 – Пластина PRAMET CNMG 160612 R 9230 ($L=16\text{мм}$; $d=15,885\text{мм}$; $s=6,35\text{мм}$; $r=1,2\text{мм}$; $d_1=6,35\text{мм}$)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Для обработки внутренних поверхностей 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 и 21 используем державку PRAMET A60V-PCLNR 16, которая отображена на рисунке 3.11, со сменной многогранной пластиной PRAMET CNMG 160612 R 9230, представленной на рисунке 3.12.

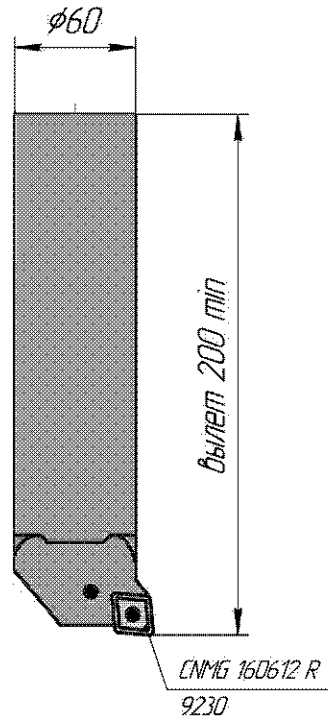


Рисунок 3.11 – Державка PRAMET A60V-PCLNR 16

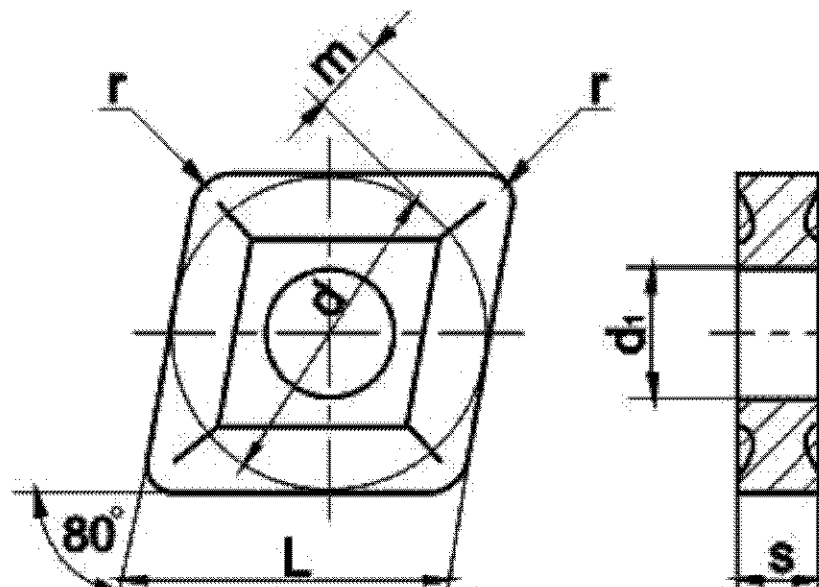


Рисунок 3.12 – Пластина PRAMET CNMG 160612 R 9230 (L=16мм; d=15,885мм; s=6,35мм; r=1,2мм; d₁=6,35мм)

Для точения резьбы на внутреннем диаметре $\text{Ø}301$, поверхность 10 обрабатывается резьбовым резцом VARGUS AVR50-4, который представлен на рисунке 3.13, с пластиной VARGUS 4 IRN 60 VTX, которая изображена на рисунке 3.14.

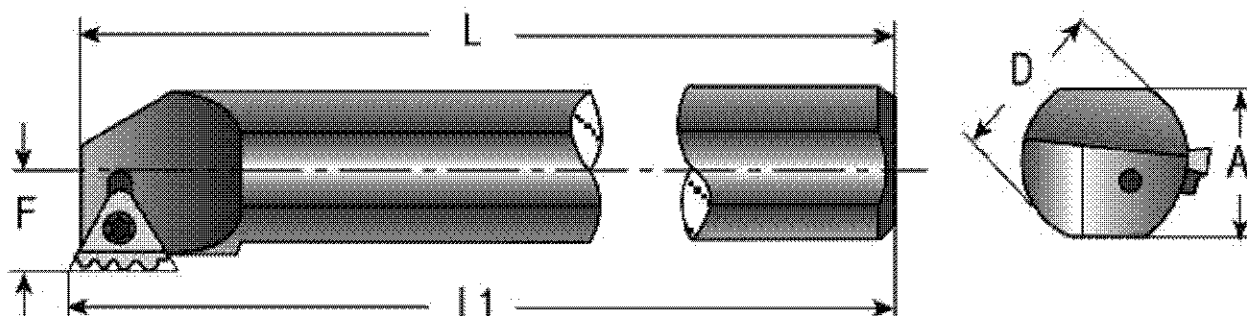


Рисунок 3.13 – Резец VARGUS AVR50-4 ($A=45\text{мм}$; $L=350\text{мм}$; $L_1=352\text{мм}$;
 $D=50\text{мм}$; $F=28,3\text{мм}$)

Просверливаем отверстия 22 сверлом $\text{Ø}32$ мм КОМЕТ U10 23200, которое представлено на рисунке 3.15, с СМП КОМЕТ W83 32010.088425, которая изображена на рисунке 3.14.

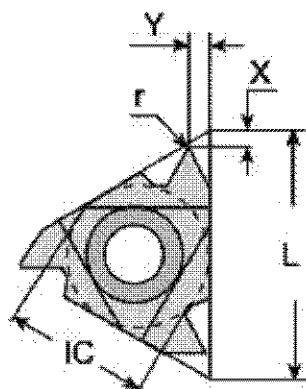


Рисунок 3.14 – Пластина VARGUS 4 IRN 60 VTX ($IC=12,7\text{мм}$; $L=22\text{мм}$;
 $r=0,3\text{мм}$; $X=1,78\text{мм}$; $Y=2,54\text{мм}$)

Для сверления отверстий 23 применяем сверло $\text{Ø}29,5$ мм КОМЕТ U10 22950, которое представлено на рисунке 3.17, с СМП КОМЕТ W83 32010.088425, которая изображена на рисунке 3.16.

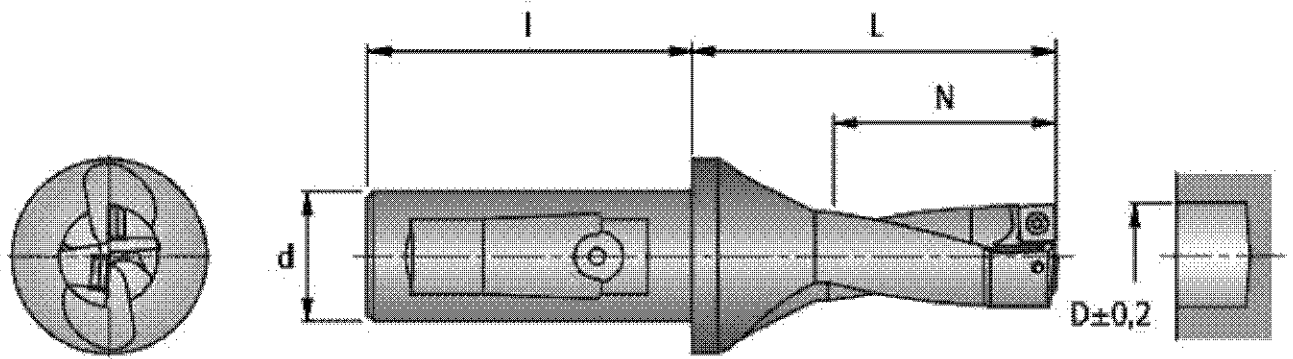


Рисунок 3.15 – Сверло КОМЕТ U10 23200 ($D=32\text{мм}$; $d=32\text{мм}$; $l=60\text{мм}$;
 $N=64\text{мм}$; $L=93\text{мм}$)

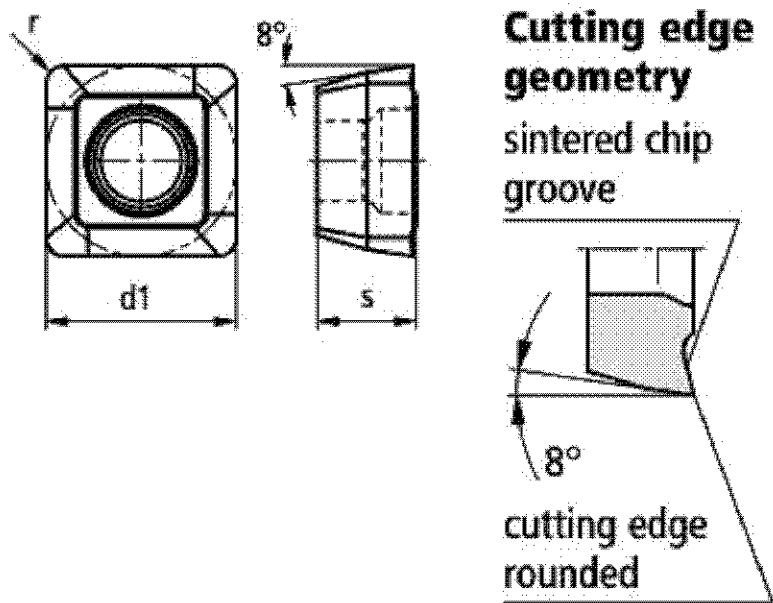


Рисунок 3.16 – Пластина КОМЕТ W83 32010.088425 ($d1=9,52\text{мм}$; $s=4,37\text{мм}$;
 $r=0,8\text{мм}$)

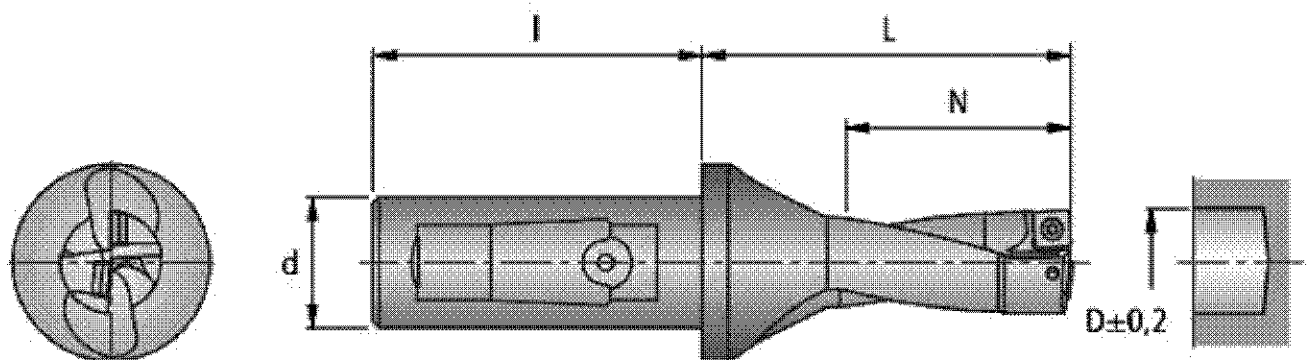


Рисунок 3.17 – Сверло КОМЕТ U10 23200 ($D=29,5\text{мм}$; $d=32\text{мм}$; $l=60\text{мм}$;
 $N=59\text{мм}$; $L=84\text{мм}$)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151900.2016.017 ПЗ ВКР

Лист

73

Просверливаем отверстия 24 сверлом КОМЕТ U11 61402, которое представлено на рисунке 3.18, с СМП КОМЕТ W83 13010.048425.

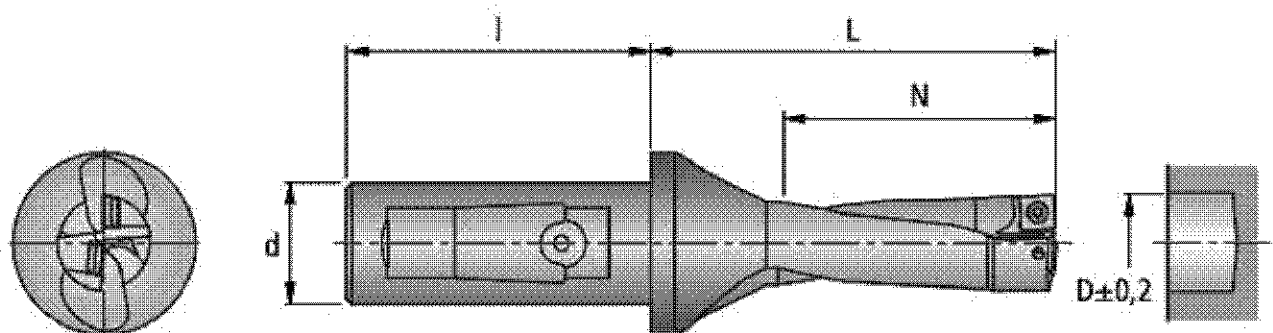


Рисунок 3.18 – Сверло КОМЕТ U11 61402 ($D=14\text{мм}$; $d=20\text{мм}$; $l=50\text{мм}$; $N=42\text{мм}$; $L=66\text{мм}$)

Применяем концевую фрезу MITSUBISHI MS4MCD1000E для обработки поверхности 23.

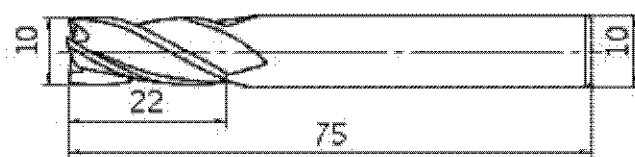


Рисунок 3.19 – Концевая фреза MITSUBISHI MS4MCD1000E

Для получения точного отверстия 23 используем развертку $\text{Ø}30\text{H}7$ КОМЕТ 640.93.30H7G в корпусе 640.01.005.

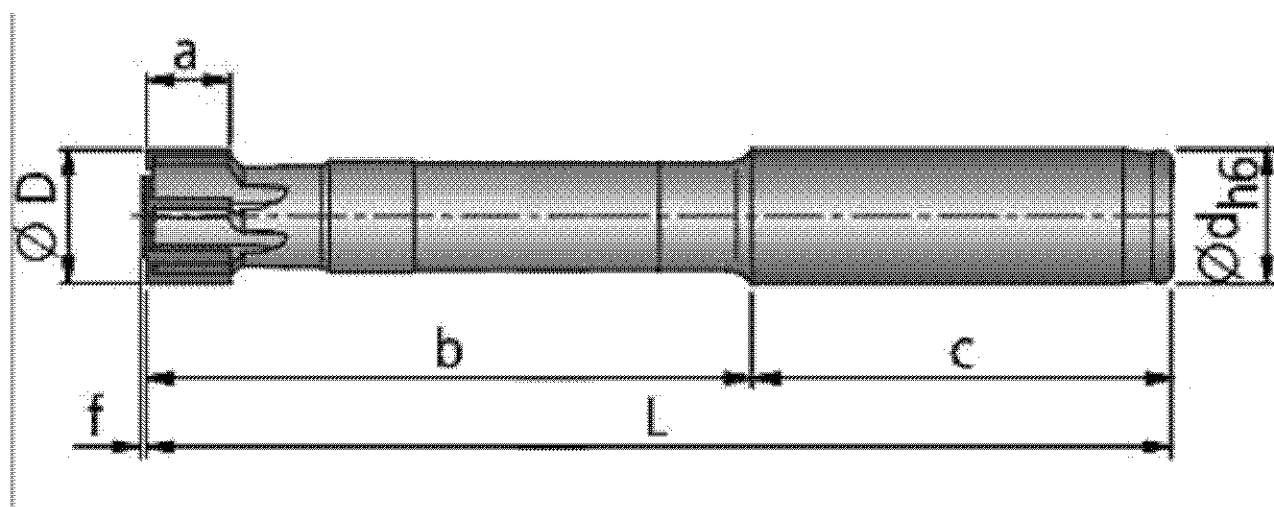


Рисунок 3.20 – Развертка КОМЕТ 640.93.30H7G ($D=30\text{H}7$; $L=240\text{мм}$; $b=165\text{мм}$; $a=9,5\text{мм}$; $f=0,5\text{мм}$; $c=60\text{мм}$; $d=20\text{мм}$; $z=8$)

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

Для нарезания резьбы в отверстии 22 используем фрезу VARGUS TM3SC25W26-80-2U с пластиной VARGUS 2UIDC60 TM VTX.

