

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

_____ В.И. Гузеев

« ____ » _____ 2020 г.

Проектирование и анализ типовых технологических процессов обработки
деталей типа «Муфта для узла сцепления»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 150305.2020.367.000 ПЗ

Нормоконтролер к.т.н., доцент

_____ И.С. Болдырев

« ____ » _____ 2020 г.

Руководитель к.т.н., доцент

_____ П.В. Шаламов

« ____ » _____ 2020 г.

Автор работы –
студент группы П-453
Д.Д. Плотникова

« ____ » _____ 2020 г.

Челябинск 2020

АННОТАЦИЯ

Плотникова Д.Д. Конструкторско-технологическое обеспечение изготовления детали «Муфта для узла сцепления» – Челябинск: ЮУрГУ, П–453, 113с., 65 ил, 11 табл., прил., библиографический список – 16 наим., чертежи форматов А1 – 11 листов, А2 – 1 лист, карта ТП.

В курсовой работе проанализирован действующий технологический процесс изготовления детали «Муфта в узле сцепления». На основе данного анализа разработан новый улучшенный технологический процесс. Для этого выбрана последовательность механической обработки проектного технологического процесса и подобраны оборудование, режущий инструмент и технологическая оснастка.

					150305.2020.367.000		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
Разраб.		Плотникова Д.			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Провер.		Шаламов П.В.				2	
Реценз.					ЮУрГУ Кафедра ТАМ		
Н. Контр.							
Утверд.							

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ.....	8
1.1 Описание узла, в котором работает деталь.....	8
1.2 Служебное назначение детали «Муфта» и технические требования, предъявляемые к детали.....	9
1.3 Анализ технологичности детали	11
1.4 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для соответствующих отраслей машиностроения...	14
1.5 Формирование целей и задач проектирования	15
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	16
2.1 Анализ существующей на предприятии документации для конструкторско- технологической подготовке действующего производства....	16
2.1.1. Анализ операционных карт действующего технологического процесса	16
2.1.2. Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента.	22
2.1.3. Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса	25
2.2. Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали « Муфта в узле сцепления»	30
2.2.1. Выбор и обоснование способа получения исходной заготовки.....	30
2.2.2. Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования.....	31
2.2.3. Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта технологического процесса.....	34

									Лист
									3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.367.000				

4.8. Анализ установочных размерных связей	102
4.9. Разработка структурной схемы ГПС	104
5. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ.....	106
6. БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ	107
6.1 Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда.....	107
6.2 Мероприятия по электробезопасности.....	108
6.3 Мероприятия по пожарной безопасности	109
7. ВЫВОДЫ ПО КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ.....	111
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	112

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире машиностроение является важнейшей отраслью промышленности, так как без продукции этого комплекса не может существовать ни одна отрасль народного хозяйства России. Конкурентоспособность любой изготавливаемой продукции зависит от ее качества и стоимости. Для того что бы повысить качество, не повышая конечной стоимости полученного изделия важно уметь эффективно использовать трудовые ресурсы и следить за развитиями новых технологий и корректировать действующие технологические процессы в соответствии с ними.

Проектирование технологических процессов изготовления деталей должно происходить в соответствии с требованиями единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП), которая предусматривает широкое применение прогрессивных типовых технологических процессов, стандартная технологическая оснастки и оборудования средств механизации и автоматизации производственных процессов.

Использование на производстве автоматизированного и роботизированного оборудования позволяет ускорить изготовление деталей, уменьшить ее стоимость, а так же исключить появление брака из-за человеческого фактора, а использование стандартного режущего инструмента, контрольных приспособлений и технологической оснастки значительно упрощает замену вышедшего из строя инструмента или оснастки на новую.

В данной курсовой работе произведен анализ действующего технологического процесса и разработка нового проектного варианта, а также подбор необходимого оборудования, инструмента, технологической и инструментальной оснастки, с целью повышения производительности и конкурентоспособности производства.

									Лист
									7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.367.000				

1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 Описание узла, в котором работает деталь

Муфта сцепления позволяет кратковременно отключать двигатель от силовой передачи при переключении передач, обеспечивать плавное трогание с места, сглаживать резкие изменения динамических нагрузок на детали силовой передачи.

Чертёж механизма представлен на рисунке 1

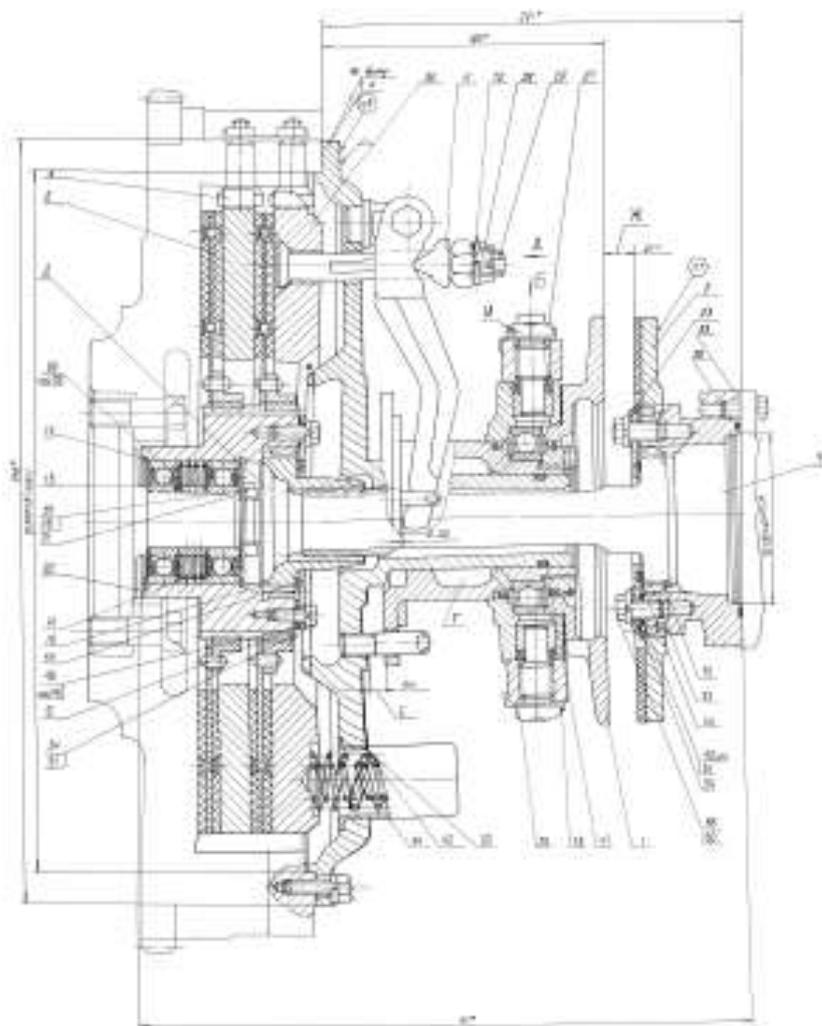


Рисунок 1 – Чертёж механизма

Муфта, постоянно замкнутая с двумя ведущими и двумя ведомыми дисками, смонтирована между дизелем и коробкой передач. Ведомые диски вращаются вместе с барабаном на подшипниках закрытого типа, прикрепленной к

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.367.000

Лист

8

коленчатому валу дизеля. Ведущий и нажимной диски вращаются вместе с маховиком.

На верхний вал коробки передач вращение передается через карданный вал и зубчатые муфты. При выключении муфты сцепления муфта выключения, перемещаясь назад, тянет за собой три рычага, которые через пальцы, воздействующие на нажимной диск, сжимают пакет пружин, обеспечивая зазоры между ведущими и ведомыми дисками.

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

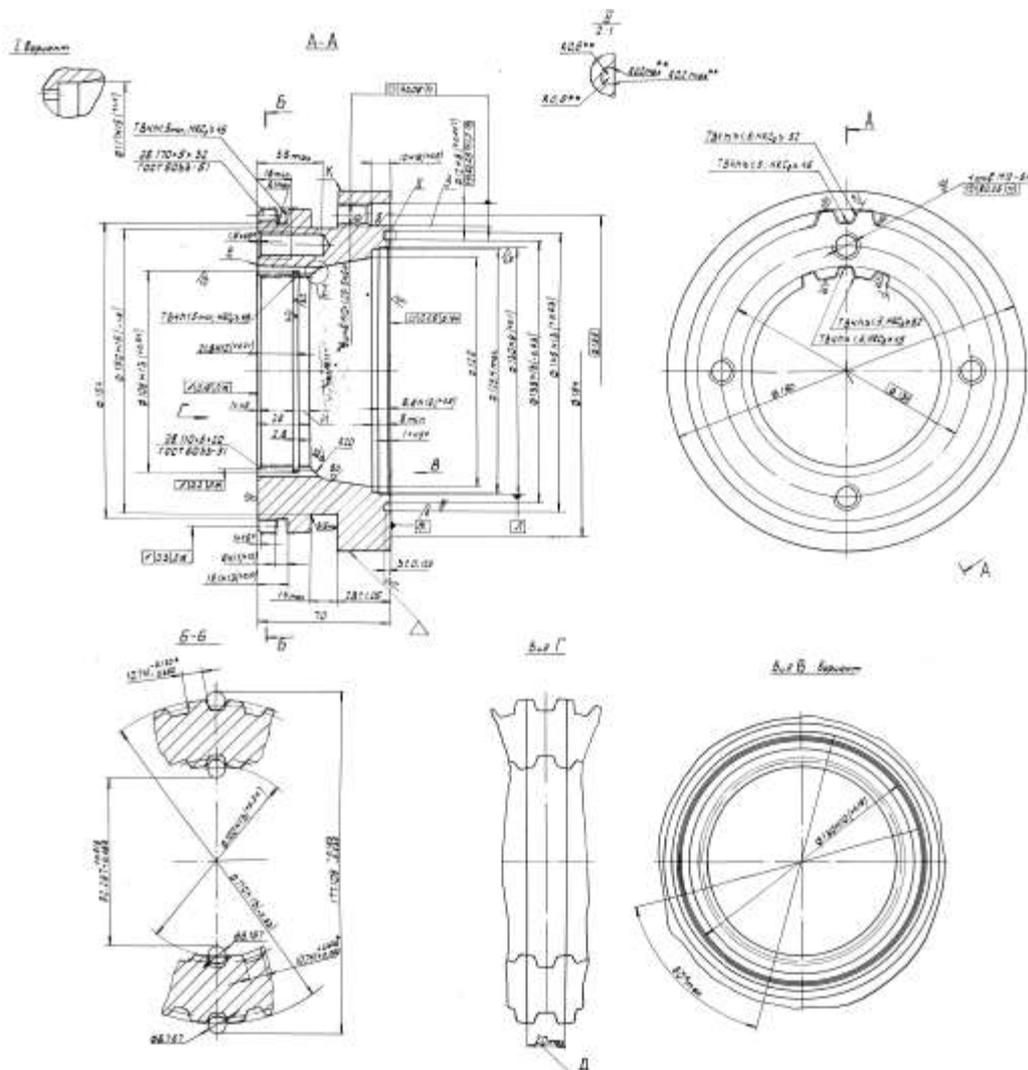


Рисунок 2 – Чертёж детали «Муфта узла сцепления».