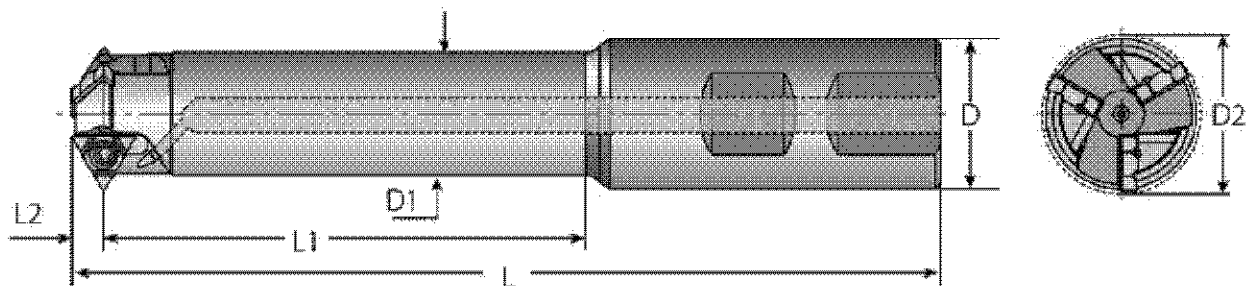
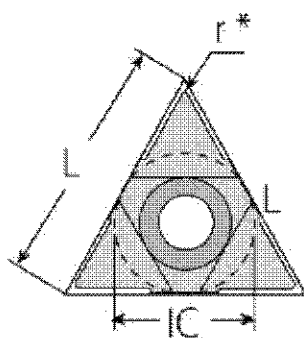


Рисунок 3.21 – Фреза VARGUS TM3SC25W26-80-2U ($L=147\text{мм}$; $L_1=80\text{мм}$; $L_2=5,4\text{мм}$; $D=25\text{мм}$; $D_1=20,4\text{мм}$; $D_2=26\text{мм}$; $z=3$)



Тип U

Рисунок 3.22 – Пластина VARGUS 2UIDC60 TM VTX ($IC=6,35\text{мм}$; $L=11\text{мм}$; $r=0,14\text{мм}$)

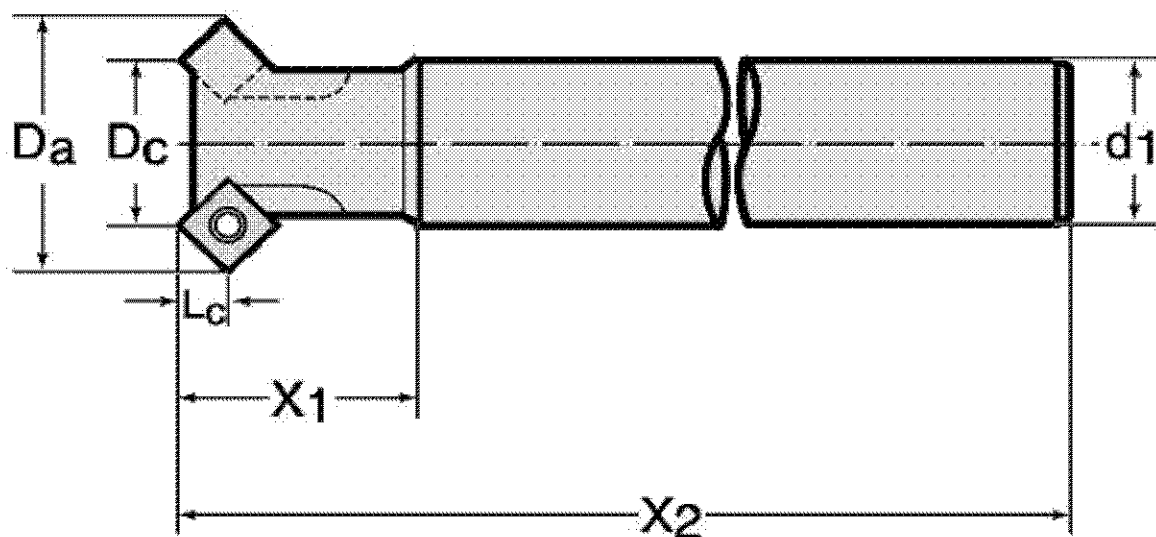


Рисунок 3.23 – Фреза WALTER F2232.Z.016.Z02.05 ($D_c=16$; $D_a=28,2$; $d_1=16$; $X_1=40$; $X_2=160$; $L_c=5$; $z=2$)

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

151900.2016.017 ПЗ ВКР

Лист

75

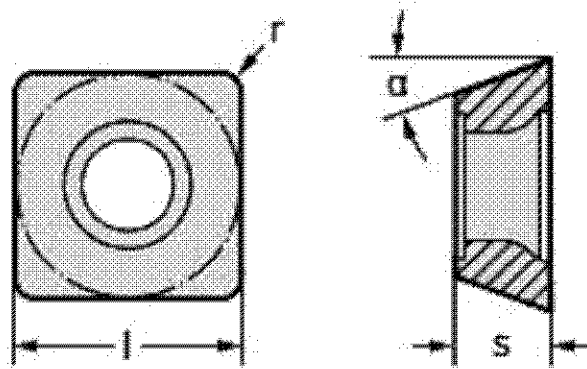


Рисунок 3.24 – Пластина WALTER SPMT09T308–F55 WSP45 ($l=9,52$;
 $s=3,97$; $r=0,8$; $\alpha=11^\circ$; кол-во режущих кромок 4)

3.3 Проектирование и расчёт специального режущего инструмента

3.4.1 Исходные данные. Анализ обрабатываемой поверхности

На обрабатывающем центре с ЧПУ TREVISAN DS 600/200 С обрабатывается деталь корпус бугельного узла. Материалом исходной заготовки является – Сталь 20ГЛ ГОСТ 21357–87. Из данной стали изготавливают детали, к которым предъявляются требования по прочности и вязкости, работающие под действием статических и динамических нагрузок. Химический состав: 0,17-0,25% углерода (C), 0,3-0,5% кремния (Si), 1,1-1,4% марганца (Mn), а также вредные вещества – фосфор и сера менее 0,03%. Механические свойства: $\sigma_s = 550$ МПа, $\sigma_T = 280$ МПа.

Шероховатость обрабатываемых поверхностей – Ra12,5 мкм.

Необходимо обработать ступенчатое отверстие $\varnothing 30H14 \left(\begin{smallmatrix} +0,52 \\ +0,028 \end{smallmatrix} \right) / \varnothing 8,9u8 \left(\begin{smallmatrix} +0,05 \\ +0,028 \end{smallmatrix} \right)$. Длина сверления 45 мм, длина зенкерования 2 мм. Шероховатость обрабатываемой поверхности: поверхность после сверления – Ra12,5 мкм, после зенкерования – Ra12,5 мкм.

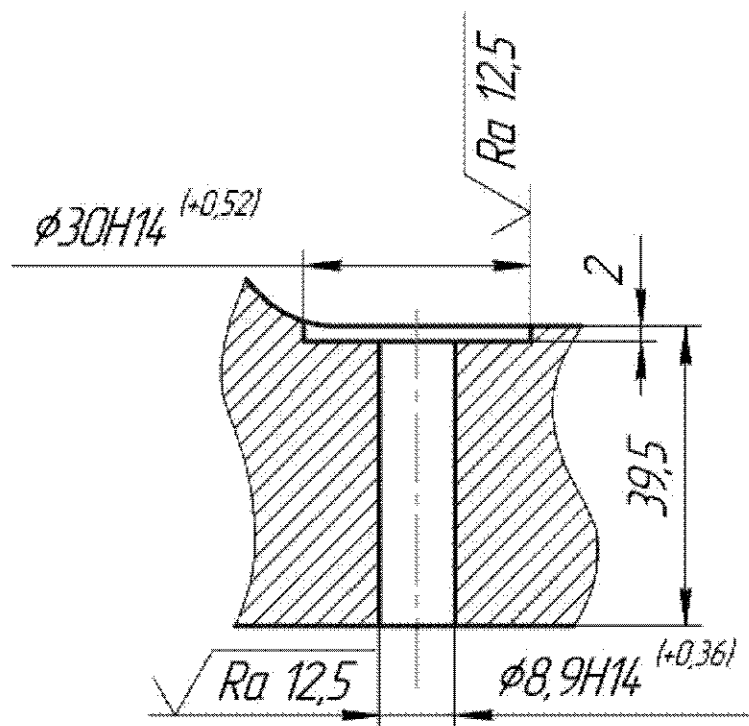


Рисунок 3.25 – Эскиз обрабатываемой поверхности

3.4.2 Выбор типа инструмента и материала режущей части. Выбор геометрических параметров режущей части

Для обработки отверстия выбираем комбинированный инструмент сверло-зенковка. Диаметр сверла $\varnothing 8,9 \left(\begin{smallmatrix} +0,05 \\ +0,028 \end{smallmatrix} \right)$, диаметр зенковки $\varnothing 30$ мм. Материал режущей части сверла – быстрорежущая сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73, пластина рабочей части зенковки: SCMT09T308-SM, материал пластины твердый сплав IS3028, материал корпуса комбинированного инструмента – сталь 40Х ГОСТ 4543-71.

Хвостовик выбираем цилиндрический с лыской, так как данный хвостовик является наиболее распространённым, и данный инструмент можно будет использовать на многих станках, как с числовым программным управлением, так и на обычных станках, потому что цилиндрический хвостовик легко устанавливается в переходные втулки, патроны и прочие зажимные устройства шпинделей.

Определяем геометрические и конструктивные параметры рабочей части сверла для обработки легированной стали по ГОСТ 4010-77.

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

Выбираем форму нормальной заточки (Н) для обрабатываемого материала – Сталь, стальное литье, чугун. Форма заточки представлена на рисунке 3.26.

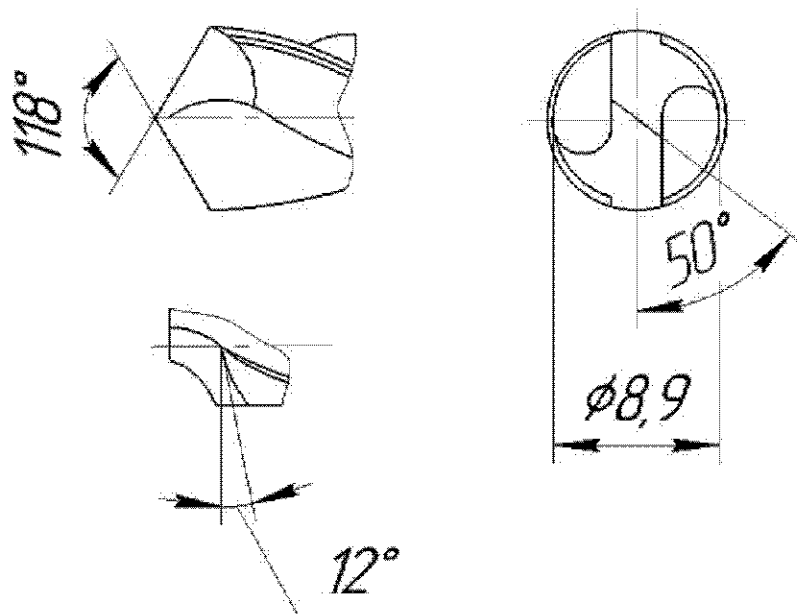


Рисунок 3.26 – Эскиз заточки режущей части сверла

Угол наклона винтовой канавки $\omega=28^\circ$ ([3] табл. 15, с.207);

Углы между режущими кромками: $2\varphi=118^\circ$ ([3] табл.44, с.151);

Задний угол $\alpha=12^\circ$ ([3] табл.44, с.151);

Угол наклона поперечной кромки $\varphi=50^\circ$ ([3] табл.44, с.151);

Для сверл из углеродистой и быстрорежущей стали диаметром от 6 до 10 мм диаметра сердцевинки принимают в пределах $(0,2\pm 0,25)D$ ([3] с.207). Принимаем толщину сердцевинки у переднего конца сверла равной $0,2D$.

Тогда $d_c=0,2\cdot 8,9=1,78$ мм

Обратную конусность сверла на 100 мм длины рабочей части принимаем 0,06 мм ([3] с.206);

Ширина ленточки f_0 и высота затылка по спинке $K f_0=0,8$ мм $K=0,3$ мм.

Ширина пера выбирается из условия прочности сверла. Для диаметра сверла от 8 до 20 мм ширина пера равна $B=0,59D=0,59\cdot 8,9=5,25$ мм ([3] с.207);

Геометрические элементы профиля фрезы для фрезерования канавки сверла определяем аналитическим методом ([3] с.208):

Радиус R_0 профиля фрезы для обработки сверла диаметром D :

$$R_0 = C_R \cdot C_r \cdot C_\phi \cdot D, \quad (3.14)$$

$$C_R = \frac{0.026 \cdot 2\varphi^3 \sqrt{2\varphi}}{\omega}. \quad (3.15)$$

Подставляя, получим:

$$C_R = \frac{0.026 \cdot 118^3 \sqrt{118}}{28} = 0,5369.$$

Коэффициент, учитывающий изменение диаметра перемычки:

$$C_r = \left(\frac{0.14D}{d_c} \right)^{0,044}, \quad (3.16)$$

где d_c – диаметр перемычки (сердцевины) сверла.

Подставляя, получим:

$$C_r = \left(\frac{0.14 \cdot 8,9}{1.78} \right)^{0,044} = 0,9844.$$

Коэффициент, учитывающий влияние диаметра канавочной фрезы:

$$C_\phi = \left(\frac{13\sqrt{D}}{D_\phi} \right)^{\frac{0,9}{\omega}}, \quad (3.17)$$

где D_ϕ – диаметр канавочной фрезы.

$$C_\phi = 1,116.$$

$$R_0 = 0,5369 \cdot 0,9844 \cdot 1,116 \cdot 8,9 = 5,25 \text{ мм}$$

Радиус закругления вершины фрезы:

$$R_k = C_k D, \quad (3.18)$$

где коэффициент $C_k = 0,015 \omega^{0,75} = 0,015 \cdot 28^{0,75} = 0,183$

$$R_k = 0,183 \cdot 8,9 = 1,63 \text{ мм}$$

Ширина фрезы:

$$B = R_0 + \frac{R_k}{\cos \psi_1}, \quad (3.19)$$

Так как угол ψ_1 обычно мал (равен 10°), можно приближенно принять $B \approx R_0 + R_k$. Подставляя, получим:

$$B = 5,25 + 1,63 = 6,88 \text{ мм}.$$

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

Выбираем способ крепления пластины винтом – это наиболее широко применяемая схема, она более технологична и проста по сравнению с другими. Обеспечивает поджим к базовым поверхностям, т.е. точнее позиционирование пластины в гнезде корпуса.

Пластина базируется в корпусе зенкера по двум сторонам и закрепляется через центральное отверстие.

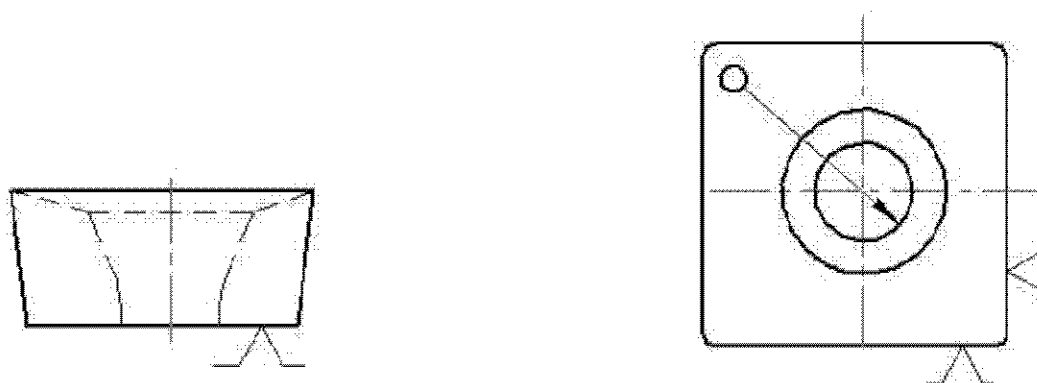
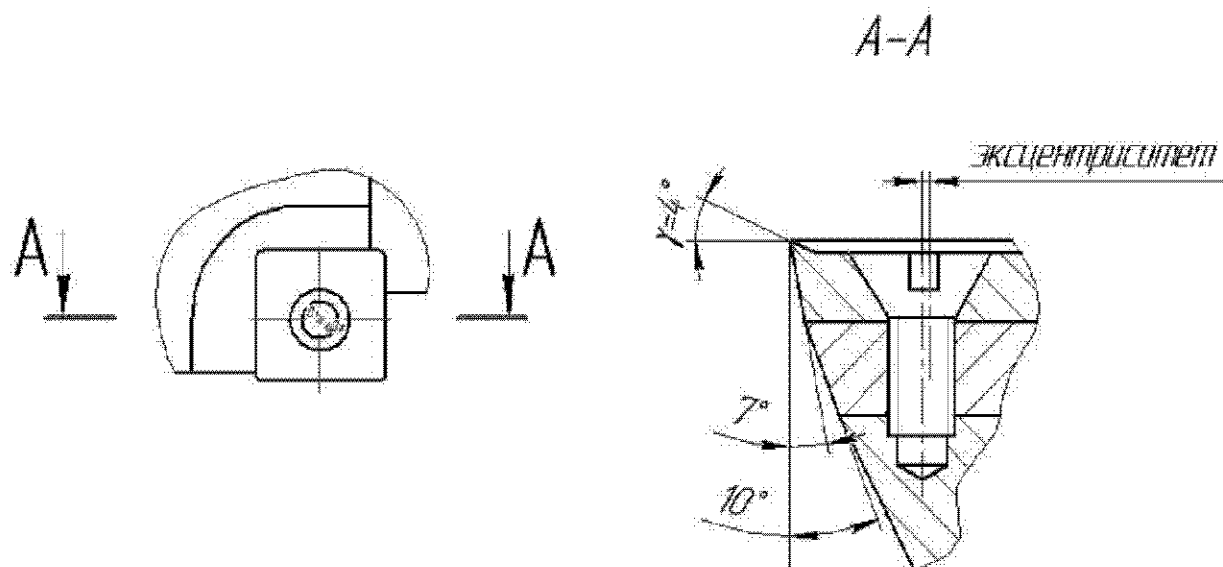


Рисунок 3.27 – Схема базирования и закрепления СМП



В соответствии вышеприведенной схеме базирования и закрепления выбираем способ крепления пластины винтом с эксцентриком.

Рисунок 3.28 – Узел крепления пластины в корпусе зенкера

3.4.3 Расчет эксцентрического крепления многогранной сменной пластины

Крепление СМП с использованием эксцентрического зажима достаточно компактно, содержит минимальное число элементов.

СМП устанавливается в корпусе инструмента при повороте винта, заканчивающегося эксцентриком, происходит поджим СМП в угол паза корпуса.

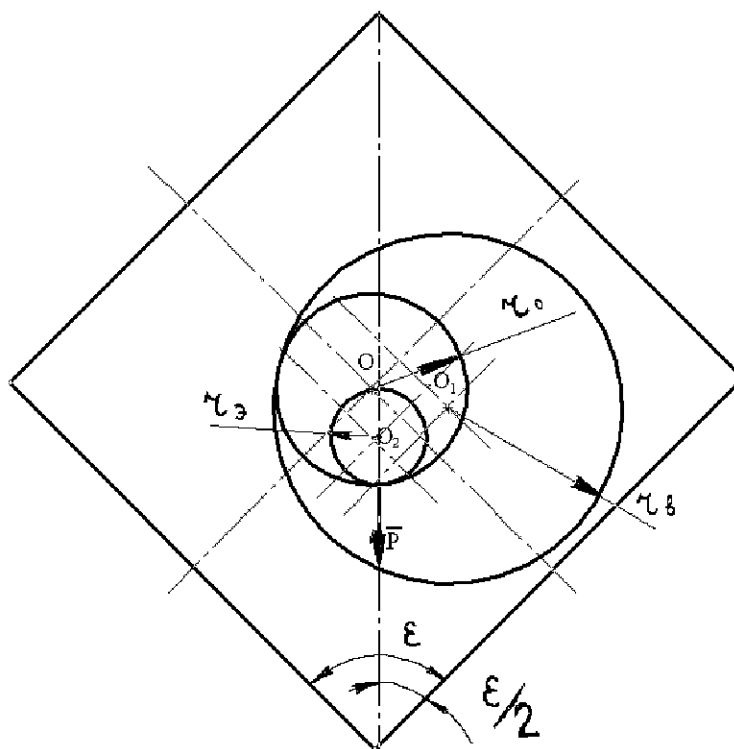


Рисунок 3.29 – Расчетная схема эксцентрического закрепления

Правильное базирование можно обеспечить если точка К контакта эксцентрического штифта и отверстие СМП, ось O_2 эксцентрического штифта и ось O отверстия СМП будет находится на биссектрисе угла ϵ при вершине пластины. В этом случае направление силы зажима P и перемещение пластины направлены по биссектрисе угла ϵ , и поджима обеспечивает базирование СМП по обеим сторонам гнезда.

Поворот эксцентрического штифта осуществляется относительно оси O_1 винта. Устойчивое положение узла крепления достигается при выполнении условия самоторможения, это выполняется, если $\text{tg}\alpha \leq f$ – коэффициент трения в зоне контакта К. Для обеспечения технологичности изготовления гнезда в корпусе, необходимо чтобы ось O_1 винта располагалась на прямой OO_1 , параллельно одной из сторон паза. Для определенности проектирования примем: $OO_1 = r_b - r_0$.

Рассматривая ΔOO_1K запишем:

$$\frac{OK}{\sin(180 - (\alpha + \varepsilon/2))} = \frac{OO_1}{\sin \alpha} \Rightarrow \frac{r_0}{\sin(\alpha + \varepsilon/2)} = \frac{r_b - r_0}{\sin \alpha}, \quad (3.20)$$

$$\frac{r_b}{r_0} = 1 + \frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \varepsilon/2)} = 1 + \frac{1}{\cos \varepsilon/2 + \frac{\sin \varepsilon/2}{\operatorname{tg} \alpha}}$$

Учитывая условия самоторможения, получим соотношения между радиусом винта и радиусом отверстия в СМП:

$$\frac{r_b}{r_0} \leq 1 + \frac{1}{\cos \varepsilon/2 + \frac{\sin \varepsilon/2}{f}}$$

$$\frac{r_b}{r_0} \leq 1 + \frac{1}{\cos 45^\circ + \frac{\sin 45^\circ}{0,2}} = 1,1$$

$r_b \leq 2,5$, принимаем $r_b = 2$ мм.

Величину эксцентриситета O_1O_2 эксцентрического штифта определим из ΔOO_1K :

$$O_1O_2 = \sqrt{(O_1K)^2 + (O_2K)^2 - 2(O_1K)(O_2K)\cos \alpha}, \quad (3.21)$$

$$\frac{O_1K}{\sin \varepsilon/2} = \frac{OK}{\sin[180 - (\alpha + \varepsilon/2)]} = \frac{OK}{\sin(\alpha + \varepsilon/2)} \Rightarrow O_1K = \frac{O_1K \sin \varepsilon/2}{\sin(\alpha + \varepsilon/2)},$$

$$O_1O_2 = \sqrt{r_0^2 \cdot \frac{\sin^2 \varepsilon/2}{\sin^2(\alpha + \varepsilon/2)} + r_0^2 - \frac{2r_0 r_0}{1 + \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \varepsilon/2}}},$$

$$O_1O_2 = \sqrt{2,2^2 \cdot \frac{\sin^2 45}{\sin^2(7+45)} + r_0^2 - \frac{2 \cdot 2 \cdot 2,2}{1 + \frac{\operatorname{tg} 7}{\operatorname{tg} 45}}},$$

$$O_1O_2 = \sqrt{7,5 - 7,48} = 0,14 \text{ мм.}$$

Рассчитываем число граней пластины по формуле:

$$n = \frac{360}{\varphi_1 + \varphi}, \quad (3.22)$$

где $\varphi = 90^\circ$ – главный угол в плане;

$\varphi_1 = 0^\circ$ – вспомогательный угол в плане.

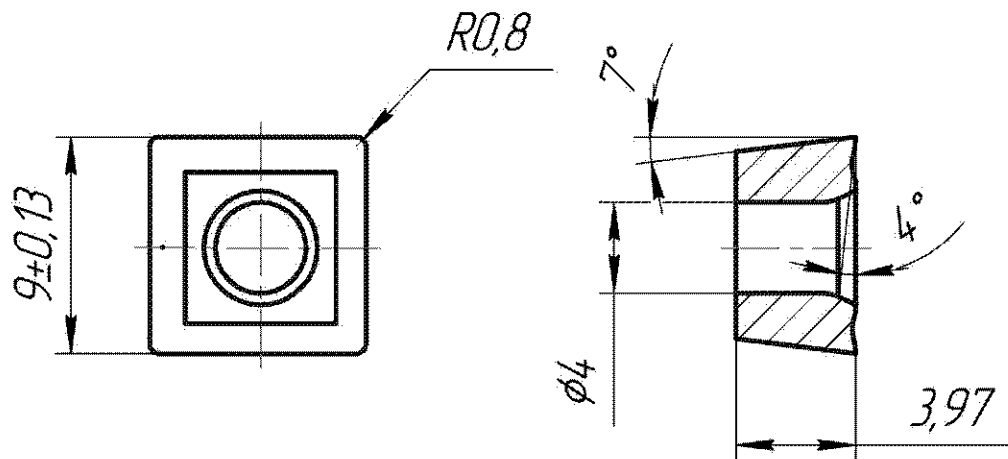


Рисунок 3.30 – Эскиз пластины для зенкования отверстия

Подставляя, получим:

$$n = \frac{360}{90+0} = 4$$

3.4.4 Расчет режимов резания. Габаритные размеры инструмента

При назначении элементов режимов резания следует учитывать характер обработки, тип инструмента, материал его режущей части, материал заготовки.

Глубина резания при сверлении:

$$t = D/2 = 8,9/2 = 4,45 \text{ мм.}$$

Глубина резания при зенковании:

$$t = (D-d)/2 = (30-8,9)/2 = 10,55 \text{ мм.}$$

Подача при сверлении отверстий $1 \leq 5D$ в условиях жесткой технологической системы $S=0,20-0,25$ мм/об ([2] табл.25, с.277). Поправочный коэффициент на достижение более высокого качества отверстия в связи с последующей операцией нарезания резьбы $K_{ос}=0,5$. Отсюда принимаем окончательную подачу $S=0,1$ мм/об;

Подача при зенковании $S=0,8-1,0$ мм/об ([2] табл.26, с.277).

Скорость резания при сверлении:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q \cdot k_v}{T^m \cdot S^y},$$

где коэффициенты $C_v=7,0$; $q=0,4$; $m=0,2$; $y=0,7$ при обработке с охлаждением ([1] табл.28, с.278). $T=25$ мин ([1] табл.30, с.279), поправочный коэффициент:

$$k_v = k_{Mv} \cdot k_{lv} \cdot k_{lv} >$$

где $k_{lv} = 1,0$ ([1] с.263, табл.6),

$$k_{Mv} = k_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v} \quad ([1] \text{ с.261, табл.1}), \text{ где } k_{\Gamma} = 1,0; n_v = -0,9 \quad ([1] \text{ с.262, табл.2}).$$

Подставляя, получим:

$$k_{Mv} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{550} \right)^{-0,9} = 0,464.$$

$$k_{lv} = 0,75 \quad ([1] \text{ с.280, табл.31}).$$

Получаем $k_v = 1,0 \cdot 0,75 \cdot 0,464 = 0,348$.

$$v = \frac{7 \cdot 8,9^{0,4} \cdot 0,348}{25^{0,2} \cdot 0,2^{0,7}} = 9,48 \frac{\text{М}}{\text{МИН.}}$$

Скорость резания при зенкерованиях:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q \cdot k_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y},$$

где коэффициенты $C_v = 16,3$; $q = 0,3$; $m = 0,3$; $y = 0,5$; $x = 0,2$ при обработке с охлаждением ([1] табл.28, с.278), поправочный коэффициент:

$$k_v = k_{Mv} \cdot k_{lv} \cdot k_{lv} >$$

где $k_{lv} = 1,0$ ([1] с.263, табл.6),

$$k_{Mv} = k_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v} \quad ([1] \text{ с.261, табл.1}), \text{ где } k_{\Gamma} = 1,0; n_v = -0,9 \quad ([1] \text{ с.262, табл.2}).$$

Подставляя, получим:

$$k_{Mv} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{550} \right)^{-0,9} = 0,464.$$

$$k_{lv} = 0,75 \quad ([1] \text{ с.280, табл.31}).$$

Получаем $k_v = 1,0 \cdot 0,75 \cdot 0,464 = 0,348$.

$$v = \frac{16,3 \cdot 30^{0,3} \cdot 0,348}{10,55^{0,2} \cdot 0,8^{0,5}} = 11 \frac{\text{М}}{\text{МИН.}}$$

Крутящий момент при сверлении:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p.$$

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

Определяем значения составляющих этого уравнения ([1] с.281, табл.32):

$C_M=0,0345$; $q=2,0$; $y=0,8$; K_p – коэффициент, учитывающий фактические условия обработки заготовки:

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n,$$

где $n=0,75$ ([1] с. 264, табл.9).

Подставляя, получим:

$$K_{Mp} = \left(\frac{550}{750} \right)^{0,75} = 0,792.$$

Крутящий момент при сверлении:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 0,792 \cdot 8,9^2 \cdot 0,2^{0,8} = 5,97(\text{Н} \cdot \text{м}).$$

Крутящий момент при зенкерованием:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot t^x \cdot K_p.$$

Определяем значения составляющих этого уравнения ([1] с.281, табл.32):

$C_M=0,09$; $q=1,0$; $x=0,9$; $y=0,8$; K_p – коэффициент, учитывающий фактические условия обработки заготовки:

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n,$$

где $n=0,75$ ([1] с. 264, табл.9).

Подставляя, получим:

$$K_{Mp} = \left(\frac{550}{750} \right)^{0,75} = 0,792.$$

Крутящий момент при зенкерованием:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,09 \cdot 0,792 \cdot 30^1 \cdot 0,8^{0,8} \cdot 10,55^{0,9} = 149,12(\text{Н} \cdot \text{м}).$$

Суммируем крутящие моменты:

$$M_0 = 5,97 + 149,12 = 155,09 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Осевая сила при сверлении:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$$

Значения составляющих уравнения ([1] табл.32, с.281):

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

$$C_p=68; q=1,0; y=0,7; K_p= K_{Mp}=0,792.$$

Осевая сила при сверлении:

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 8,9^{1,0} \cdot 0,2^{0,7} \cdot 0,792 = 1533,62 \text{ Н.}$$

Осевая сила при зенкерования:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p$$

Значения составляющих уравнения ([1] табл.32, с.281):

$$C_p=67; x=1,2; y=0,65; K_p= K_{Mp}=0,792.$$

Осевая сила при зенкерования:

$$P_o = 10 \cdot 67 \cdot 10,55^{1,2} \cdot 0,8^{0,65} \cdot 0,792 = 7748,48 \text{ Н.}$$

Суммарная осевая сила:

$$P_o = 1533,62 + 7748,48 = 9282,1 \text{ Н}$$

Мощность резания при сверлении рассчитываем по формуле:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, \quad (3.23)$$

где n – частота вращения инструмента, об/мин

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D},$$

где v – скорость резания, м/мин;

D – обрабатываемый диаметр, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 9,48}{3,14 \cdot 8,9} = 339,23 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Принимаем $n=350$ об/мин

$$N_e = \frac{5,97 \cdot 350}{9750} = 0,214 \text{ кВт.}$$

Мощность резания при зенкерования рассчитываем по формуле:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750},$$

где n – частота вращения инструмента, об/мин

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D},$$

где v – скорость резания, м/мин;

D – обрабатываемый диаметр, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 11}{3,14 \cdot 30} = 116,77 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Принимаем $n=150$ об/мин

$$N_e = \frac{149,12 \cdot 150}{9750} = 2,294 \text{ кВт}$$

Проверка возможности обработки:

$$N_e \leq N_{cm} \cdot \eta.$$

$$2,294 \leq 18 \cdot 0,85.$$

$$2,294 \text{ кВт} \leq 15,3 \text{ кВт}$$

Следовательно, обработка возможна.

3.4 Проектирование операции технического контроля и выбор измерительного оборудования и оснастки

На операциях технологического контроля необходимо проконтролировать все требования, проставленные на конструкторском чертеже, от контролируемого параметра и его точности зависит выбор измерительного оборудование.

Предпочтителен выбор стандартных контрольных приспособлений, так как это уменьшает себестоимость детали при любом типе производства.

Шероховатость ответственных поверхностей контролировать образцами шероховатости ГОСТ 9378–93, которые представлены на рисунке 3.31.

Линейные размеры до 125 мм контролировать штангенциркулем ШЦ-I-125-0,01 ГОСТ 166–89 (штангенциркуль I типа двусторонний с глубиномером с диапазоном измерения от 0 до 125 мм с шагом дискретности цифрового отсчётного устройства 0,01 мм), который представлен на рисунке 3.32.

Линейные наружные до 1000 мм размеры контролировать штангенциркулем ШЦ-III-1000-0,05 ГОСТ 166–89 (цифровой штангенциркуль односторонний III типа с диапазоном измерений от 0 до 1000 мм и значением по нониусу 0,05 мм).

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

Глубину центрального отверстия контролировать штангенглубиномером ШГ-300 ГОСТ 162–90, который представлен на рисунке 3.33.