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

150305.2020.367.000

Лист

9

Муфта предназначена для соединения друг с другом концов валов и свободно сидящих на них деталей для передачи крутящего момента. Служит для соединения двух валов, расположенных на одной оси или под углом друг к другу.

Технических требований, предъявляемых к детали:

Максимальный диаметр детали $\varnothing 190$, максимальная ширина детали 70.

Наиболее точными размерами являются:

- $\varnothing 12H8$, отверстие имеет маленький допуск, что обеспечивает плотную посадку болта с минимальным люфтом

- $\varnothing 130H9$, $\varnothing 130H10$ имеют небольшой допуск, для того чтобы вал мог плотно входить в отверстие.

- 21,8H12, шероховатость зубьев является меньшей, чем остальной части детали, потому что они являются органом управления механизмов, и это делает процесс взаимодействия шестерён более плавным, а также этим самым повышается износостойкость зубьев.

Также к детали предъявлены требования к форме и расположению поверхностей:

- к $\varnothing 12H8$ проставлен позиционный допуск расположения отверстия 0,05 относительно базового диаметра 12. Это предназначено для точности сборки.

- к отверстиям M16-H6 проставлен позиционный допуск расположения отверстия 0,25 относительно базового диаметра 12. Это предназначено для точности сборки.

- к отверстию M12x1.25-5H6H поставлен допуск соосности поверхности в диаметральной выражении 0,06 мм относительно оси поверхности, допуск соосности нужен для более точного расположения болта.

- к поверхности $\varnothing 164$ поставлен допуск плоскостности 0,6. Чтобы указать допустимые погрешности плоскостности, не снижающие качество последующего использования этой детали.

									Лист
									10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.367.000				

$$K_{\text{лин}} = \frac{2 * 17 + 2 * 16 + 2 * 15 + 19 * 14 + 13 * 8 + 3 * 12 + 10 + 9 + 8}{17 * 39} = 0,79$$

Коэффициент точности детали по угловым размерам $K_{\text{угл}}$ определяется по выражению:

$$K_{\text{угл}} = \frac{\sum_{i=1}^m Z_i * AT_i}{AT_m \sum_{i=1}^m Z_i}, [11] \quad (3)$$

где AT_m – наибольшая степень (номер) точности угловых размеров данной детали; AT_i – степень точности i угловых размеров; Z_i – количество угловых размеров, имеющих степень точности AT_i ; m – общее количество угловых размеров

$$K_{\text{угл}} = \frac{5 * 14}{5 * 14} = 1$$

Коэффициент точности детали по форме и расположению поверхностей $K_{\text{фр}}$ определяем по формуле:

$$K_{\text{фр}} = \frac{\sum_{i=1}^I Z_i * S_i}{S_I \sum_{i=1}^I Z_i}, [11] \quad (4)$$

где S_I – наибольшая степень (номер) точности допусков формы и расположения поверхностей данной детали; S_i – степень точности допусков формы и расположения i поверхности данной детали; Z_i – количество допусков формы и расположения, имеющих степень S_i ; I – общее число поверхностей с допусками формы и расположения.

$$K_{\text{фр}} = \frac{3 * 11 + 4 * 10}{11 * 7} = 0.948$$

$$K_{\text{тч}} = \frac{3}{\frac{1}{0,79} + \frac{1}{1} + \frac{1}{0,948}} = 0,9036$$

Коэффициент использования материала $K_{\text{им}}$ определяем по формуле:

$$K_{\text{им}} = \frac{M_6}{M_3}, [11] \quad (5)$$

									Лист
									12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.367.000				

где M_6 – масса детали; M_3 – масса заготовки

$$K_{им} = \frac{6,5}{10,85} = 0,6$$

Коэффициент шероховатости цилиндрических, конических и сферических поверхностей КЦКС определяем по формуле:

$$K_{цкс} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{цкс}} Ri}{1.25N_{цкс}}, [11] \quad (6)$$

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

$$K_{цкс} = 1$$

Коэффициент шероховатости цилиндрических, конических и сферических поверхностей $K_{ПТ}$ определяем по выражению

$$K_{пт} = \frac{\sum_{i=1}^N Ri}{2,5N_{пт}}, [11] \quad (7)$$

где Ra_i – шероховатость i торцевой или плоской поверхности, мкм; $N_{пт}$ – общее количество плоских и торцевых поверхностей, имеющих шероховатость $Ra \leq 2,5$ мкм (поверхности с шероховатостью Ra более 2,5 мкм в расчете не учитываем).

$$K_{пт} = 1$$

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

$$K_{с.у.э} = \frac{Q_{с.у.э}}{Q}, [11] \quad (8)$$

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

$$K_{с.у.э} = 1$$

									Лист
									13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				150305.2020.367.000	

1.5 Формирование целей и задач проектирования

Цели – спроектировать технологический процесс изготовления детали «Муфта узла сцепления» для условий современного конкурентноспособного производства.

Задачи проектирования заключаются в анализе существующей документации на предприятии и разработке нового варианта технологического процесса. А именно: выбор оптимального технологического оборудования, формирование операционно-маршрутной карты, размерно-точностной анализ, расчёт режимов резания и норм времени на все операции.

					150305.2020.367.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

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

2.1.1. Анализ операционных карт действующего технологического процесса

Операция 005 Токарная с ЧПУ

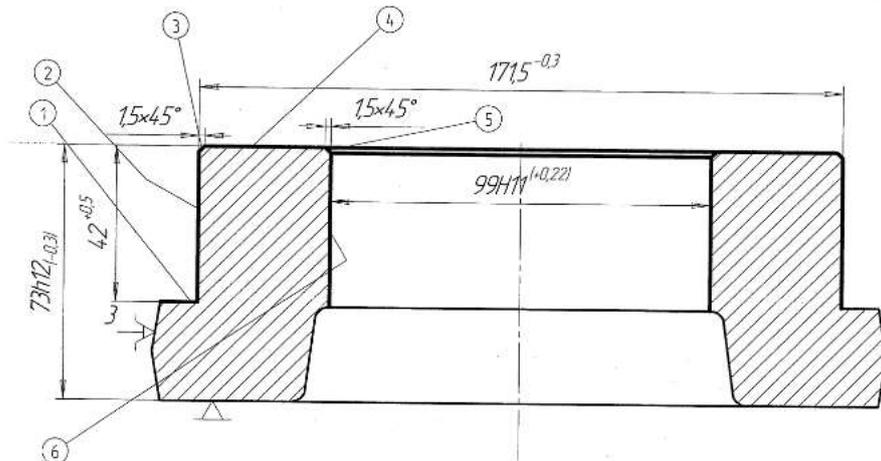


Рисунок 3 – Эскиз заготовки на токарной операции 005

Деталь устанавливается в 3-хулачковый патрон. Подрезается торец 1 и 4, протачивается поверхность 2, отверстие 6 и фаски 3 и 5. Контроль размеров: рабочий-100%, БТК -5%. $T_{шт}=14,2$.

Операция 007 Токарная с ЧПУ

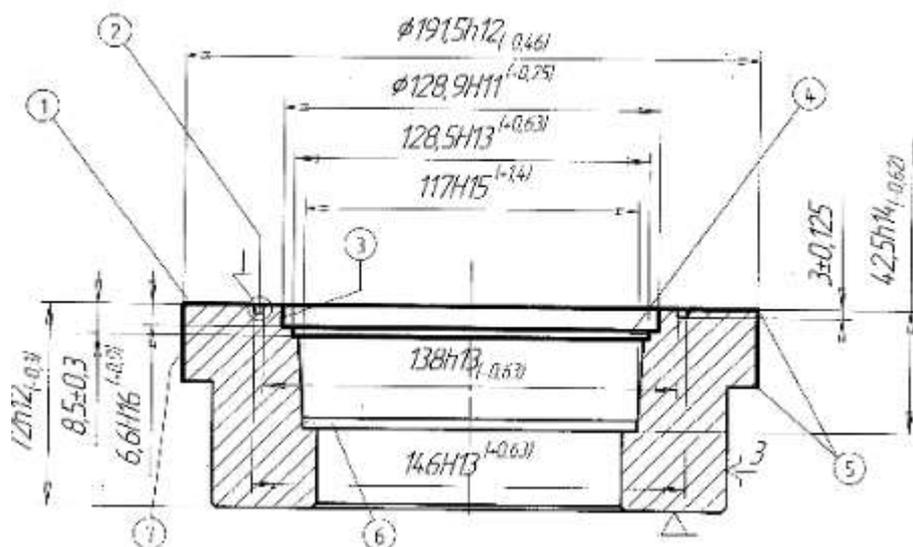


Рисунок 4 – Эскиз заготовки на токарной операции 007

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.367.000

Лист

16

Деталь устанавливается в 3-хулачковый патрон. Подрезается торец 4, выдерживается допуск плоскостности 2; обтачивается поверхность 7, притупляются острые кромки 6 и 8; растачивается выточка 3, выдерживается допуск торцевого биения 1; точится фаска 5 и канавка 10. Контроль размеров: рабочий-100%, БТК -5%. $T_{шт}=12,6$.

Операция 020 Программная

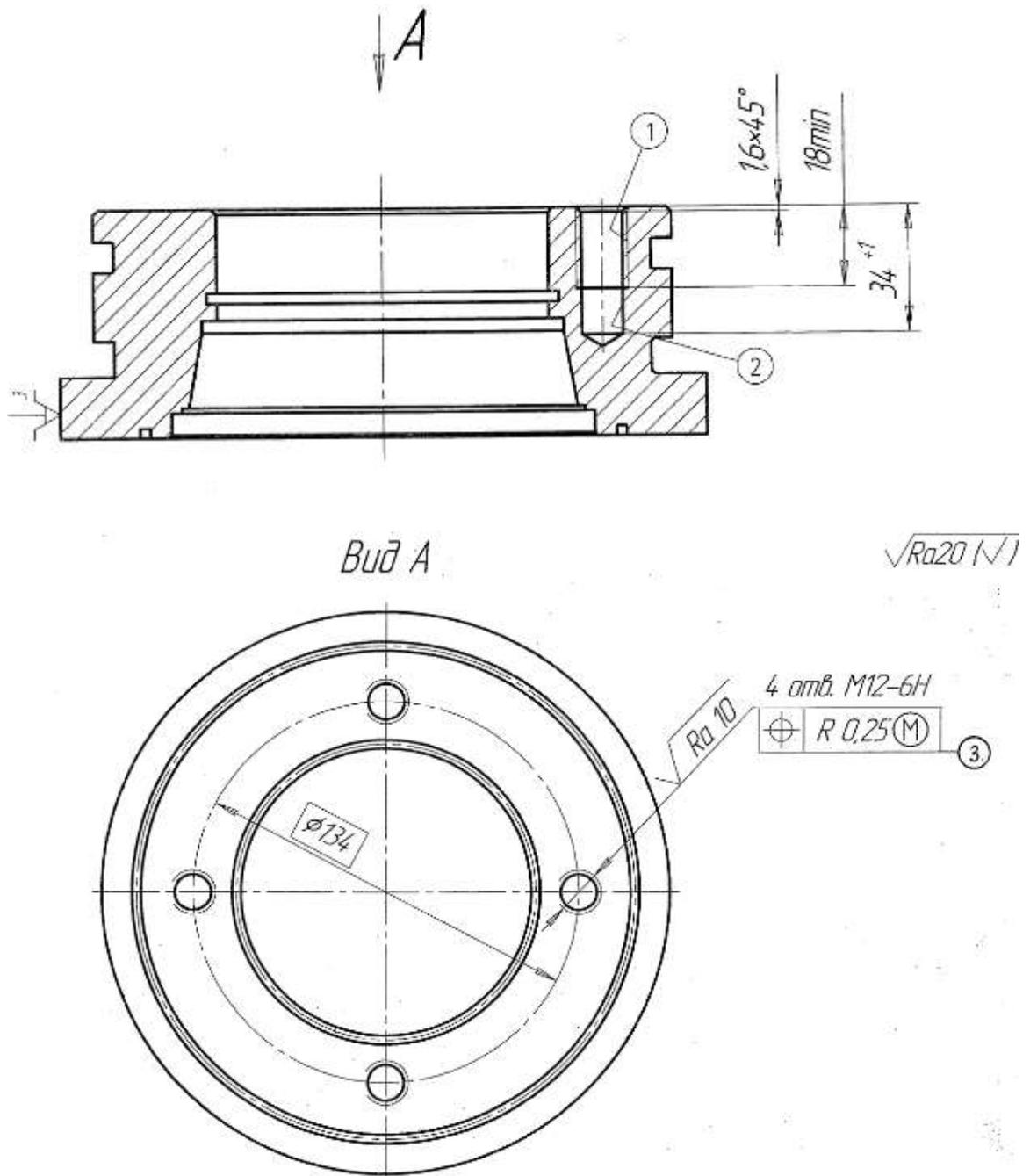


Рисунок 7 – Эскиз заготовки на сверлильной операции 020

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.367.000

Лист

18

Деталь устанавливается в 3-х кулачковый патрон. Центрируются 4 отверстия с образованием фаски. Последовательно сверлятся 4 отверстия 2, выдерживается позиционный допуск 3; нарезается резьба в 4-х отверстиях 1 последовательно, выдерживается позиционный допуск 3. Контроль размеров: рабочий-100%, БТК -5%. $T_{шт}=9,9$

Операция 025 Программная

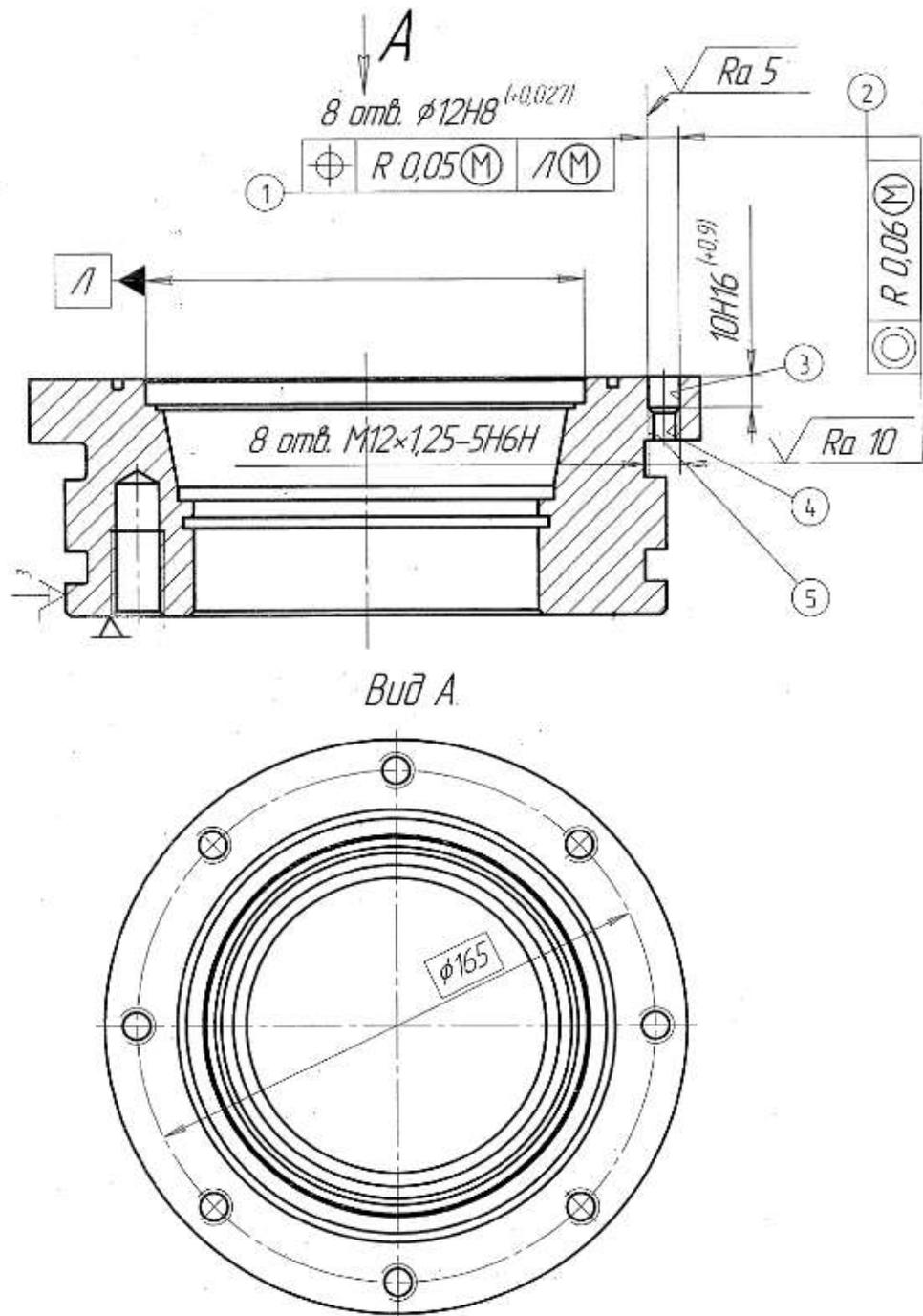


Рисунок 8 – Эскиз заготовки на сверлильной операции 025

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.367.000

Лист

19

Деталь устанавливается в 3-х кулачковый патрон. Центрируются 8 отверстий 3 с образованием фаски. Последовательно сверлятся 8 отверстий 4, выдерживается позиционный допуск 1; далее отверстия зенкеруются; нарезается резьба 5 в 8-ми отверстиях 4 последовательно; затем отверстия развёртываются, выдерживается позиционный допуск 1 и допуск соосности 2. Контроль размеров: рабочий-100%, БТК -5%. $T_{шт}=24,6$

Операция 040 Протяжная

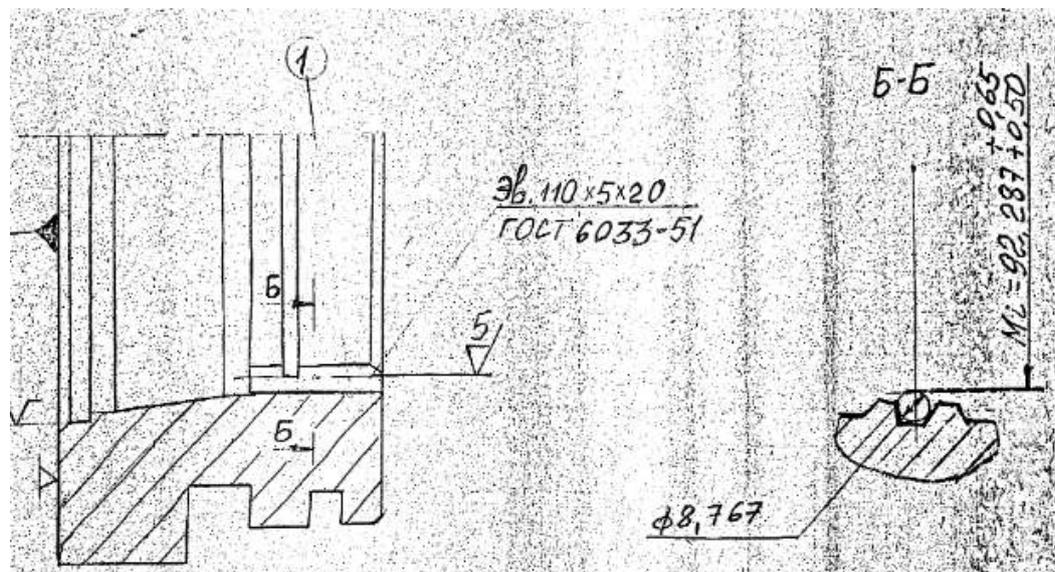


Рисунок 9 – Эскиз заготовки на протяжной операции

Деталь устанавливается в приспособление. Тянутся шлицы 1 Контроль размеров: рабочий-20%, БТК -5%. $T_{шт}=3,57$