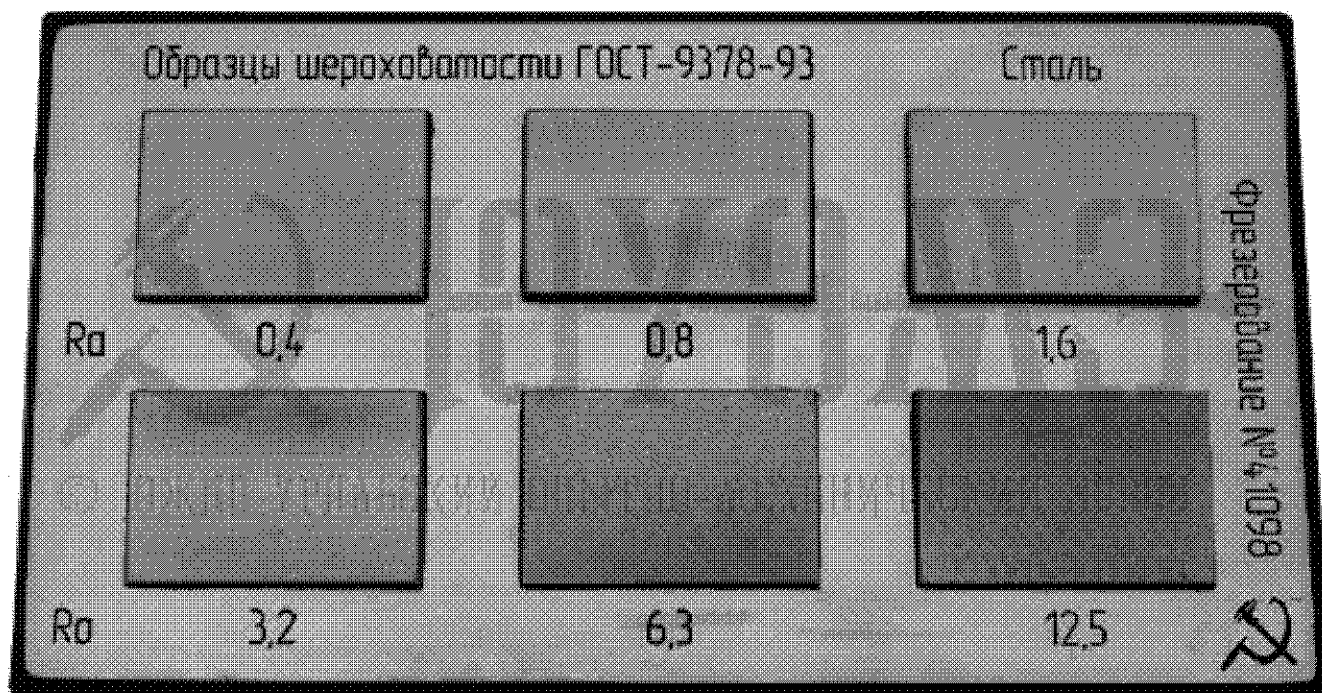


Рисунок 3.31 – Образцы шероховатости ГОСТ 9378–93

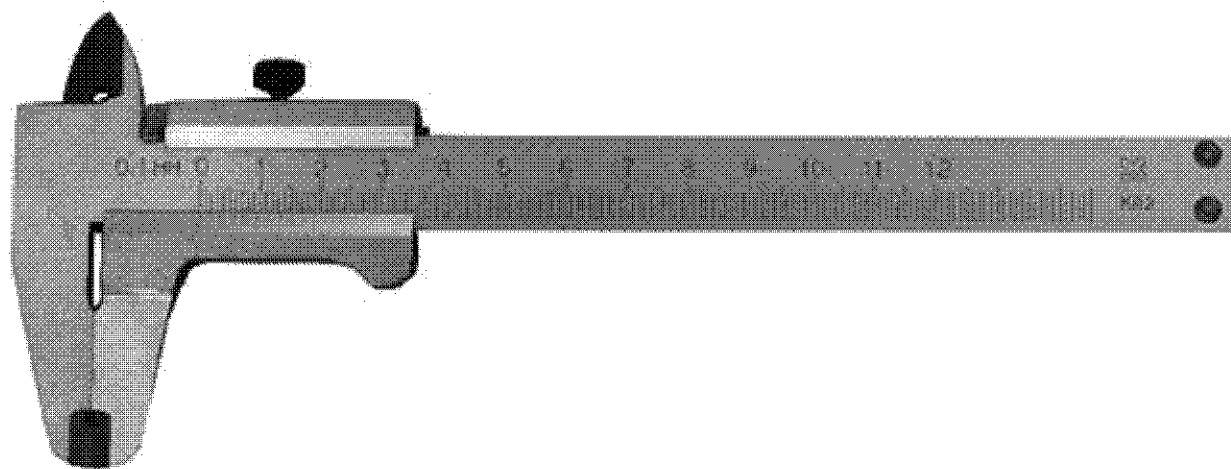


Рисунок 3.32 – Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,01 ГОСТ 166–89

Для контроля метрической резьбы в отверстиях использовать проходные (Пр) и непроходные (Не) резьбовые пробки ГОСТ 17756-72 и ГОСТ 17757-72 соответственно, представлены на рисунке 3.34.

Для контроля метрической резьбы в центральном отверстии использовать специальное кольцо упорное КН18105-700.02.06.003.

Для контроля отверстия использовать проходные (Пр) и непроходные (Не) калибры ГОСТ 14815–89 и ГОСТ 14816–89 соответственно, представлены на рисунке 3.35.

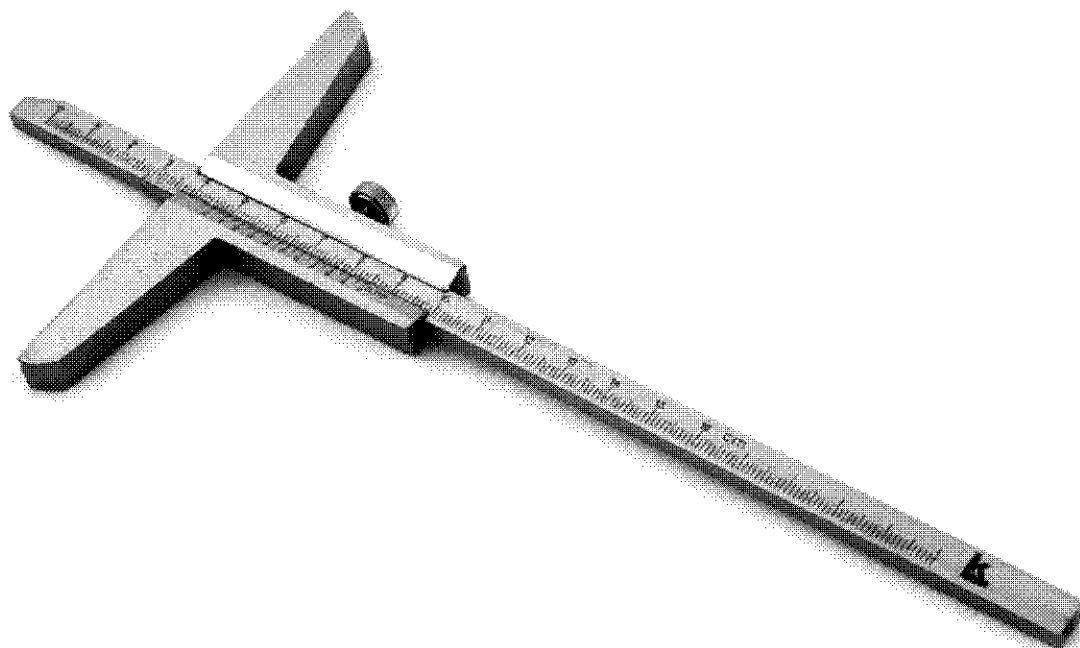


Рисунок 3.33 – Штангенглубиномер ШГ-300 ГОСТ 162–90



Рисунок 3.34 – Проходные и непроходные резьбовые пробки

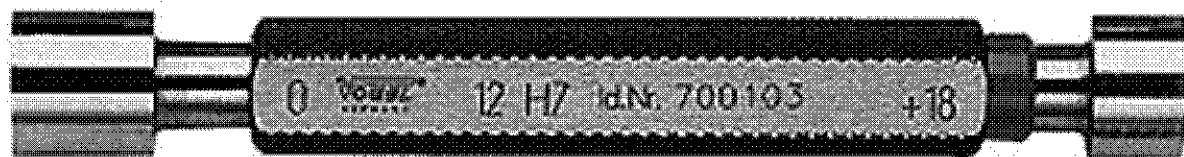


Рисунок 3.35 – Проходные и непроходные калибры

У детали «Корпус бугельного узла» много допусков расположений, а именно перпендикулярности, параллельности и соосности поверхностей относительно баз. Деталь имеет крупные габариты, что усложняет измерение стандартными контрольными приспособлениями.

Поэтому целесообразнее использовать координатно-измерительные машины (КИМ). КИМы позволяют дать представление, где произошел брак и какого его отклонение от заданных параметров расчетов, также можно произвести контроль различных отклонений формы и расположений поверхностей.

3.5.1 Выбор модели КИМ

Основными критериями выбора определённой модели контрольно-измерительной машины являются:

- Величина рабочей зоны;
- погрешность измерения;
- система координат машины (СКМ).

Деталь «Корпус бугельного узла» имеет простую форму, поэтому более удобно использование КИМ с прямоугольной системой координат. Исходя из габаритных размеров детали $\varnothing 550 \times 258$ мм, выбираем КИМ с максимально-допустимым диапазоном измерений минимум в 2 раза больше размеров детали. Максимальный квалитет точности детали Н6. Исходя из вышеуказанных параметров, выберем КИМ. В таблице 3.1 приведены характеристики трёх наиболее подходящих КИМ.

Таблица 3.1 – Сравнение основных технических характеристик КИМ

						151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			90

	Модель контрольно-измерительной машины		
Параметры КИМ	Carl Zeiss ACCURA MASS 20/24/15	DEA DELTA SLANT 20/33/15	Leitz RMM-F 30/20/16
Рабочая зона X/Y/Z, мм	2000/2400/1500	2000/3300/1500	3000/2000/1600
Габариты КИМ, мм	3550x2453x4295	4704x3867x4840	–
Предельное значение погрешности MPE _e , мкм	3,9+L/300	4,0+3,8L/1000	2,3+L/400
Максимальная масса детали, кг	3500	–	–
Масса КИМ, кг	11000	4700	–

Исходя из данных таблицы 1, выбираем КИМ Carl Zeiss ACCURA MASS 20/24/15, так как она имеет оптимальную рабочую зону для данной корпусной детали, является более дешевым решением для использования на производстве по сравнению с выбранными моделями, а также оптимальное значение предельной погрешности. КИМ Carl Zeiss ACCURA MASS 20/24/15 представлена на рисунке 3.36.

Основные характеристики КИМ Carl Zeiss ACCURA MASS 20/24/15:

- Измерительная машина портальной конструкции с жестким столом;
- измерительная поверхность, обработанная по DIN 879;
- легкая конструкция портала, выполненная с высокой жесткостью;
- векторная скорость перемещения 800 мм/сек в режиме High-Speed;
- коррекция САА (Computer Aided Accuracy);
- покрытие алюминиевых частей CARAT обеспечивает долговременное стабильное состояние направляющих портала;
- система линейных измерений из стеклокерамики;
- запатентованное термически нейтральное крепление линейки;
- высокодинамичные привода с автоматическим контролем;
- все оси базируются на воздушных подшипниках;

- пассивное виброгашение благодаря эластомерам;
- стабильность к изменению температуры благодаря технологии F.I.

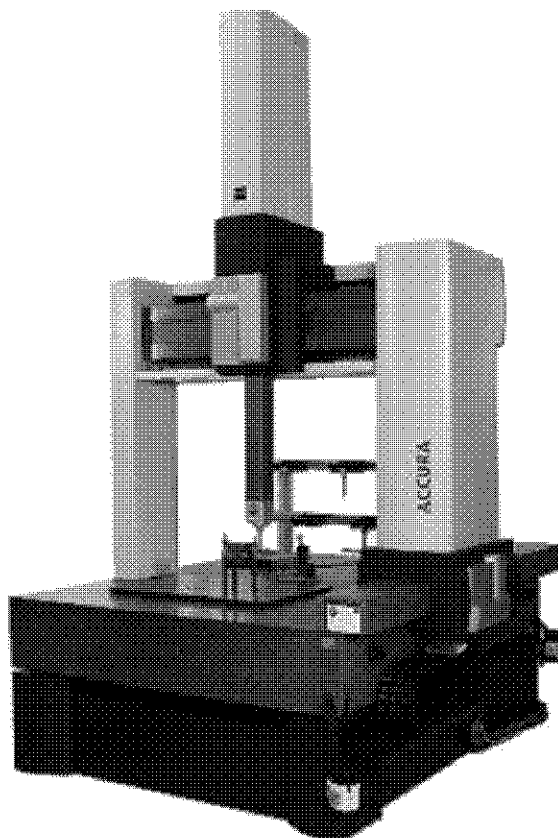


Рисунок 3.36 – КИМ Carl Zeiss ACCURA MASS 20/24/15

Проведем проверку обеспечения точности измерений при использовании данной координатно-измерительной машины для контроля детали «Корпус бугельного узла».

Погрешность линейного измерения размера $\varnothing 243^{+0,5}$:

$$\Delta_1 = \pm \left(3,9 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left(3,9 + \frac{253}{300} \right) = \pm 4,74 \text{ мкм} .$$

Погрешность линейного измерения размера $\varnothing 345 \begin{matrix} -0,2 \\ -0,3 \end{matrix}$:

$$\Delta_2 = \pm \left(3,9 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left(3,9 + \frac{345}{300} \right) = \pm 5,05 \text{ мкм} .$$

Координатно-измерительная машина считается пригодной для измерения, если погрешность линейного измерения составляет не более 30% от допуска на измеряемый размер.

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

$$\frac{\Delta_1}{T_1} = \frac{0,00948}{0,5} \cdot 100\% = 1,9\%,$$

$$\frac{\Delta_2}{T_2} = \frac{0,0101}{0,1} \cdot 100\% = 10,1\%.$$

Так как оба отношения не превышают 30%, следует вывод, что выбранная координатно-измерительная машина Carl Zeiss ACCURA MASS 20/24/15 пригодна для контроля детали «Корпус бугельного узла».

3.5.2 Выбор измерительной головки

В качестве измерительных головок возможно использование базового оснащения КИМ фирм Carl Zeiss. Это измерительные головки DT, VAST XT, VAST gold. Сравнительный анализ представлен в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Технические характеристики измерительных головок DT, VAST XT, VAST gold

	DT	VAST XT	VAST gold
Возможность активного сканирования	–	+	+
Погрешность линейного измерения, мкм	2,2+L/300	2,2+L/300	2,2+L/300
Отклонение при касании, мкм	1,9	1,9	1,9
Отклонение при касании при сканировании, мкм	–	3,5	3,5
Максимальная длина измерительного наконечника, мм	500	500	800
Максимальный вес измерительного наконечника, г	500	500	600

Анализируя представленную таблицу, можно сделать вывод, что измерительные головки VAST XT и VAST gold обладают идентичными техническими показателями, однако VAST gold является более универсальной, имеет возможность установки более длинного измерительного наконечника с большим весом. Поэтому выбираем для КИМ Carl Zeiss ACCURA MASS измерительную головку VAST gold (рисунок 3.37).

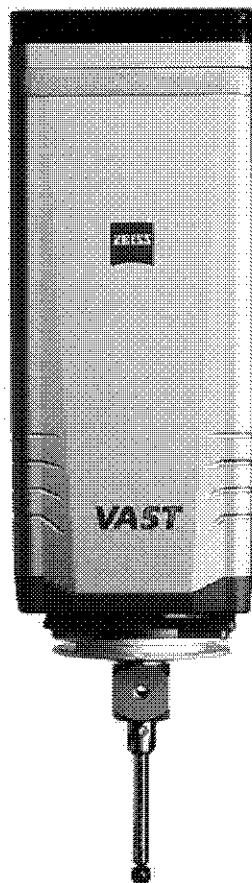


Рисунок 3.37 – Измерительная головка Zeiss VAST gold

4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

4.1 Анализ возможных направлений автоматизации технологического процесса изготовления детали

С целью получения наибольшей информации о возможности полной или частичной автоматизации проведем анализ проектного варианта технологического процесса, учитывая нижеперечисленные факторы.

4.1.1 Наличие в технологическом процессе слесарных, универсальных или специальных операций

Технологический процесс детали «Корпус бугельного узла КН18105–700.02.06.001» не предусматривает специальных, универсальных и слесарных операций, поэтому при ее обработке отсутствуют ограничения на применение оборудования с ЧПУ. Закругление углов, удаление заусенцев и притупление острых кромок обеспечивается в процессе механической обработки. Базирование заготовки происходит по плоским и цилиндрическим поверхностям.

4.1.2 Возможность встраивания основного оборудования в ГПС

К выбранному в проектном варианте технологического процесса основному оборудованию можно установить систему автоматической уборки отходов из рабочей зоны станка, добавить модули автоматического открывания-закрывания дверей станков, а также имеется возможность добавления датчиков для наладки и диагностики работы оборудования, режущего инструмента.

4.1.3 Концентрация переходов на операциях механической обработки

Имеется возможность концентрации переходов на операциях, выполняемых на станке с ЧПУ. Концентрация переходов позволяет сократить вспомогательное время на перемещение и переустановку заготовок и улучшить точность обработки, в результате выполнения принципа совмещения баз, а также повышает степень автоматизации технологического процесса.

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95

Концентрация заключается в применении обрабатывающего центра с ЧПУ и совмещении токарных, резьбонарезных, фрезерных, сверлильных операций в одну операцию с одним установом.

4.1.4 Габаритные размеры детали

Габаритные размеры детали: $\text{Ø}560 \times 280$ мм; вес – 212 кг, поэтому для установки данной детали будем использовать промышленных роботов, имеющих большую грузоподъемность и большой радиус действия.

4.1.5 Наличие поверхностей для захвата промышленным роботом

Для автоматизации процесса установки детали на станке и перемещения ее на/со склад/тактовый стол можно использовать промышленного робота со схватом. Для захвата можно использовать наружную цилиндрическую поверхность 1 (рисунок 4.1).

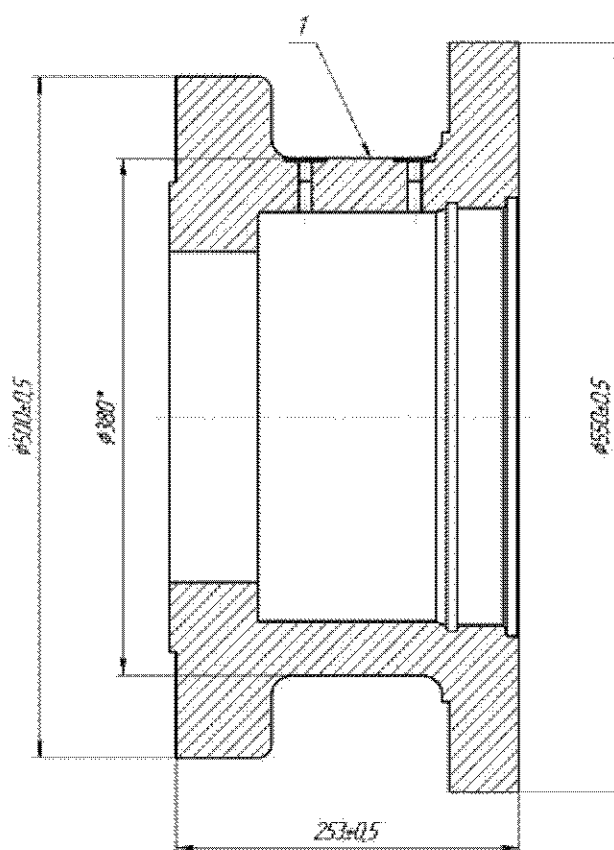


Рисунок 4.1 – Корпус с поверхностью для захвата промышленным роботом

Исходной информацией для выбора оборудования, приспособлений и промышленных роботов являются сведения об изготавливаемых деталях и организационно-технологических условиях их изготовления.

Подбор и группирование деталей для изготовления на автоматизированном участке выполняют с учетом следующих характеристик:

1) конструктивно-технологическое подобие деталей, т.е. сходство по габаритным размерам, группе материалов, массе, виду деталей, характера конструктивных элементов, требованиям к точности обработки и качеству обрабатываемых поверхностей, числу обрабатываемых поверхностей:

- габаритные размеры: Ø560x280 мм;
- масса: 212,0 кг;
- материал: сталь 20ГЛ ГОСТ 21357–87;
- вид заготовки: отливка 3-й группы ГОСТ 977–88;
- вид обработки: фрезерование, растачивание точение, сверление с ЧПУ;
- самый точный класс обработки Н6;
- наименьшая шероховатость Ra 3,2;

2) «корпус бугельного узла» деталь – тело вращения, типа колец, втулок, дисков, шкивов, блоков, стержней, стаканов, валов, осей, штоков и др. Относится к 71 классу по технологическому классификатору деталей машиностроения и приборостроения ОК 021-95;

3) максимальная степень завершенности маршрута обработки деталей на автоматизированном участке без прерывания маршрута обработки для выполнения каких-либо специфических операция (возможно полностью изготовление детали на одном участке, исключая последующий контроль, маркировку и упаковку).

На основе подобранной группы деталей с учетом видов обработки и трудоемкости проводится выбор типажа требуемого оборудования, промышленных роботов, приспособлений, характера и маршрута транспортирования деталей. На этом этапе определяется компоновка

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		97

автоматизированного производственного участка, рассчитываются вместимость автоматизированного склада, число спутников, выполняется оптимизация пространственного расположения оборудования.

4.2 Разработка структурной схемы гибкого производственного участка

Автоматическая транспортно-складская система (АТСС) в ГПС предназначена выполнять следующие функции: хранить в накопителях большой вместимости (складе) межоперационные заделы деталей и автоматически транспортировать их в заданный адрес по командам от ЭВМ; транспортировать детали от станка к станку, а также на позиции разгрузки и загрузки; оперативно пополнять накопители небольшой вместимости (приемно-передающие агрегаты, тактовые столы и др.), установленные около каждого станка; транспортировать обработанные детали на позиции контроля и возвращать их для продолжения дальнейшей обработки или на позиции загрузки-разгрузки.

4.2.1 Определение характеристик стеллажа-накопителя

Основной расчетной характеристикой стеллажа является его вместимость, которая определяется исходя из числа спутников, необходимого для полной загрузки станков во время работы комплекса.

Расчеты основных параметров АТСС целесообразно производить исходя из числа среднестатистических величин трудоемкости обработки деталей и их месячной программы выпуска на предприятии. Это позволит при смене обрабатываемой детали обеспечить загрузку ГПС, близкой к расчетной.

Максимальное число деталиустановок различных наименований (число серий), которые могут быть обработаны на комплексе в течение месяца, определим по формуле:

(4.1)

$\Phi_{ст}$

$\Phi_{ст} = 305 \text{ ч}$

где – месячный фонд отдачи станка, ч ();

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		98

- число станков, входящих в ГПС;
 - средняя трудоемкость обработки одной деталиустановки, мин;
- N – средняя месячная программа выпуска деталей одного наименования.

Подставляя, получим:

Полученное число деталиустановок определяет количество ячеек в стеллаже или ином накопителе. С целью унификации зажимных элементов приспособлений, схватов, захватов и т.д. в ГПС рекомендуется осуществлять обработку различных деталей на приспособлениях-спутниках (паллетах) с одинаковыми размерами установочных поверхностей и по возможности одной конструкции.

Для обеспечения нормальной работы ГПС необходим запас ячеек в накопителе, равный примерно 10 % от $K_{\text{наим}}$, поэтому принимаем .

4.2.2 Расчет числа позиций загрузки и разгрузки

Расчет необходимого числа позиций загрузки и разгрузки производят по формуле:

$$(4.2)$$

где t – средняя трудоемкость операций на позиции, мин;

– число деталиустановок, проходящих через позицию в течение месяца, шт.;

$\Phi_{\text{поз}}$

– месячный фонд времени работы позиции, ч; $\Phi_{\text{поз}} = \Phi_{\text{ст}} = 305$ ч.

$$(4.3)$$

где N – средняя месячная программа выпуска деталей одного наименования , шт.

Подставляя, получим:

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
						99
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для расчетов можно использовать следующие значения трудоемкостей операций по загрузке (t_z) и разгрузке (t_p) деталей: $t_z=5$ мин; $t_p=3$ мин.

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

Подставляя, получим:

4.2.3 Расчет числа позиций контроля

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

(4.4)

где t_k – суммарное время контроля одной деталиустановки, мин;

$K_{\text{дет.к}}$ – число деталиустановок, проходящих контроль за месяц, шт.;

$\Phi_{\text{поз}}$ – месячный фонд времени работы позиции контроля, ч.

(4.5)

где – число деталиустановок, обрабатываемых на комплексе за месяц, шт.;

n – число деталиустановок, через которое деталь выводится на контроль, шт.:

$$n = \frac{n_1}{k_1 - k_2}, \quad (4.6)$$

где n_1 – плановое число деталиустановок, через которое деталь выводится на контроль по требованию технолога, шт.;

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

Подставляя, получим:

$$n = \frac{6}{1,15 \cdot 1,05} = 4,96 \approx 5 \text{ шт.};$$

Время контроля одной деталиустановки:

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		100

$$t_k = t_{k_1} + t_{k_2} + \dots + t_{k_i}, \quad (4.7)$$

где $t_{k_1}, t_{k_2}, \dots, t_{k_i}$ – соответственно время контроля поверхностей детали после обработки на 1, 2 и т.д. i -м станках ГПС.

Для расчетов время каждого промежуточного контроля (после неполной обработки поверхностей на станках комплекса) можно принимать равным:

$$t_{\text{п}} = 5 \text{ мин.}$$

время окончательного контроля всех поверхностей детали (после обработки на последнем станке комплекса):

$$t_{\text{к.ок}} = 30 \text{ мин.}$$

Подставляя, получим:

$$t_k = 5 + 30 = 35 \text{ мин.}$$

4.2.4 Проектирование предварительной компоновки ГПС

Для дальнейшего определения числа подвижных транспортных механизмов АТСС, расчета времени перемещения заготовок, а так же определения более рационального размещения оборудования необходимо узнать примерный маршрут движения заготовок при обработке на станках ГПС. Для этого осуществим планировку станочной, складской и вспомогательной систем комплекса.

Маршрутный технологический процесс обработки детали «корпус бугельного узла» представлен в таблице 2.

Таблица 4.1 – Маршрутный технологический процесс обработки детали «корпус бугельного узла»

Номер операции	Название операции
Операция 005	Заготовительная
Операция 010	Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ

Продолжение таблицы 4.1

Операция 015	Моечная
Операция 020	Контрольная
Операция 025	Маркировочная
Операция 030	Упаковочная

Для дальнейшего определения числа подвижных транспортных механизмов АТСС, расчета времени перемещения заготовок, а так же определения более рационального размещения оборудования необходимо узнать примерный маршрут движения заготовок при обработке на станках ГПС. Для этого осуществим планировку станочной и складской систем комплекса.

Первый вариант расположения оборудования представлен на рисунке 4.2.

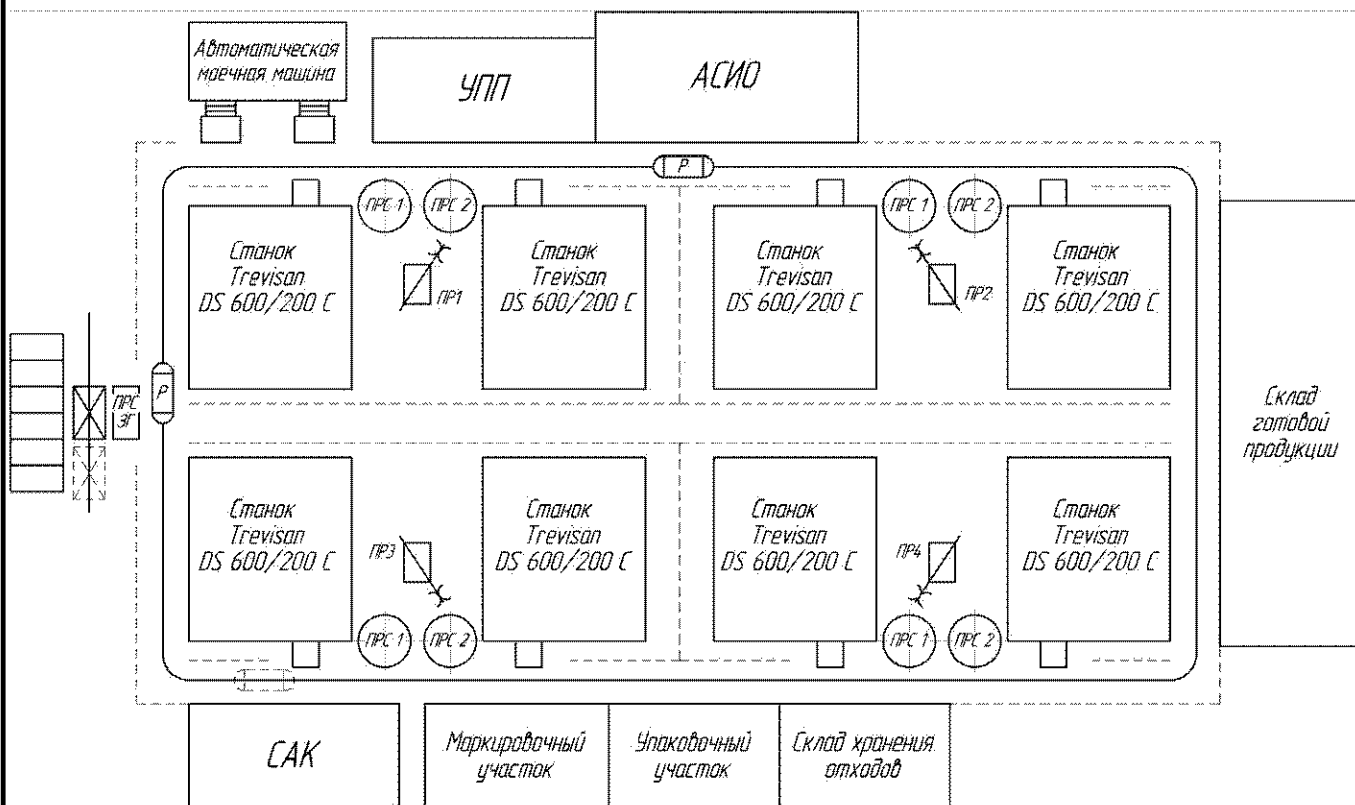


Рисунок 4.2– Схема расположения станков

На данной схеме показано перемещение заготовок со склада заготовок роботом-штабелером в накопителе на приемо-раздаточный стол заготовок (ПРС ЗГ), робокар транспортирует заготовку с ПРС ЗГ на ПРС 1, робот манипулятор берет заготовку с ПРС 1 устанавливает ее на станок, после обработки снимает деталь со станка и ставит на ПРС 2, далее робокар транспортирует деталь с ПРС 2

в моечную машину. После мойки робокар транспортирует деталь в участок производственной подготовки, где рабочий снимает деталь с приспособления, далее робокар перемещает готовую деталь в систему автоматического контроля. После контроля детали робокар увозит деталь в маркировочный участок, затем в упаковочный участок, после которого готовые детали робокар транспортирует на склад готовых деталей.

Для выявления всех суммарных перемещений была составлена матрица ориентировочных перемещений подвижных механизмов АТСС (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Матрица перемещений подвижных механизмов АТСС

	Склад заготовок	Кран штабелер	ПРС заготовок	Робокар	ПРС 1	Промышленный робот	Trevisan DS 600/200 C	ПРС 2	Моечная машина	УПТ	САК	Маркировочный	Упаковочный	Склад готовой продукции
Склад заготовок	-	1000												
Кран штабелер		-	300											
ПРС заготовок			-	500										
Робокар				-	39200									
ПРС 1					-	3000								
Промышленный робот						-	5490							
Trevisan DS 600/200 C							-	5490						
ПРС 2								-	53500					
Моечная машина									-	7000				
УПТ										-	37350			
САК											-	7250		
Маркировочный												-	7750	
Упаковочный													-	31350
Склад готовой продукции														-

Суммарное перемещение при такой компоновки ГПС равное 199180 мм.

Второй вариант расположения оборудования представлен на рисунке 4.4.

При такой схеме расположения оборудования на операции 005 комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ: робот-штабелер перемещает заготовки со склада заготовок на приемо-раздаточный стол заготовок (ПРС ЗГ), робокар транспортирует заготовку с ПРС ЗГ на ПРС 1, робот манипулятор берет заготовку с ПРС 1 устанавливает ее на станок после обработки снимает деталь со станка и ставит на ПРС 2, далее робокар транспортирует деталь с ПРС 2 в моечную машину. После мойки робокар транспортирует деталь в участок

производственной подготовки, где рабочий снимает деталь с приспособления, далее робокар перемещает готовую деталь в систему автоматического контроля. После контроля детали робокар увозит деталь в маркировочный участок, затем в упаковочный участок, из которого детали транспортируются на склад готовых деталей.