Операция 045 Зубодолбежная

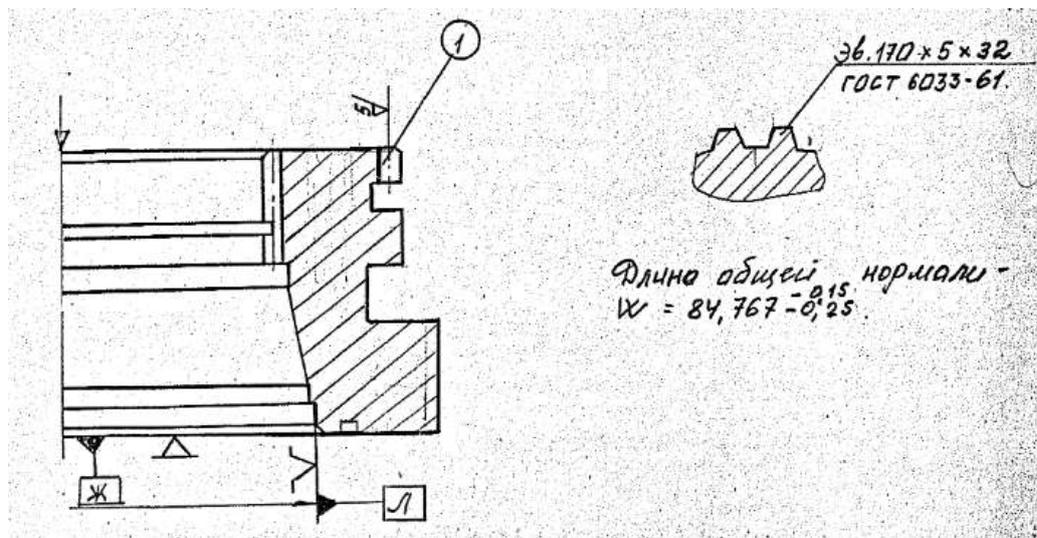


Рисунок 10 – Эскиз заготовки на зубодолбежной операции

Деталь устанавливается в приспособление. Долбятся шлицы 1 обеспечивается допуск радиального биения. Контроль размеров: рабочий-100%, БТК -10%. $T_{шт}=25,1$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.367.000

Лист

21

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

Токарные операции с ЧПУ производятся на станке 500VT вертикальный двухшпиндельный с ЧПУ; в качестве станочного приспособления используется 3-х кулачковый патрон ф315.

Используемые инструменты и оснастки:

- 409.32.25.(B2-40x44) Блок, PCLNR 2525M16 Резец проходной, CNMG 160608PG JC215V Пластина;
- 409.52.40.E2-40x40 Держатель, A40T PCLNR Резец расточной;
- WMTSR 2525M322 Резец канавочный, WMTS305M3U06PT WP25CT Пластина;
- WMTSR 2525M422 Резец канавочный, WMTS405M4U06PT WP25CT Пластина;
- RB224.0040.1K2 Державка HSK, RBK224.004.03. Кассета, S224.0300.34 TC92 Пластина

Обработка отверстий производится на вертикально сверлильно-фрезерно-расточном станке 600V; станочное приспособление – П262 Патрон 3-х кулачковый.

Используемые инструменты и оснастки:

- SK40-402.02.20 Цанговый патрон DIN 69871AD, 402.20.16 Штривель M16, 470E-16 Цанга, 1307741 Сверло 16NC;
- 407E-11 Цанга, WDS403A10800 Сверло 10,8; WDS403A10200 Сверло 10,2
- 402.16.20. SK40 Оправка, 16.12.129 DIN 376 Вставка быстросменная, GT025007 Метчик M12x1,75; GT005015 Метчик M12x1,25;
- SK40-402.07.01 Втулка переходная DIN 69871AD, 2320-0003 №1 Зенкер Ø12
- 0354-05 Развёртка 12H8;

Протяжная операция проводится на станке горизонтально протяжном 7Б57. Заготовка устанавливается в специальное приспособление. Шлицевое

										Лист
										22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.367.000					

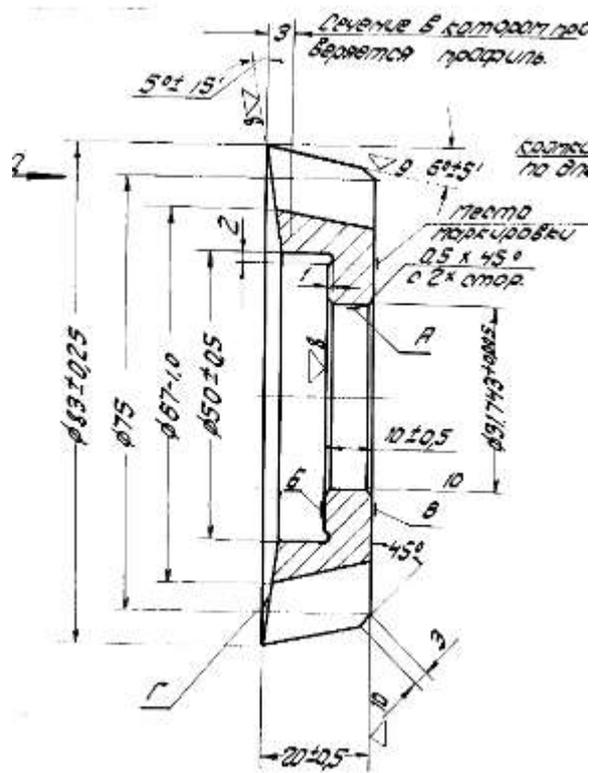


Рисунок 13 – Чертёж долбёжка

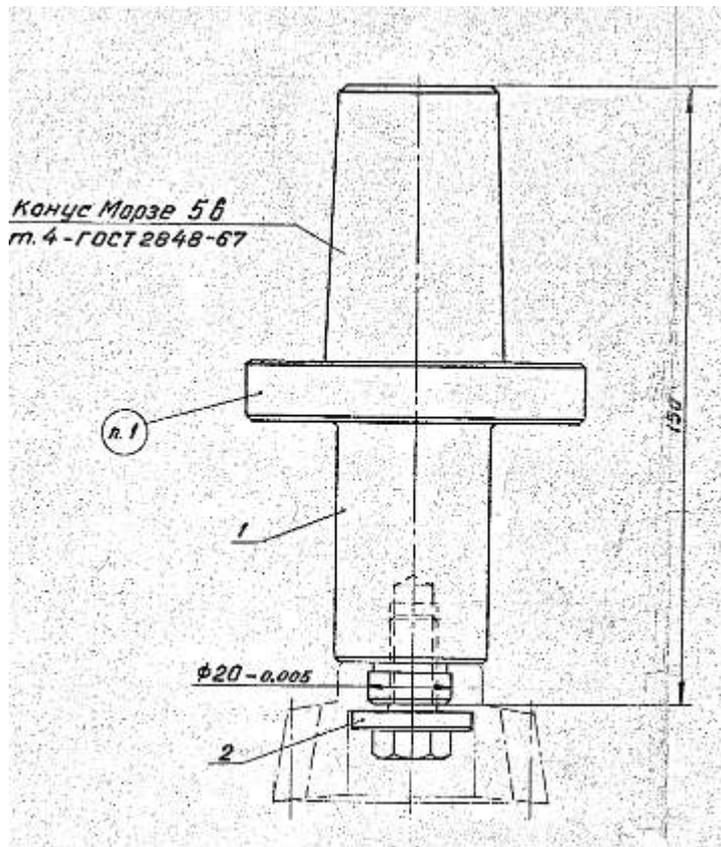


Рисунок 14 – Чертёж оправки для долбёжка

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.367.000

Лист

24

2.1.3. Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса

Размерный анализ действующего технологического процесса проводится для проверки выполняемость замыкающих звеньев, а также для расчета фактических значений припусков. Не все конструкторские размеры в технологическом процессе выполняются. На основе операционных эскизов действующего технологического процесса изготовления детали "Муфта узла сцепления" составлена размерная цепь. (Приложение А).

Рассчитаем замыкающие звенья действующего технологического процесса.

Ручной расчёт замыкающего звена [6.8 ... 9.8]

Уравнение звена [6.8 ... 9.8] имеет вид:

$$[6.8 \dots 9.8] = -(9.8 \dots 14.8) + (14.8 \dots 1.8) - (1.8 \dots 9.7) + (9.7 \dots 6.8)$$

$$[6.8 \dots 9.8] = -27,5_{-0,21} + 70_{-0,3} - 42 \pm 0,5 + 14_{-0,43}$$

Рассчитывается номинальный размер:

$$A_{\Delta} = \sum A_{iyB} - \sum A_{iyM}, [12] \quad (10)$$

$$A_{\Delta} = -27,5 + 70 - 42 + 14 = 14,5$$

Рассчитывается верхнее отклонение:

$$BoA_{\Delta} = \sum BoA_{iyB} - \sum HoA_{iyM}, [12] \quad (11)$$

$$BoA_{\Delta} = 0 + 0 - (-0,21 - 0,5) = 0,71$$

Рассчитывается верхнее отклонение:

$$HoA_{\Delta} = \sum HoA_{iyB} - \sum BoA_{iyM}, [12] \quad (12)$$

$$HoA_{\Delta} = -0,3 - 0,43 - (0 + 0,5) = -1,23$$

$$14,5_{-1,23}^{0,71}$$

Ручной расчёт припуска [5.7 ... 5.8] по вероятностному методу.