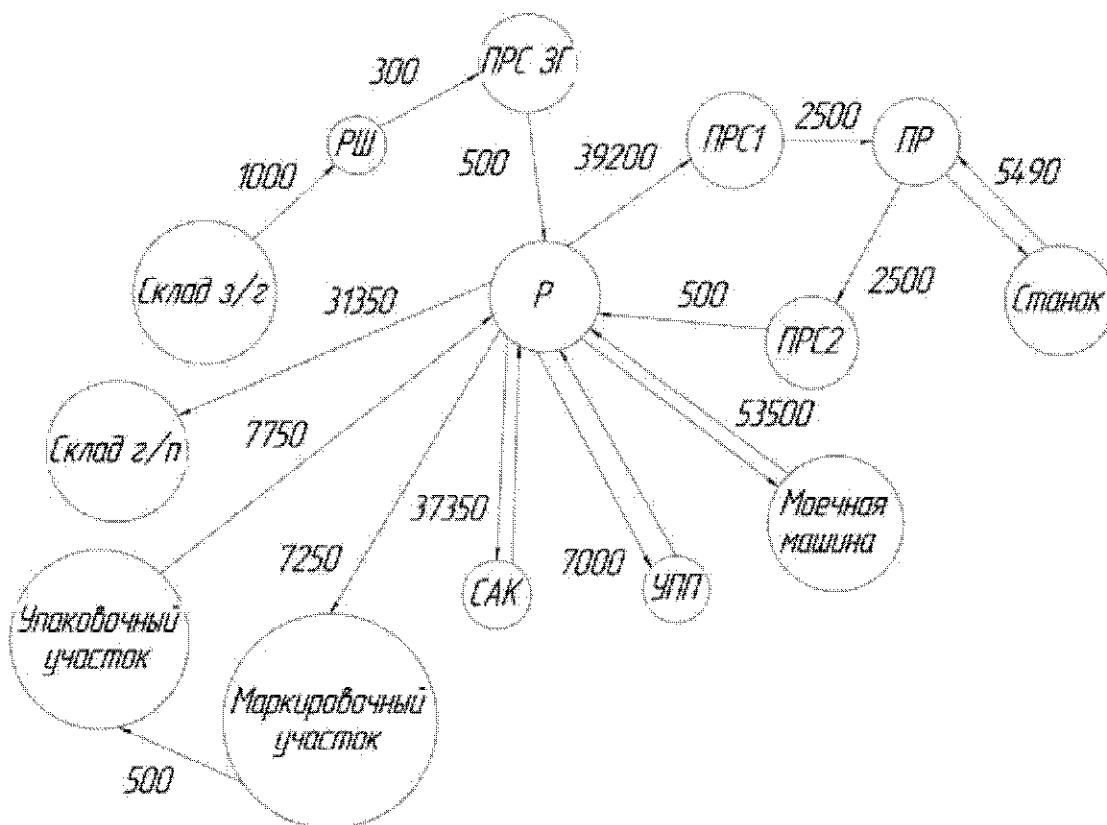


Рисунок 4.3 – Граф перемещений для первого варианта схемы расположения

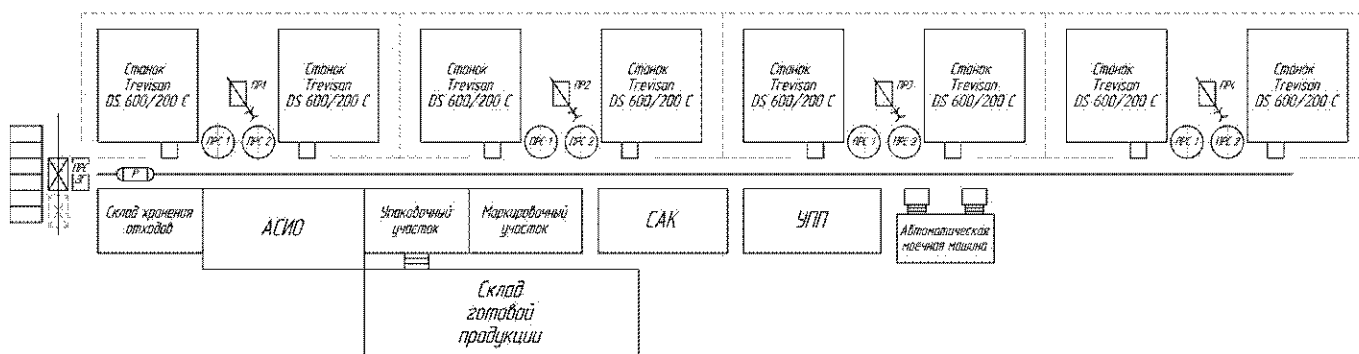


Рисунок 4.4 – Схема расположения станков

Для выявления всех суммарных перемещений была составлена матрица ориентировочных перемещений подвижных механизмов АТСС (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Матрица перемещений подвижных механизмов АТСС

	Склад заготовок	Кран штабелер	ПРС заготовок	Роботкар	ПРС 1	Промышленный робот	Trevisan DS 600/200 C	ПРС 2	Моечная машина	УПП	САК	Маркировочный	Упаковочный	Склад готовой продукции
Склад заготовок	-	1000												
Кран штабелер		-	300											
ПРС заготовок			-	500										
Роботкар				-	67500									
ПРС 1					-	3000								
Промышленный робот						-	5490							
Trevisan DS 600/200 C							-	5490						
ПРС 2								-	15700					
Моечная машина									-	6300				
УПП										-	9300			
САК											-	8500		
Маркировочный												-	500	
Упаковочный													-	3000
Склад готовой продукции														-

Суммарное перемещение при такой компоновки ГПС равно 132830 мм.

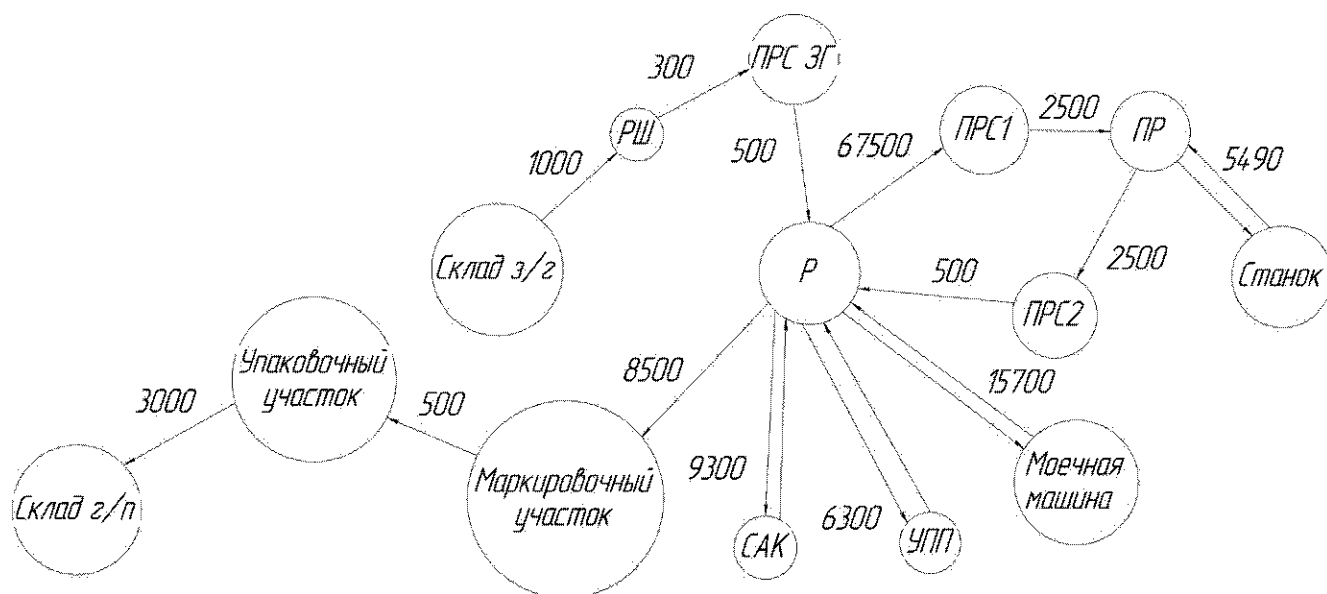


Рисунок 4.5 – Граф перемещений для второго варианта схемы расположения

Исходя из расчетов, выбираем вторую схему расположения станков.

4.2.5 Определение числа подвижных транспортных механизмов АТСС

Робот штабелер, расположенный у склада заготовок, должен передавать паллету с заготовкой со склада заготовок на прямо-раздаточный стол заготовок.

Рассчитаем суммарное время $T_{\text{обсл}}$ работы робота штабелера:

$$T_{\text{обсл}} = \frac{K_{\text{стел-ст}} \cdot t_{\text{стел-ст}} + K_{\text{ст-ст}} \cdot t_{\text{ст-ст}}}{60}, \quad (4.7)$$

где $K_{\text{стел-ст}}$ – число перемещений между стеллажом и столом;

$K_{\text{ст-ст}}$ – число перемещений между станками;

$t_{\text{стел-ст}}$ – среднее время, затрачиваемое на передачу заготовки со стеллажа на станок и обратно, мин;

$t_{\text{ст-ст}}$ – среднее время, затрачиваемое на передачу паллеты со станка на станок, мин.

Время выполнения штабелером одной передачи спутника равно:

$$t_{\text{стел-ст}} = t_{\text{ст-ст}} = t_1 + t_2, \quad (4.8)$$

где t_1 – время отработки кадра "Подойти и взять ящик", мин;

t_2 – время отработки кадра "Подойти и поставить ящик", мин.

$$t_1 = t_k + t_{\text{под}} + t_{\text{в.с}}, \quad (4.9)$$

$$t_2 = t_k + t_{\text{под}} + t_{\text{п.с}}, \quad (4.10)$$

где t_k – время расчета и передачи кадра команды от ЭВМ в устройство ЧПУ робота штабелера, мин;

$t_{\text{под}}$ – время подхода робота штабелера к заданной точке, мин;

$t_{\text{в.с}}$ – время работы цикловой автоматики по выполнению команды "Взять ящик", мин;

$t_{\text{п.с}}$ – то же "Поставить ящик", мин.

Время t_k колеблется в пределах $t_k=1,5 \dots 10$ с; время $t_{\text{в.с}}=t_{\text{п.с}}=0,15 \dots 0,25$ мин. Время подхода робота штабелера к заданной точке:

$$t_{\text{под}} = \frac{L_x}{V_x} + \frac{L_y}{V_y}, \quad (4.11)$$

где L_x и L_y – соответственно длина перемещения штабелера по осям x и y , м;

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		106

V_x и V_y – соответственно скорость перемещения штабелера по осям x и y , м/мин.

Для расчетов принимаем: $V_x = 60$ м/мин; $V_y = 6$ м/мин; $L_x = 1$ м; $L_y = 1$ м.

Подставляя получим:

$$t_1 = t_2 = 0,05 + 0,183 + 0,2 = 0,433 \text{ мин};$$

Рассчитав суммарное время обслуживания станков, определим число роботов штабелеров для выполнения этой работы:

$$K_{шт1} = \frac{T_{обсл}}{\Phi_{шт} \cdot 60}, \quad (4.12)$$

где $\Phi_{шт}$ – фонд работы штабелера, ч.

Подставляя, получим:

Для выполнения работы по перемещению заготовок и готовых деталей требуется один робот штабелер.

4.3 Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы

Промышленный робот (ПР) – предназначенный для выполнения двигательных и управляющих функций в производственном процессе манипуляционный робот, состоящий из манипулятора и перепрограммируемым устройством управления, которое формирует управляющее воздействие, задающие требуемые движения для исполнительных органов манипулятора, применяются для перемещения предметов и выполнения различных технологических операций.

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		107

Промышленные роботы обычно являются одним из компонентов автоматизированных производственных систем, применяемых в гибком автоматизированном производстве.

Для автоматизированного производства и практически безлюдного режима работы участка необходим промышленный робот, способный переставлять деталь в нужные моменты во время механической обработки, а так же осуществлять перемещение заготовок со склада и готовых деталей на склад.

Произведем анализ и выбор промышленного робота из современных компаний (фирм), таких как АBB – шведско-швейцарская, FANUC – японская и KUKA – немецкая. Заготовки имеют массу от 250 до 450 кг, следовательно, необходимо соответствие массы заготовки и грузоподъемности промышленного робота. Сравним технические характеристики ПР, которые представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 Технические характеристики промышленных роботов

	ABB IRB 7600-500	FANUC M- 2000iA/900L	KUKA KR 1000 L750 TITAN
Максимальная грузоподъемность, кг	500	900	750
Дополнительная нагрузка, кг	50	–	50
Рабочая зона действия, мм	2550	4863	3601
Количество осей	6	6	6
Вес, кг	3400	9600	4740
Стабильность повторяемости, мм	–	□±0,5	□±0,1
Монтажное положение	на полу	на полу	на полу

Таким образом, в качестве робота-манипулятора выбираем KUKA KR 1000 L750 TITAN, потому что у робота компании АBB нет запаса по грузоподъемности, а робот фирмы FANUC имеет большой собственный вес, что скажется на скорости перемещения робокара.

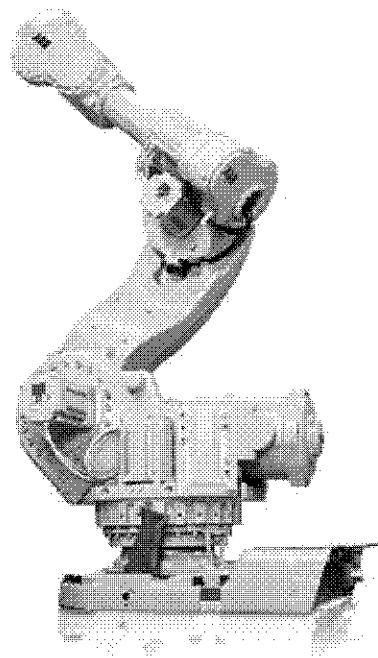


Рисунок 4.6 – Промышленный робот ABB IRB 7600-500

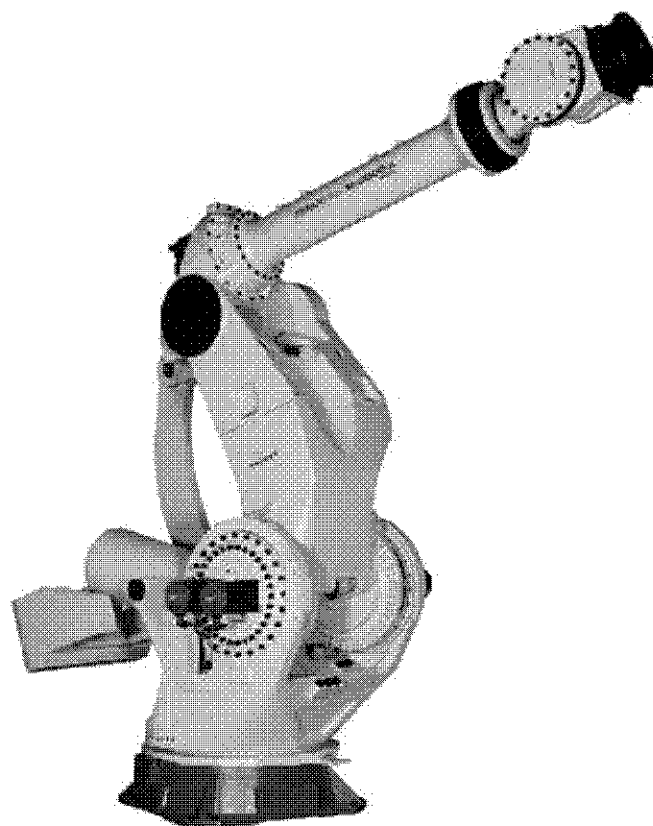


Рисунок 4.7 – Промышленный робот FANUC M-2000iA/900L



Рисунок 4.8 – Промышленный робот KUKA KR 1000 L750 TITAN

KUKA KR 1000 L750 TITAN – робот для тяжеловесных грузов нового поколения обладает компактной конструкцией и улучшенной производительностью. Относясь к роботам большегрузного класса, он имеет необычайно большое рабочее пространство и увеличенное расстояние между основными точками центра тяжести.

Схема возможных перемещений рабочих органов робота представлена на рисунке 4.9.

Для захвата корпуса необходим рабочий орган – схват промышленного робота. Поверхностями для захвата и базирования на детали являются 2 плоскости.

Эскиз схвата представлен на рисунке 4.10.

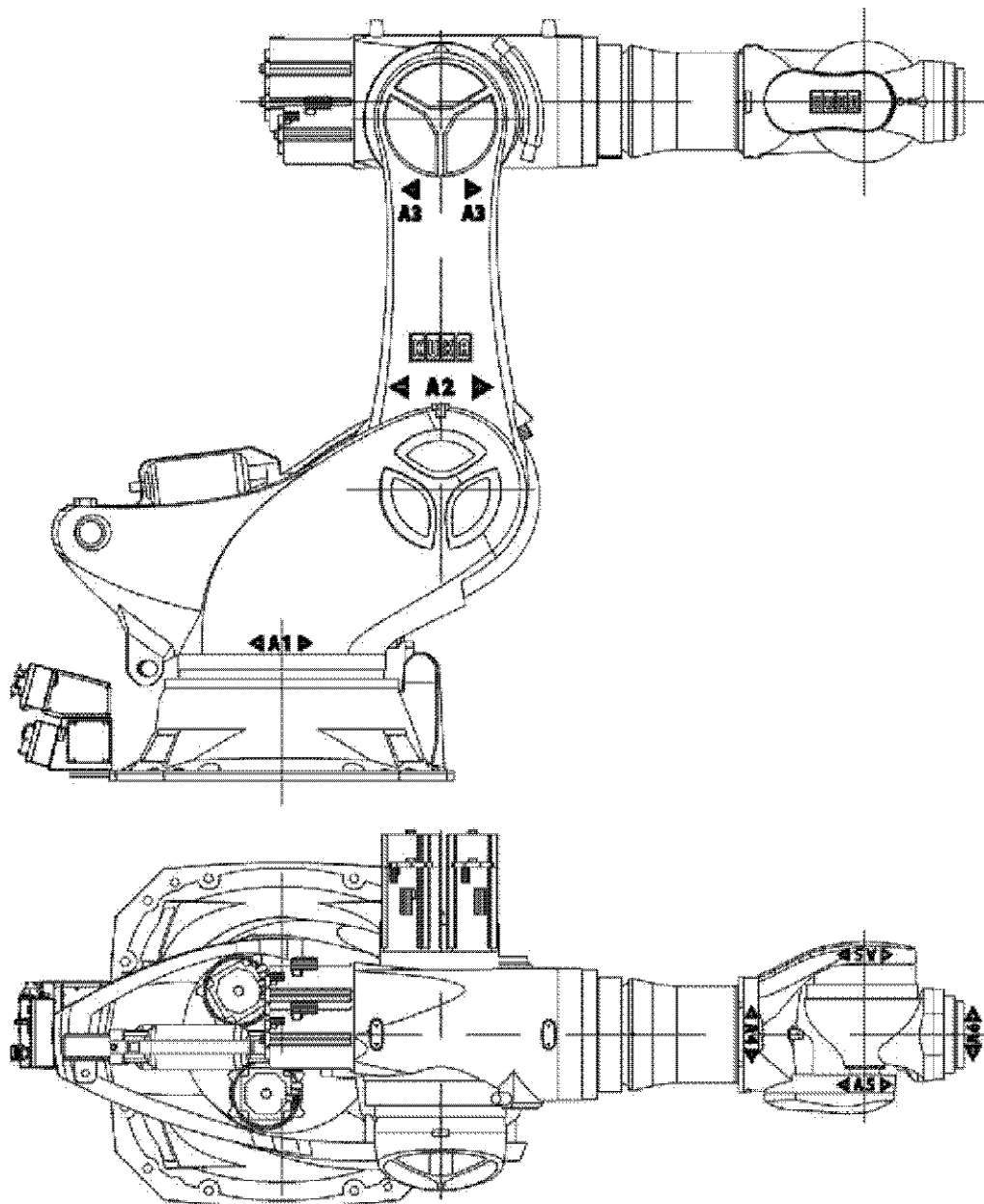


Рисунок 4.9 – Схема возможных перемещений рабочих органов робота

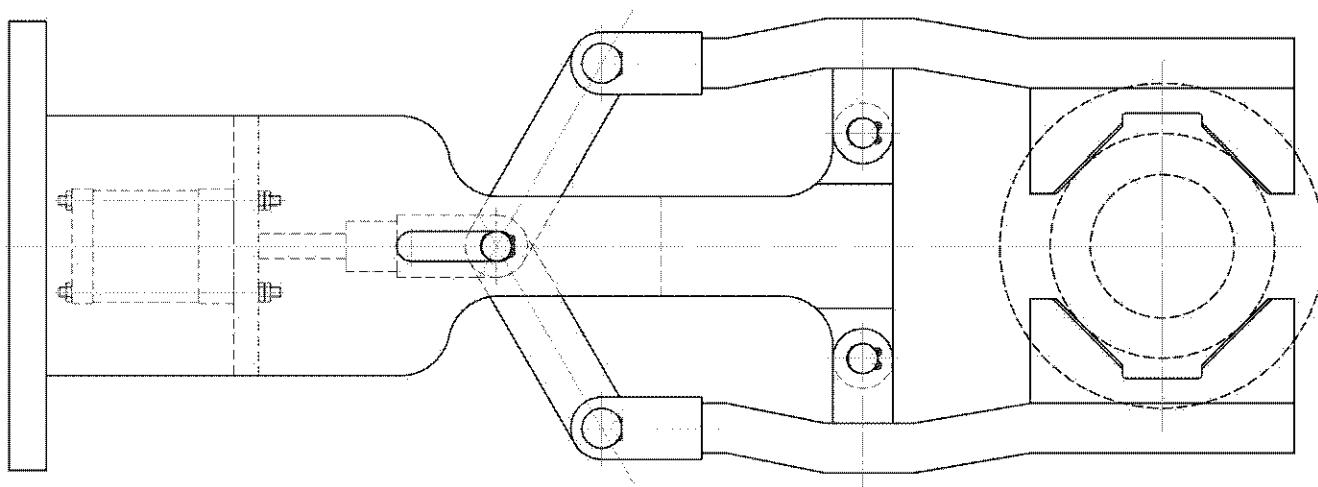


Рисунок 4.10 – Схват промышленного робота с деталью

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151900.2016.017 ПЗ ВКР

Лист

111

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

Для получения готовой продукции заданной точности и качества необходимо также определиться с промежуточным базированием заготовки. Промежуточное базирование, как и базирование для выполнения основных технологических операций должно придавать требуемое положение детали в пространстве.

На точность и, следовательно, качество выпускаемой продукции в значительной части оказывает влияние правильный выбор поверхностей для:

- промежуточного базирования заготовки или полуфабриката в процессе ее транспортирования, промежуточного хранения;
- закрепления в схвате промышленного робота перед установкой на станок.

Рассмотрим схемы базирования заготовки для детали «корпус бугельного узла». Данная заготовка базируется одинаково как в промышленном роботе, секционном ящике, так и в робокаре на паллете в специальном фрезерном приспособлении.

Схема базирования заготовки в паллете на операции 005 комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ (установ А) изображена на рисунке 4.11.

Схема базирования заготовки в паллете на операции 005 комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ (установ Б) изображена на рисунке 4.12.

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		112

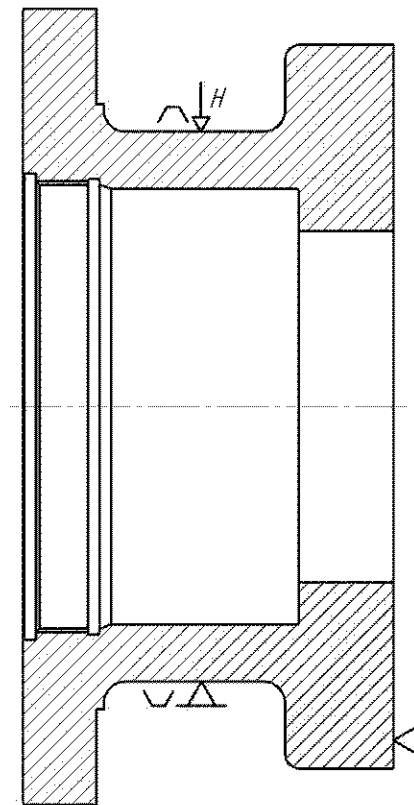


Рисунок 4.11 – Схема базирования заготовки на операции 005 комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ (установ А)

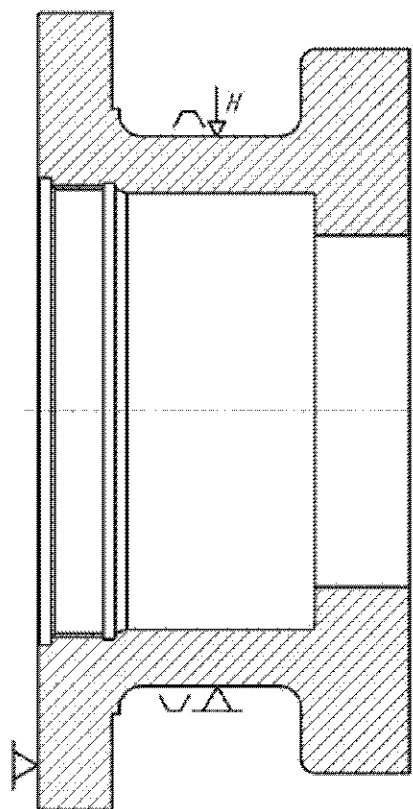


Рисунок 4.12 – Схема базирования заготовки на операции 005 комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ (установ Б)

4.5 Анализ производительности автоматизированной системы

При разработке структурной схемы гибкого производственного участка был произведен расчет расстояний перемещений детали. В первом случае перемещения составили 199180 мм, во втором варианте компоновки 132830 мм. Исходя из расчетов расстояния перемещения детали, выбираем вторую схему расположения станков.

Применение обрабатывающего центра обеспечило сокращение количества технологических операций за счет их интеграции на одном рабочем месте. При этом уменьшилась трудоемкость разметочных операций, транспортных. Это позволило уменьшить вспомогательные времена на установку, переустановку, перемещение и наладку. За счет использования в ГПС дополнительного оборудования – робокар, кран-штабелер, сократилось время на транспортировку заготовок и готовых деталей. Применение промышленного робота позволило освободить человека от трудной и монотонной работы, в результате чего возросла производительность.

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		114

5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ

Участок механической обработки детали «Корпус бугельного узла» включает в себя: склад заготовок, приемо-раздаточные столы, роботов KUKA KR 1000 L750 TITAN, станки Trevisan DS 600/200 C, робокар, склад готовых деталей, склад хранения отходов, робот штабелер, упаковочный участок, маркировочный участок, участок производственной подготовки, автоматическую моечную машину, систему автоматизированного контроля, автоматизированную систему инструментального обеспечения, ящик с песком, пожарный стенд, аптечки.

Заготовки из заготовительного цеха привозят в накопителях и выгружают на приемо-раздаточный стол, откуда робот-штабелер перемещает их на склад заготовок. Робот-штабелер со склада заготовок доставляет заготовки на приемно-раздаточный стол, после чего робокар транспортирует их на приемо-раздаточный стол 1 и робот устанавливает заготовку на обрабатывающий центр, по завершении обработки переносит заготовку на приемно-раздаточный стол 2. Далее робокар транспортирует готовую деталь на приемо-раздаточный стол автоматической моечной машины, после автоматической мойки детали транспортируются робокаром на участок производственной подготовки для снятия с специального фрезерного приспособления. После чего робокар транспортирует деталь в систему автоматизированного контроля, после контроля перемещает на маркировочный участок, из которого готовая деталь перемещается на упаковочный участок, с которого робокар доставляет деталь на склад готовой продукции.

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		115

6 БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ

6.1 Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда

К нормируемым параметрам микроклимата относятся:

1. Температура воздуха;
2. Влажность воздуха;
3. Скорость движения воздуха.

Обработка детали ЭВЦ.020 СБ относится к категории Па, т.к. масса детали менее 1 кг. К категории Па относятся работы с интенсивностью энергозатрат 175-232 Вт, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения (ряд профессий в механосборочных цехах машиностроительных предприятий, в прядильно-ткацком производстве и т. п.). Нормируемые параметры микроклимата не должны выходить за пределы нормативных величин, приведенных в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Нормируемые параметры микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат	Температура воздуха (поверхностей), °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный и переходный	Па	19-21 (18-22)	60-40 (до75)	0,2
Теплый	Па	20-22 (19-23)	60-40 (75-55)	0,2

Выполнение этих норм осуществляется путем проведения следующих мероприятий:

1. В теплое время за счет вентиляции;
2. В холодное время за счет вентиляции, отопления.

Мероприятия, проводимые при использовании СОТС:

1. На состав применяемой СОТС необходимо разрешение санитарного надзора;
2. состав СОТС на водном растворе, их антимикробная защита и пастеризация должны удовлетворять требованиям ГОСТ 121.3.025-80 ССБТ «Обработка металлов резанием. Общие требования безопасности»;
3. приготовление и подача СОТС к станкам должна быть централизованной;
4. периодичность и промывка систем для подачи СОТС должна быть не реже 1 раза в 6 месяцев;
5. станки должны быть оборудованы специальными сборниками и экранами защиты оператора;
6. помещение оборудуется общеобменной вентиляцией с подачей приточного воздуха в рабочую зону со скоростью не более 0,5 м/с. Общая производительность вентиляции должна составлять 850-900 м³/час на один станок;
7. рабочие должны использовать дерматологические кремы и пасты;
8. необходимо проводить санитарный инструктаж.

Для спроектированного техпроцесса предусматриваются следующие виды защиты:

1. Ограничивающие, закрывающие доступ к опасным частям оборудования. Для этого используются кожухи, щиты. Ограждения должны быть достаточно прочными, надежно крепиться к фундаменту или частям машины;
2. предохранительные, автоматически отключающие оборудование при выходе какого-либо параметра за пределы допустимого;
3. сигнализирующие, окраска опасных частей оборудования в красный цвет;

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		117

4. у станков предусмотрены дверцы для защиты от разлетающейся стружки.

Мероприятия по безопасной эксплуатации лезвийного инструмента.

Для безопасной эксплуатации режущего инструмента необходимо постоянно следить за его состоянием, проверять крепление инструмента в оправках и твердосплавных пластин в сборных инструментах.

6.2 Мероприятия по электробезопасности

Электробезопасность – система организационных мероприятий и технических средств, обеспечивающих защиту людей от опасного и вредного действия электрического тока.

Электрический ток, проходя через организм человека, оказывает электролитическое, термическое и биологическое действие, вызывая местные и общие травмы. Характер действия электрического тока на организм человека в зависимости от его величины приведен ниже в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Действие электрического тока на организм человека

Действующий ток	Величина тока, А		Характер действия
	Переменный	Постоянный	
Пороговый ощутимый	0,6-1,5	6-7	Вызывает ощущение раздражения
Пороговый неощутимый	10-15	50-70	Вызывает сильные судороги мышц рук, которые человек не в состоянии преодолеть
Пороговый фибриляционный	100	300	Непосредственное влияние на мышцу сердца, при протекании тока более чем 5 секунд может произойти остановка сердца

Согласно ПУЭ (правила устройства электроустановок), помещение участка механической обработки относится к особо опасному с точки зрения электрической безопасности. Основные причины несчастных случаев на участке:

1. случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям, находящимся под напряжением;
2. появление напряжения на металлических частях оборудования, кожухах, корпусах в результате повреждения изоляции;
3. возникновение напряжений на поверхности земли в результате замыкания токоведущего провода на землю.

На участке необходимо проводить следующие мероприятия по электробезопасности. Так как для питания электрооборудования применяются трехфазные четырехпроводные цепи с глухо заземленной нейтралью напряжением 380/220В необходимо:

1. Изолировать токоведущие части, что защищает электроустановки от чрезмерной утечки токов, предохраняет людей от поражения током и исключает возникновение пожаров;
2. сделать токоведущие части недоступными для случайного прикосновения;
3. применять двойную изоляцию, состоящую из рабочей изоляции и дополнительной, повышающей надежность работы, то есть защищающей человека от поражения при повреждении изоляции;
4. зануление, обеспечивающее быстрое отключение поврежденной установки или участка цепи максимальной токовой защиты вследствие короткого однофазного замыкания;
5. заземление нейтрали, обеспечивающее невозможность появления напряжения относительно земли на корпусе машины;
6. использование изолирующего трапа.

Проводятся также следующие организационные мероприятия:

1. периодический инструктаж на рабочем месте с изложением требований безопасности;
2. обязательный контроль исправности проводника защитного заземления или зануления, наличия трапа у станка;

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		119

3. запрещение операторам ремонтировать электрооборудование;
4. привлечение к ремонту оборудования лиц электротехнического персонала, своевременно прошедших инструктаж.

Зануление – это преднамеренное электрическое соединение открытых проводящих частей электроустановок, не находящихся в нормальном состоянии под напряжением, с глухозаземлённой нейтральной точкой генератора или трансформатора, в сетях трёхфазного тока; с глухозаземлённым выводом источника однофазного тока; с заземлённой точкой источника в сетях постоянного тока, выполняемое в целях электробезопасности.

Защитное зануление является основной мерой защиты при косвенном прикосновении в электроустановках до 1 кВ с глухозаземлённой нейтралью. На рисунке 6.1 представлена принципиальная схема зануления.

Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землёй или её эквивалентом электрических нетоковедущих частей электроустановки, которые могут оказаться под напряжением, с целью обеспечения электробезопасности.

Принцип действия защитного заземления заключается в снижении напряжения между корпусом, оказавшимся под напряжением, и землей до безопасного значения. На рисунке 6.2 представлена принципиальная схема заземления.