Уравнение цепи относительно припуска [5.7 ... 5.8] имеет вид:

$$[5.7 \dots 5.8] = (5.8 \dots 1.8) - (1.8 \dots 14.7) + (14.7 \dots 1.7) - (1.7 \dots 14.6) + (14.6 \dots 7.6) + (7.6 \dots 5.7)$$

Припуск рассчитывается по формуле:

$$Ai = Rz + Df + \frac{TA_{\Delta}}{2} - \Delta oA_{\Delta}, [12] \quad (13)$$

									Лист
									25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				150305.2020.367.000	

где Rz - шероховатость поверхности с предыдущей операции,

Df - величина дефектного слоя,

TA_{Δ} - поле допуска припуска,

ΔoA_{Δ} - координата середины поля допуска.

$$TA_{\Delta} = t\sqrt{\lambda^2 \cdot \sum T A_i}, [12] \quad (14)$$

где t - коэффициент риска,

λ - относительное среднеквадратическое отклонение

$T A_i$ - допуск i звена

$$TA_{\Delta} = 3 \sqrt{\left(\frac{1}{\sqrt{6}}\right)^2 (0,21^2 + 0,3^2 + 0,3^2 + 0,3^2 + 4^2 + 1,8^2)} = 5,4$$

$$A_{\Delta} = 21,8 - 70,5 + 72 - 73 + 40 + 6 = -3,7$$

$$\Delta oA_{\Delta} = \left(\frac{0,21}{2} - \frac{-0,3}{2} + \frac{-0,3}{2} - \frac{-0,3}{2} + \frac{2 + (-2)}{2} + \frac{-1,8}{2} \right) = -0,645$$

$$A_i = 0,65 + \frac{5,4}{2} - (-0,645) = 3,995$$

Результаты расчёта остальных замыкающих звеньев в программе «Курсар» представлен на рисунке 15.

В размерной цепи действующего технологического процесса было выявлено 3 замыкающих звена [6.8... 9.8], [12.8... 14.8], [11.8... 14.8]. Имеется замкнутая цепь, поэтому для расчётов размер 40,2-0,25 исключается. Большинство припусков занижено, что ведёт к возможности появления брака.

Исходная размерная информация

1: 9 29 39 6 1,2 0
 2: 9 19 39 15,1 0,27 0
 3: 9 49 59 2,8 0,25 0
 4: 9 139 149 3 0,125 -0,125
 5: 9 129 149 6,6 0,9 0
 6: 9 119 149 8 0,36 0
 7: 9 19 59 21,8 0,21 0
 8: 9 69 99 14 0 -0,43
 9: 9 99 149 28 1,05 -1,05
 10: 9 19 79 28 0 -0,52
 11: 9 109 149 10 0,9 0
 12: 9 19 89 35 0 -1
 13: 9 19 149 70 0 -0,74
 14: 3 68 98 14 0 -0,43
 15: 3 138 148 3 0,125 -0,125
 16: 3 118 148 8 0,36 0
 17: 8 108 148 10 0,9 0
 18: 8 18 88 34 1 0
 19: 8 48 58 2,8 0,25 0
 20: 8 128 148 6,6 0,9 0
 21: 2 128 127 0,26
 22: 8 18 58 21,8 0,21 0
 23: 2 57 58 0,65
 24: 8 18 78 28 0 -0,52
 25: 2 78 77 0,26
 26: 2 97 98 0,26
 27: 8 98 148 27,5 0 -0,21
 28: 8 18 148 70 0 -0,3
 29: 2 148 147 0,26
 30: 8 28 38 6 0,86 0
 31: 7 68 97 14 0 -0,43
 32: 8 18 38 15,1 0,27 0
 33: 7 18 97 42 0,5 -0,5
 34: 2 96 97 0,26
 35: 2 17 18 0,26
 36: 7 18 147 70,5 0 -0,3
 37: 7 77 147 42,5 0 -0,62
 38: 2 77 76 0,65
 39: 7 138 147 3 0,125 -0,125
 40: 7 127 147 6,6 0,9 0
 41: 7 118 147 8,5 0,3 -0,3
 42: 7 17 147 72 0 -0,3
 43: 2 147 146 0,65
 44: 7 17 96 42 0,5 0
 45: 2 95 96 0,65
 46: 2 16 17 0,65
 47: 7 17 146 73 0 -0,3
 48: 7 57 76 6 0 -1,8
 49: 7 76 146 40 2 -2
 50: 7 95 146 33 3 -1,5
 51: 7 16 146 75 3 -1,5

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 0.
 Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [-] = 14.
 Гр. 5 - заменяющие-замыкающие размеры-звенья - {-} = 0.
 Гр. 6 - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 0.
 Гр. 7 и 8 .. - составляющие известные размеры - (+) = 24.
 Гр. 9 - исходные (чертежные) размеры - (+) = 13.

Диагностическая информация по схеме

Все размеры схемы связаны и не имеют циклов.

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = :

Цели размерные.

Уравнения решены методом Максимума-Минимума:

1. [68#98]=-(98+148)+(18+148)-(18+97)+(68+97)
 2. [138#148]=+(18+148)-(18+147)+(138+147)
 3. [118#148]=+(18+148)-(18+147)+(118+147)
 4. [128#127]=-(127+147)+(18+147)-(18+148)+(128+148)
 6. [78#77]=-(77+147)+(18+147)-(18+78)
 7. [97#98]=-(98+148)+(18+148)-(18+97)
 8. [148#147]=+(18+147)-(18+148)
 9. [96#97]=+(18+97)-(18+147)+(17+147)-(17+96)
 10. [17#18]=-(18+147)+(17+147)
 11. [77#76]=-(76+146)+(17+146)-(17+147)+(77+147)
 12. [147#146]=+(17+146)-(17+147)
 13. [95#96]=+(17+96)-(17+146)+(95+146)
 14. [16#17]=-(17+146)+(16+146)
- Вероятностный метод решения. Тип производства: серийное.
5. [57#58]=+(18+58)-(18+147)+(17+147)-(17+146)+(76+146)+(57+...

Таблица

Результаты расчета размерной схемы (см.)

Гр	Номера левой и правой поверхностей звена	Номинал. значение	Верхнее отклон.	Нижнее отклон.	Средний номинальный размер звена	Запасы расчетов предельных значений исходного звена по Min и по Max
п	Если нет номинала	Предельн. Min и Max	значен.:		размер звена	по Min и по Max
1#	68 98	14,000	1,210	-0,730	14,240	-0,300 -1,210
1#	138 148	3,000	-0,075	-0,925	2,500	-0,800 0,200
1#	118 148	8,000	0,600	-0,600	8,000	-0,600 -0,240
1#	128 127		-0,700	1,700	0,500	-0,960
1#	57 58		-7,052	-1,637	-4,345	-7,702
1#	78 77		-0,300	1,140	0,420	-0,560
1#	97 98		-0,300	1,210	0,455	-0,560
1#	148 147		0,200	0,800	0,500	-0,060
1#	96 97		0,200	2,300	1,250	-0,060
1#	17 18		1,200	1,800	1,500	0,940
1#	77 76		0,580	5,800	3,190	-0,070
1#	147 146		0,700	1,300	1,000	0,050
1#	95 96		0,500	5,800	3,150	-0,150
1#	16 17		0,500	5,300	2,900	-0,150

Рисунок 15- Линейный размерный анализ действующего технологического процесса в программе «Курсар»

Также составлена цепь диаметральных размеров действующего технологического процесса и проведён анализ размеров в программе «Курсар»

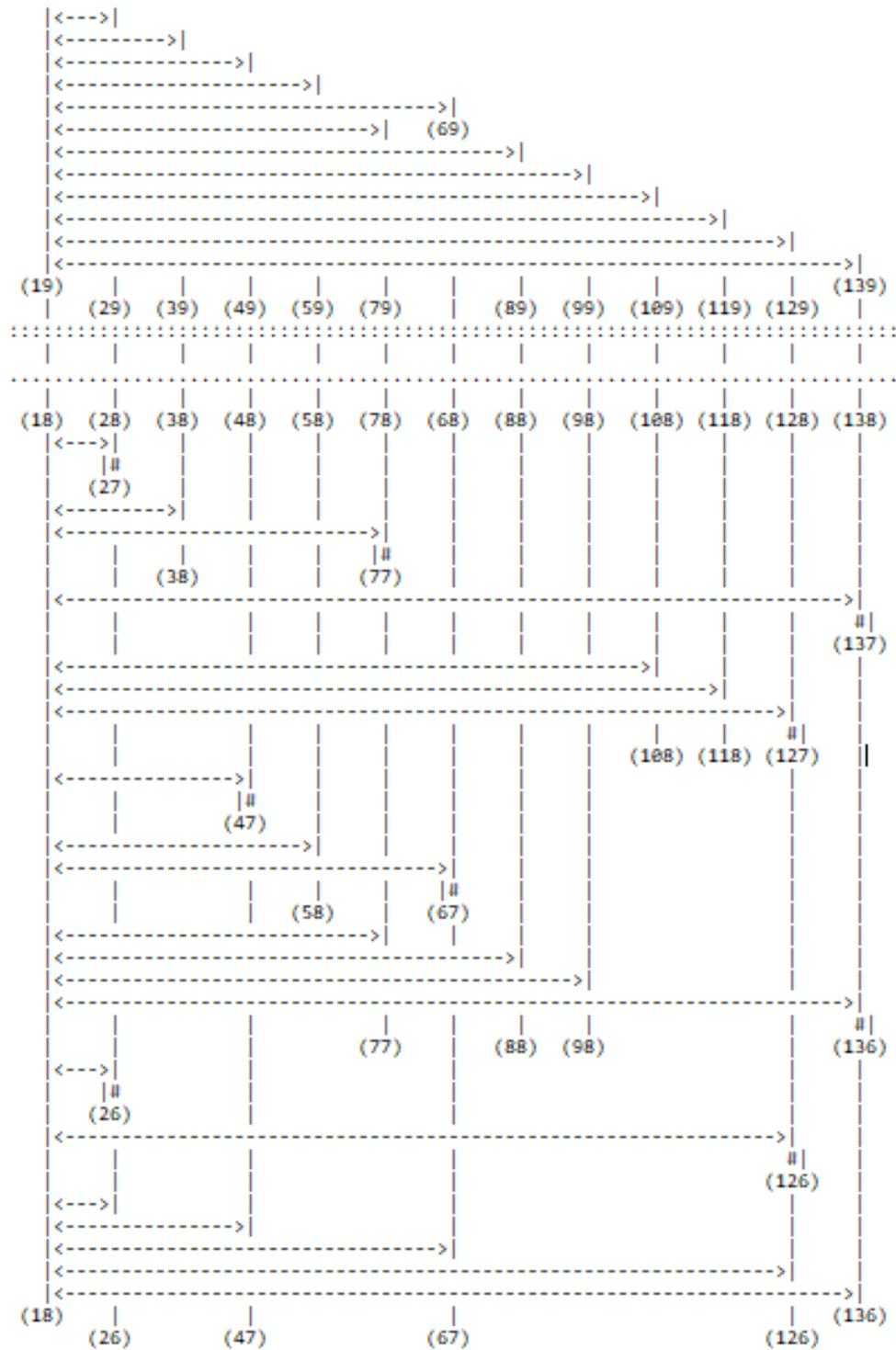


Рисунок 16- Размерная цепь диаметральных размеров действующего технологического процесса

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.367.000

Лист

28

Исходная размерная информация

```

-----
1: 9 19 29 100 0,54 0          2: 9 19 39 106 0,54 0
3: 9 19 49 117 1,4 0          4: 9 19 59 120 0,87 0
5: 9 19 69 129,4 1 0         6: 9 19 79 130 0,1 0
7: 9 19 89 138 0 -0,63       8: 9 19 99 146 0,63 0
9: 9 19 109 150 0 -1,6       10: 9 19 119 154 0 -1
11: 9 19 129 170 0,63 0      12: 9 19 139 190 0 -1,15
13: 8 18 28 100,2 0,087 0    14: 2 27 28 0,055
15: 8 18 38 106 0,54 0      16: 8 18 78 130 0,063 0
17: 2 77 78 0,03            18: 8 18 138 190 0 -0,46
19: 2 138 137 0,26          20: 8 18 108 150 0 -1
21: 8 18 118 154 0 -1       22: 8 18 128 170 0 -0,63
23: 2 128 127 0,26         24: 8 18 48 117 1,4 0
25: 2 47 48 0,65           26: 8 18 58 120 1 0
27: 8 18 68 128,5 0,63 0    28: 2 67 68 0,26
29: 7 18 77 128,9 0,25 0    30: 8 18 88 138 0 -0,63
31: 8 18 98 146 0,63 0     32: 7 18 137 191,5 0 -0,46
33: 2 137 136 0,26         34: 7 18 27 99 0,22 0
35: 2 26 27 0,26           36: 7 18 127 171,5 0 -0,3
37: 2 127 126 0,26         38: 7 18 26 95 1,3 -2,7
39: 7 18 47 80 1,3 -2,7    40: 7 18 67 123,7 1,5 -3
41: 7 18 126 175 3,3 -1,7   42: 7 18 136 195 3,3 -1,7
    
```

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 0.
 Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 9.
 Гр. 5 - заменяющие-замыкающие размеры-звенья - {~} = 0.
 Гр. 6 - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 0.
 Гр. 7 и 8 .. - составляющие известные размеры - (+) = 21.
 Гр. 9 - исходные (чертежные) размеры - (+) = 12.

Диагностическая информация по схеме

 Все размеры схемы связаны и не имеют циклов.

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 9.

Цепи размерные.

Уравнения решены методом Максимума-Минимума:

1. [27#28]=+(18+28)-(18+27)
2. [77#78]=+(18+78)-(18+77)
3. [138#137]=+(18+137)-(18+138)
4. [128#127]=+(18+127)-(18+128)
5. [47#48]=+(18+48)-(18+47)
6. [67#68]=+(18+68)-(18+67)
7. [137#136]=+(18+136)-(18+137)
8. [26#27]=+(18+27)-(18+26)
9. [127#126]=+(18+126)-(18+127)

Таблица

Результаты расчета размерной схемы (см.)

Гр	Номера р левой и у правой по поверхно- стей звена	Номинал. значение ----- Если нет номинала	Верхнее отклон. ----- Предельн. Min и	Нижнее отклон. ----- Max	Средний номи- нальный размер звена	Запасы расчетн. предельных зна- чений относит. исходного звена по Min и по Max
1#	27 28		0,980	1,287	1,134	0,925
1#	77 78		0,850	1,163	1,007	0,820
1#	138 137		1,040	1,960	1,500	0,780
1#	128 127		1,200	2,130	1,665	0,940
1#	47 48		35,700	41,100	38,400	35,050
1#	67 68		3,300	8,430	5,865	3,040
1#	137 136		1,800	7,260	4,530	1,540
1#	26 27		2,700	6,920	4,810	2,440
1#	127 126		1,800	7,100	4,450	1,540

Рисунок 17 – Диаметральный размерный анализ в программе «Курсар»

2.2.2. Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования.

Для изготовления детали «Муфта в узле сцепления» используется токарно-фрезерный станок для комплексной 6-сторонней обработки – СТХ gamma 1250 ТС .

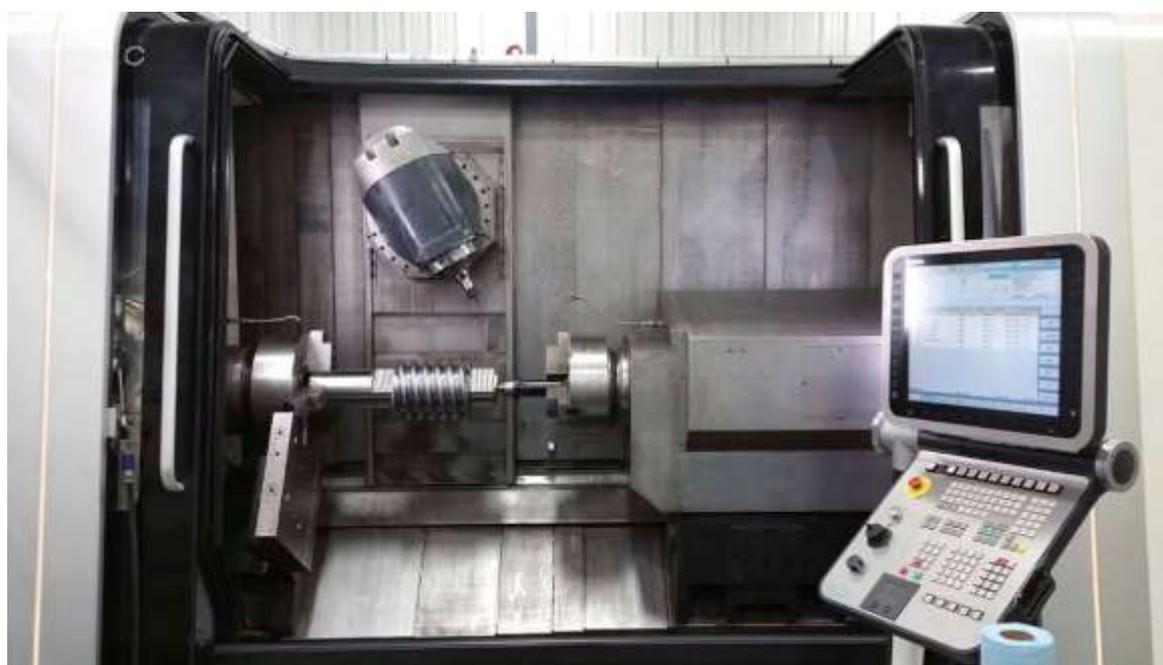


Рисунок 19 – токарно-фрезерный станок для комплексной 6-сторонней обработки – СТХ gamma 1250 ТС .

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.367.000

Лист

31

Таблица 1 - Технические характеристики станка

Рабочая зона	
Макс. диаметр точения	700 мм
Макс. длина точения	1 300 мм
Макс. расстояние от главного шпинделя до задней бабки	1 510 мм
Главный шпиндель	
Встроенный мотор-шпиндель с осью С (0,0001°)	4 000 об/мин
Мощность (длительность включения 100 %)	50 кВт (АС)
Крутящий момент (длительность включения 100 %)	3 400 Нм
Макс. внутренний диаметр зажимной втулки	127 мм
Противошпиндель (опция)	
Встроенный мотор-шпиндель с осью С (0,0001°)	5 000 об/мин
Мощность (длительность включения 100 %)	40 кВт (АС)
Крутящий момент (длительность включения 100 %)	1 700 Нм
Токарно-фрезерный шпиндель	
Макс. частота вращения токарно-фрезерного шпинделя	20 000 об/мин
Крутящий момент (длительность включения 100 %)	160 Нм
Револьверная головка	
Макс. количество позиций инструмента	12
Макс. частота вращения инструментального шпинделя	10 000 об/мин
Инструментальный магазин	
Макс. количество позиций инструмента	180 позиций
Макс. диаметр инструмента	140 мм
Верхний суппорт для токарно-фрезерного шпинделя	
Ход по осям X/Y/Z	800 / ±210 / 1.300 мм
Ускоренный ход по осям X/Y/Z	50 / 50 / 50 м/мин
Размеры станка	
Занимаемая площадь в базовой комплектации с транспортером для стружки, без внутренней подачи СОЖ	18,4 кв.м

Для обработки внутренних шлицов используется – Полуавтомат протяжной горизонтальный 7А523.