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		120

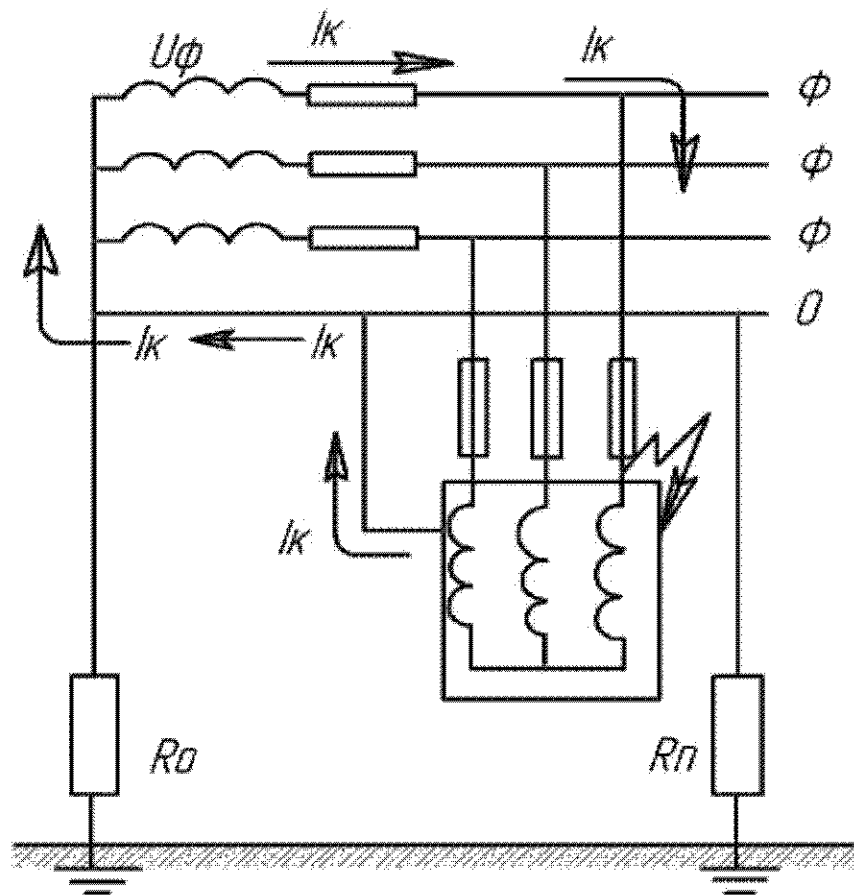


Рисунок 6.1 – Принципиальная схема зануления

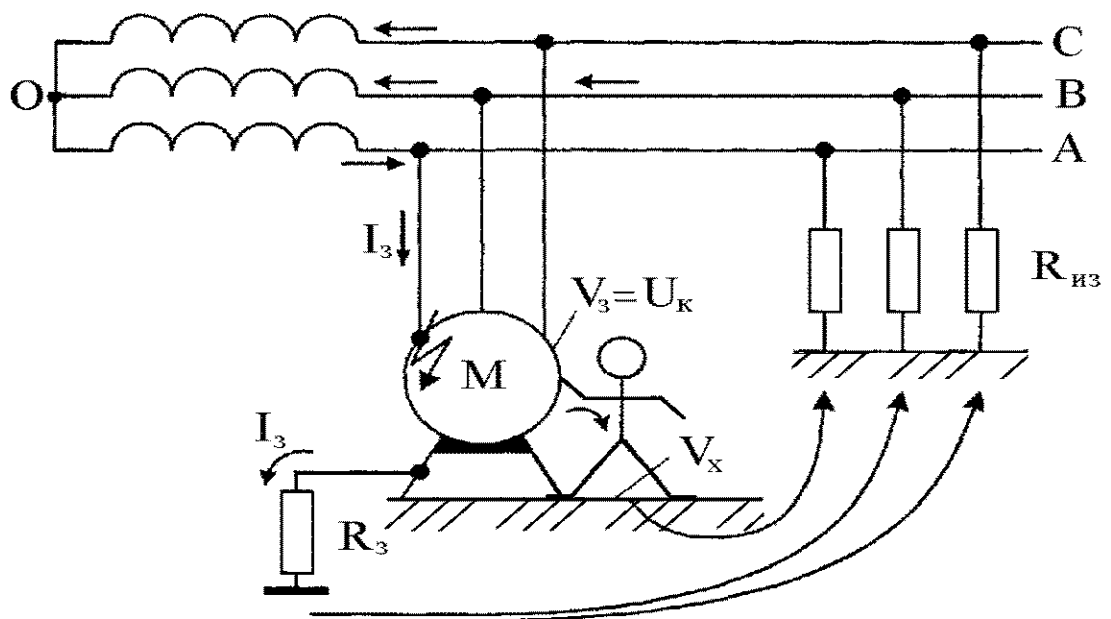


Рисунок 6.2 – Принципиальная схема заземления

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

6.3 Мероприятия по пожарной безопасности

Пожар – это неконтролируемое горение вне специального очага, наносящее материальный ущерб. Горение – это химическая реакция окисления, сопровождающаяся выделением тепла. Для возникновения горения необходимы:

1. Горючее вещество;
2. окислитель;
3. источник загорания.

Опасными факторами пожара являются:

1. Повышенная температура воздуха и предметов;
2. открытый огонь и искры;
3. токсичные продукты горения;
4. дым;
5. взрывы;
6. повреждения и разрушения зданий и сооружения.

Оценка пожарной опасности участка.

Спроектированный участок размещается в помещении пожарной опасности категории Д. Это помещения, в которых находятся и обрабатываются негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Выбор первичных средств пожаротушения. На участке располагаются следующие первичные средства пожаротушения:

1. Огнетушитель углекислотный ОУ-10 (1 шт), применяется для тушения электроустановок;
2. огнетушитель ОП-10 (1 шт), применяемый тушения пожаров класса Д (металлы и металлоорганические вещества);
3. ящики с песком (1 шт);
4. ломы (1 шт);
5. багры (1 шт);
6. топоры (1 шт).

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		122

Мероприятия, предупреждающие пожар на участке.

Пожарная профилактика – комплекс организационно-технических мероприятий, направленных на предупреждение пожаров, уменьшение его размеров. Пожарная профилактика осуществляется по следующим направлениям:

1. Устранение непосредственных или возможных причин пожаров в процессе эксплуатации зданий, технологического оборудования, систем отопления, вентиляции, освещения, электроснабжения;

2. ограничения возможного распространения пожара и взрыва;

3. обеспечение эвакуации людей и оборудования из горящего здания;

4. обеспечение быстрого развертывания действий по пожаротушению;

5. разработка наглядных пособий по пожарной безопасности;

6. разработка инструкций по пожарной безопасности.

К организационным мероприятиям относятся:

1. Разработка инструкций о соблюдении противопожарного режима и о действиях людей при возникновении пожара;

2. организация обучения рабочих и служащих по правилам пожарной безопасности.

Для приведения огнетушителя в действие необходимо повернуть эксцентриковую ручку вверх до отказа. При этом резиновый клапан поднимается и открывает стакан с кислотной частью. Огнетушитель переворачивается вверх дном, кислотная часть реагирует со щелочной, а выделяющейся при этом углекислый газ образует пену и выталкивает ее через спрыск. Время действия огнетушителя колеблется в пределах 50-70 сек, длина струи 6-8 м, количество пены 40-55 л, с кратностью более 6 и стойкостью 40 мин.

Порядок действия при пожаре:

1. Отключить электропитание, вызвать по телефону пожарную команду;

2. эвакуировать людей из помещения согласно плану эвакуации;

3. приступить к ликвидации пожара огнетушителями.

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		123

ВЫВОД ПО КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

Проектирование технологических процессов изготовления деталей должно вестись в соответствии с требованиями единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП), которая предусматривает широкое применение прогрессивных типовых технологических процессов, стандартной технологической оснастки и оборудования средств механизации и автоматизации производственных процессов, инженерно-технических и управленческих работ.

Данная работа представляет собой расчетно-графическую работу, в которой обобщаются все технологические познания и навыки, приобретенные за время обучения. Здесь анализируется действующий технологический процесс, выявляются его недостатки и разрабатывается проектный вариант технологического процесса.

Для проектного варианта был выбран наилучший способ получения заготовки (литьё по газифицируемым моделям) в условиях крупносерийного производства, основное технологическое оборудование (обрабатывающий центр Trevisan DS 600/200 C) с учётом автоматизации механической обработки заготовки. Так же была сформирована операционно-маршрутная технология, произведён расчетно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса, рассчитаны режимы резания и нормы времени на все операции ($T_{шт} \approx 64$ мин).

В конструкторской части была проанализированы и выбраны технологическая оснастка и режущий инструмент, были рассчитаны станочное приспособление и режущий, а так же спроектированы операции технологического контроля и выбрано измерительное оборудование.

Была разработана схема гибкого производственного участка для изготовления детали типа «Корпус бугельного узла». Для автоматизации участка определены составы станочного и вспомогательного оборудования, а также разработана структура АТСС и АСУО.

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		124

Были указаны меры и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда, мероприятия по электробезопасности, а так же мероприятия по пожарной безопасности.

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		125

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гузеев, В.И. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением: Справочник / В.И. Гузеев, В.А. Батуев, И.В. Сурков. – Москва.: Машиностроение 2007. – 368 с.

2. Гузеев, В.И. Техническое нормирование операций механической обработки деталей: учебное пособие. – 2-е изд., перер. / И.М. Морозов, В.И. Гузеев, С.А. Фадюшин. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005. – 358 с.

3. Фельдштейн, Е.Э. Режущий инструмент. Курсовое и дипломное проектирование. Учебное пособие. / под ред. Е.Э. Фельдштейна, – 2-е изд., перер. и доп. – Мн.: Дизайн ПРО, 2002. – 320 с.

4. 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.

5. 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.

6. Белоусов, А.П. Проектирование станочных приспособлений: учебное пособие / А.П. Белоусов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1980. – 240 с.

7. Общий каталог металлорежущего инструмента фирмы – ISKAR.

8. Общий каталог металлорежущего инструмента фирмы – КОМЕТ.

9. Общий каталог металлорежущего инструмента фирмы – Pramet.

10. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 97 с.

11. 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.

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		126

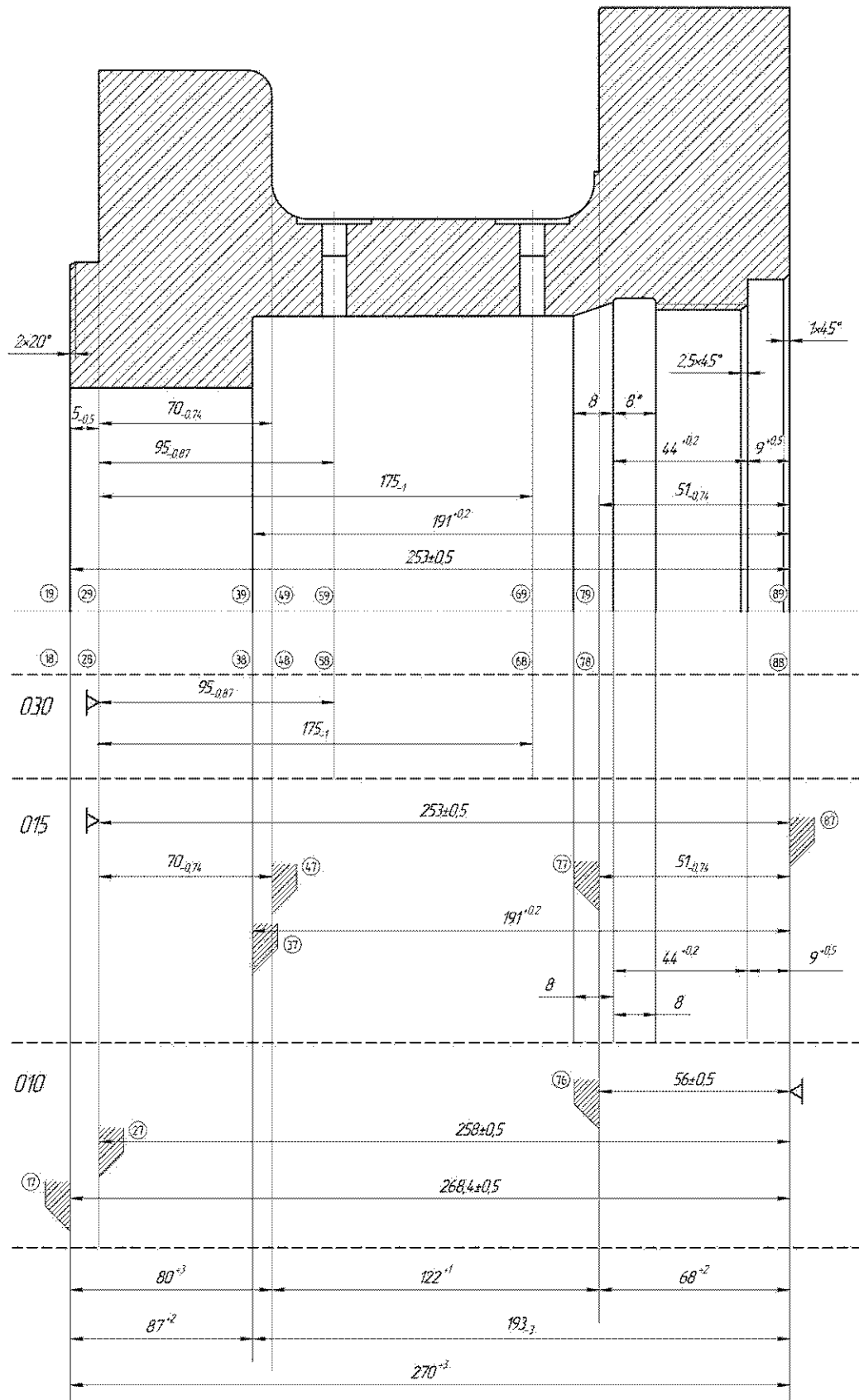
12. Инструментальная оснастка – <http://osnastik.ru/>.

13. ГОСТ 12.3.025-80 ССБТ. Обработка металлов резанием. Требования безопасности. – М.: Стандартинформ, 2008. – 15 с.

14. 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-во ЮУрГУ, 2005. – 74 с.

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		127

ПРИЛОЖЕНИЕ А



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

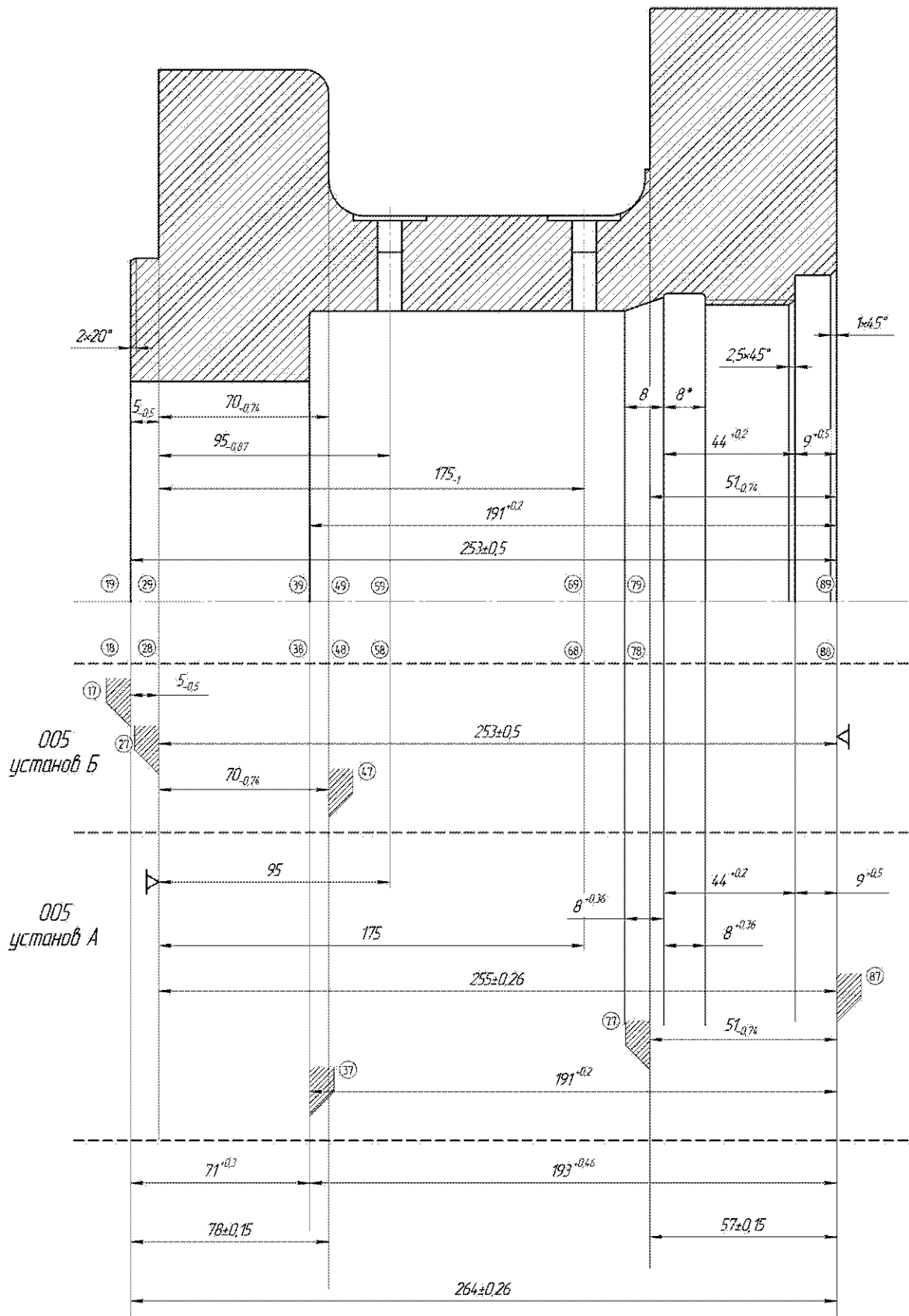
151900.2016.017 ПЗ ВКР

Лист

128

Рисунок А.1 – Размерно-точностной анализ действующего
технологического процесса

ПРИЛОЖЕНИЕ Б



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151900.2016.017 ПЗ ВКР

Лист

129

Рисунок Б.1 – Размерно-точностной анализ проектного технологического процесса

					151900.2016.017 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		130