Рисунок 20 – Полуавтомат протяжной горизонтальный 7А523

Таблица 2- Технические характеристики станка 7А523

Номинальное тяговое усилие, кН	100
Наибольшая длина хода рабочих салазок, мм	1 250
Наибольший наружный диаметр обрабатываемой детали, мм	500
Наибольшая длина применяемой протяжки, мм	1 365
Скорость рабочего хода, м/мин.	1,5 - 12
Рекомендуемая скорость обратного хода, м/мин.	20
Скорость подвода протяжки, м/мин	11,2
Скорость отвода протяжки, м/мин	18,8
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	11
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	11386
Габаритные размеры, мм	6000x1940x2300
Масса, кг	3 600

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.367.000

Лист

33

2.2.3. Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта технологического процесса.

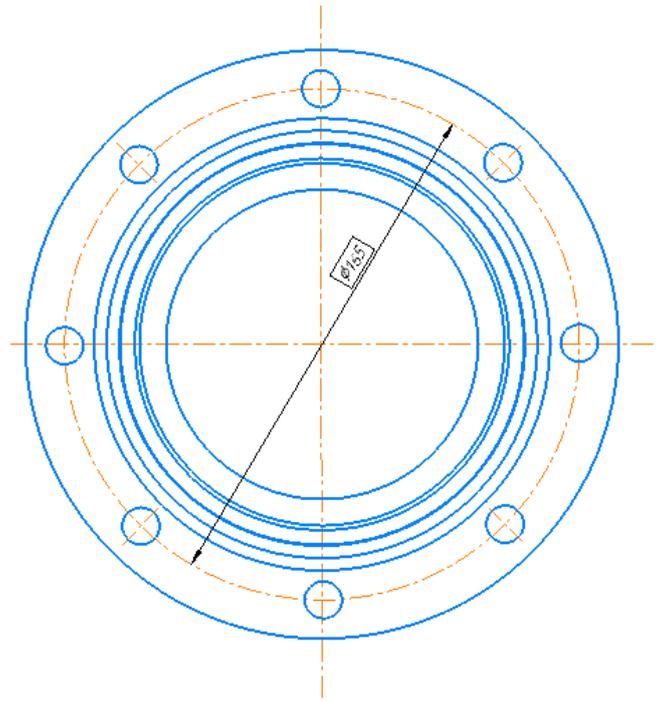
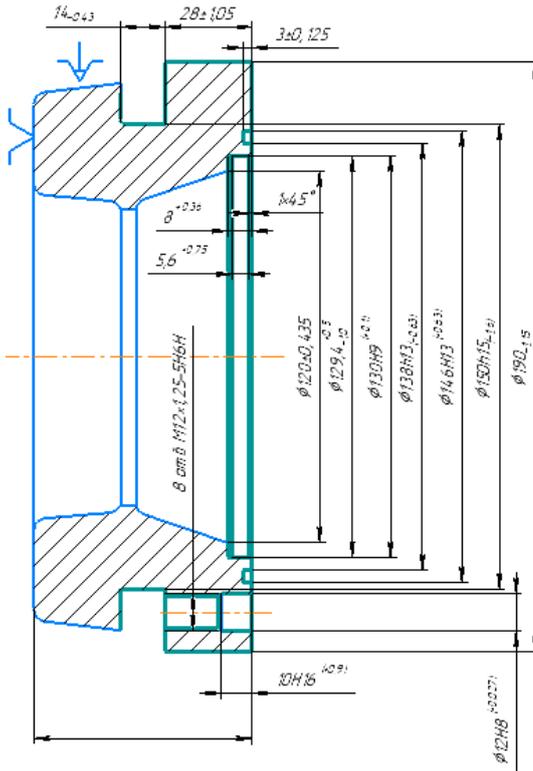
Таблица 3- Маршрутно технологическая карта

000	Заготовительная
001	Транспортирование
003	Термообработка
005	Комплексная с ЧПУ
010	Протяжная
013	Слесарная
017	Транспортирование
020	Термообработка
025	Слесарная
027	Транспортирование

Операция 005

Операция производится на станке СТХ gamma 1250 TC за 2 установа. За первый установ производится подрезка торца, проточка диаметра, канавок, растачивание внутренней поверхности, просверливание, зенкерование и нарезание резьбы в 8 отверстиях. За второй установ обрабатывается наружная поверхность, торец, протачиваются канавки, растачивается внутренний диаметр, просверливается и нарезается резьба в 4 -х отверстиях, нарезаются шлицы.

Операция 005-А



Операция 005-Б

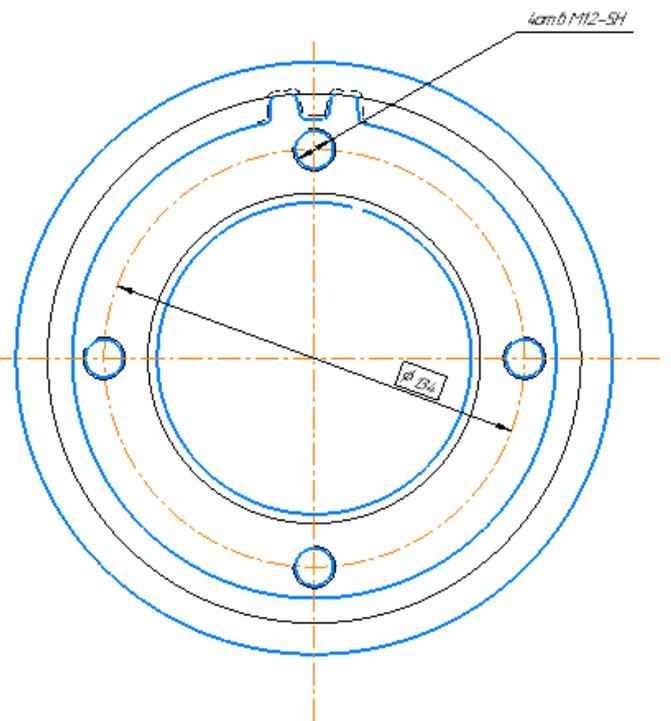
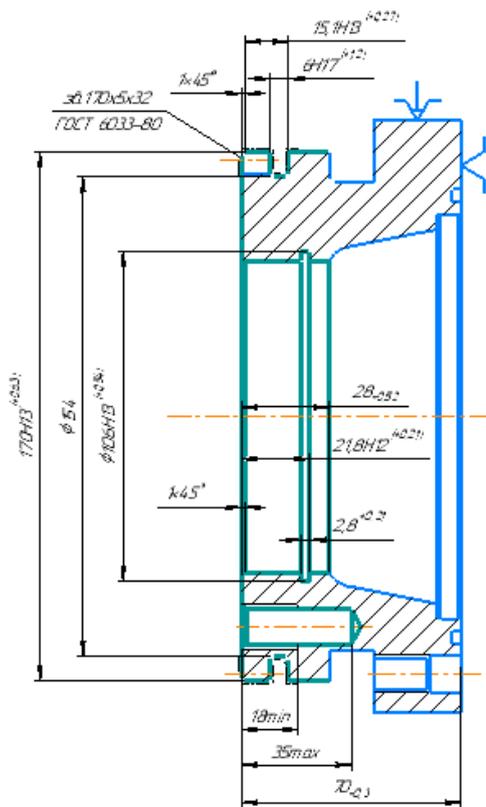


Рисунок 21 – Операция комплексная с ЧПУ

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

150305.2020.367.000

Лист

35

Операция 015

На станке – полуавтомат протяжной горизонтальный 7А523 протягиваются внутренние шлицы.

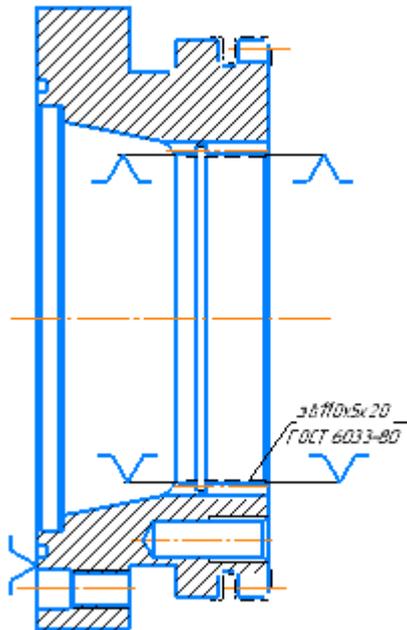


Рисунок 22 – Полуавтомат протяжной горизонтальный 7А523

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.367.000

Лист

36

2.2.4. Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса.

На основе операционных эскизов проектного технологического процесса изготовления детали "Муфта узла сцепления " составим размерную цепь (Приложение Б).

Рассчитываем неизвестное звено [1.7...14.8] через припуск [1.8...1.7].

Составим уравнение припуска:

$$[1.8...1.7] = (1.7 \dots 14.8) - (14.8 \dots 1.8)$$

По формуле 13 рассчитаем припуск [1.8...1.7], для этого рассчитаем поле допуска припуска и координату середины поля допуска:

$$T[1.8...1.7] = 0,74 + 0,3 = 1,04$$

$$\Delta o[1.8...1.7] = \left(\frac{-0,74}{2} - \frac{-0,3}{2} \right) = -0,22$$

$$Ai = 0,65 + \frac{1,04}{2} - (-0,22) = 1,39$$

$$1,39 = [1.7...14.8] - 70$$

$$[1.7...14.8] = 71,39$$

Расчёт остальных неизвестных звенья в проектном технологическом процессе в программе «Курсар» представлен на рисунке 23.

Исходная размерная информация

```

1: 9 20 39 6 1,2 0
3: 9 19 39 15,1 0,27 0
5: 9 19 79 28 0 -0,52
7: 9 69 99 13,51 0,43 0
9: 9 129 149 6,6 0,9 0
11: 9 109 149 10 0,9 0
13: 9 19 149 70 0 -0,3
15: 8 18 38 15,1 0,27 0
17: 2 78 77 0,65
19: 8 18 58 21,8 0,21 0
21: 8 18 88 35 0 -1
23: 2 17 18 0,65
25: 8 118 148 8 0,36 0
27: 8 138 148 3 0,125 -0,125
29: 8 98 148 28 1,05 -1,05
31: 6 17 148 0,74 0 2
33: 6 57 77 0 -1,8 3
35: 6 77 147 2 -2 3

2: 9 49 59 2,8 0,25 0
4: 9 19 59 21,8 0,21 0
6: 9 19 89 35 0 -1
8: 9 139 149 3 0,125 -0,125
10: 9 119 149 8 0,36 0
12: 9 99 149 28 1,05 -1,05
14: 8 28 38 6 1,2 0
16: 8 18 78 28 0 -0,52
18: 8 48 58 2,8 0,25 0
20: 2 57 58 0,65
22: 8 18 148 70 0 -0,3
24: 8 108 148 10 0,9 0
26: 8 128 148 6,6 0,9 0
28: 8 68 98 13,51 0,43 0
30: 2 98 97 0,65
32: 2 148 147 0,65
34: 6 97 147 3 -1,5 3
36: 6 17 147 3 -1,5 3
    
```

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 0.
 Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 5.
 Гр. 5 - заменяющие-замыкающие размеры-звенья - {~} = 0.
 Гр. 6 - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 5.
 Гр. 7 и 8 .. - составляющие известные размеры - (+) = 13.
 Гр. 9 - исходные (чертежные) размеры - (+) = 13.

Диагностическая информация по схеме

Все размеры схемы связаны и не имеют циклов.

Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 5.
 Гр. 6 - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 5.

Цепи размерные.

Уравнения решены методом Максимума-Минимума:

- [17=18]=-(18+148)+(17-148)
 - [148=147]=+(17-147)-(17_148)
 - [98=97]=-(97-147)+(17_147)-(17_148)+(98+148)
- Вероятностный метод решения. Тип производства: серийное.
- [78=77]=-(77-147)+(17_147)-(17_148)+(18+148)-(18+78)
 - [57=58]=+(18+58)-(18+148)+(17_148)-(17_147)+(77_147)+(57-77)

1

Таблица
 Результаты расчета размерной схемы (см.)

Гр	Номера левой и правой поверхностей звена	Номинал. значение	Верхнее отклон.	Нижнее отклон.	Средний номинальный размер звена	Запасы расчетных предельных значений исходного звена по Min и по Max
2=	78 77		0,651	8,116	4,383	0,001
2=	57 58		0,651	8,414	4,532	0,001
2=	17 18		0,650	1,690	1,170	0,000
2=	98 97		0,650	12,490	6,570	0,000
2=	148 147		0,650	5,890	3,270	0,000
6+	77 147	40,997	2,000	-2,000	40,997	
6+	57 77	15,650	0,000	-1,800	14,750	
6+	17 148	70,650	0,740	0,000	71,020	
6+	97 147	23,950	3,000	-1,500	24,700	
6+	17 147	73,540	3,000	-1,500	74,290	

Рисунок 23 – Линейный размерный анализ проектного технологического процесса в программе «Курсар»

В результате расчета размерной цепи линейных размеров проектного технологического процесса изготовления детали «Муфта в узле сцепления» замыкающих звеньев не выявлено. Все конструкторские размеры в технологическом процессе выполняются, размерная цепь составлена правильно. Заниженных припусков нет, следовательно вероятность появления брака минимальна.

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

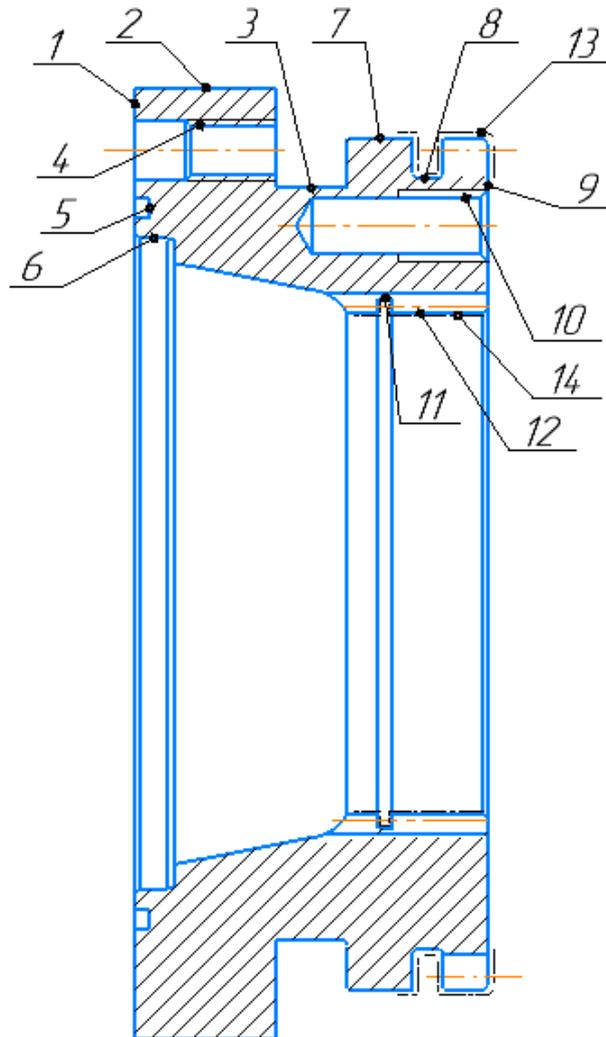


Рисунок 24 – Эскиз детали с номерами поверхностей

Исходные данные:

- материал – Сталь 4ХС, 207...285 НВ;
- параметр шероховатости – $Ra = 20$ мкм;
- заготовка – штамповка;
- масса – 6.5 кг;

Применяется токарный станок СТХ gamma 1250 ТС.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.367.000

Лист

39

Операция

Точить поверхность (2) – $\varnothing 190_{-1.15}$ мм длиной 28 мм, с точностью IT14.

Выбор глубины резания

По карте 1, лист 3 [2] определяются необходимые стадии обработки. Для получения размеров детали, соответствующих 14-му качеству, необходимо принять следующие значения глубины резания t : для черновой стадии 2,5 мм .

Выбор подачи

Подачу для черновой стадии обработки выбираем по карте 3 [2]:

при $t = 2,5$ мм, диаметре обрабатываемой поверхности до 500мм, $S_{0T} = 1,3$ мм/об;

поправочный коэффициент на подачу в зависимости от инструментального материала $K_{Si} = 1$;

По карте 5 [2] определяем поправочные коэффициенты на подачу для черновой стадии обработки для измененных условий обработки в зависимости от:

сечения державки резца $K_{SD} = 1$;

прочности режущей части $K_{Sh} = 1$;

механических свойств обрабатываемого материала $K_{SM} = 0,7$;

схемы установки заготовки $K_{Sy} = 0,8$;

состояния поверхности заготовки $K_{Sp} = 1$;

геометрических параметров резца $K_{S\phi} = 1$;

жесткости станка $K_{Sj} = 1,1$.

Окончательная подача определяется по формуле:

$$S = S_{0T} \cdot K_{Si} \cdot K_{SD} \cdot K_{SM} \cdot K_{Sy} \cdot K_{Sp} \cdot K_{S\phi} \cdot K_{Sj}; [2] \quad (15)$$

$$S = 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 = 0,8 \text{ мм/об}$$

Выбор скорости резания

Рекомендуемые значения скорости резания для черновой стадии обработки определяется по карте 21 [2]. $V_T = 153$ м/мин

Поправочный коэффициент для черновой стадии обработки в зависимости от инструментального материала $K_{Vi} = 1$;

									Лист
									40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.367.000				

По карте 23[2] выбираем остальные поправочные коэффициенты на скорость резания для измененных условий в зависимости от:

обрабатываемого материала – $K_{vC} = 1$;

вида обработки – $K_{vO} = 1$;

жесткости станка – $K_{vj} = 1,1$;

механических свойств обрабатываемого материала – $K_{vM} = 0.6$;

геометрических параметров резца – $K_{v\phi} = 1$;

периода стойкости режущей части – $K_{vT} = 1$;

наличия охлаждения – $K_{vЖ} = 1$

Окончательно скорость резания:

$$V = V_T \cdot K_v, [2] \quad (16)$$

$$V = 153 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0.6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 101 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000v}{\pi D}, [2] \quad (17)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 101}{\pi \cdot 190} = 169 \text{ мин}^{-1}$$

Принимаем частоту вращения, имеющуюся у станка $n_{\phi} = 200 \text{ мин}^{-1}$. Тогда фактическая скорость резания определяется по формуле:

$$v_{\phi} = \frac{\pi D n_{\phi}}{1000}, [2] \quad (18)$$

$$v_{\phi} = \frac{\pi \cdot 190 \cdot 200}{1000} = 119,32 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

По аналогии рассчитываем остальные режимы резания для точения, рассчитанные значения привереды в таблице 4.

Операция

Зубонарезание червячной фрезой на поверхности 13 – 170x5x32

Принимаем червячную однозаходную фрезу из быстрорежущей стали с модулем $m=5 \text{ мм}$, наружным диаметром $D=170 \text{ мм}$

Выбор глубины резания

Глубина нарезания при работе в один рабочий ход: $t=6,1 \text{ мм}$

					150305.2020.367.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Выбор подачи

Подача $S_{0T} = 3$ мм/об

Поправочный коэффициент в зависимости от

механических свойств обрабатываемого материала $K_{SM} = 0,7$.

инструментального материала $K_{Si} = 1,0$

угла наклона зубьев $K_{Sh} = 0,8$

количества рабочих ходов $K_{Sx} = 1$

$$S_{0T} = 3 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 1,68 \text{ мм/об}$$

Выбор скорости резания

Скорость $V_T = 30$ м/мин

Поправочные коэффициенты на:

механических свойств обрабатываемого материала $K_{Vm} = 0,6$;

инструментального материала $K_{Vi} = 1,0$;

угла наклона зубьев $K_{Vh} = 0,95$;

количества рабочих ходов $K_{Vx} = 1$;

классу точности инструмента $K_{Vj} = 1$;

Окончательная скорость резания:

$$V = 30 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1 = 17,1 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя определяется по формуле (17):

$$n = \frac{1000 \cdot 17,1}{\pi \cdot 170} = 32 \text{ мин}^{-1}$$

Принимаем частоту вращения, имеющуюся у станка $n_{\phi} = 80$ мин⁻¹. Тогда фактическая скорость резания определяется по формуле (18):

$$v_{\phi} = \frac{\pi \cdot 170 \cdot 80}{1000} = 42 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

									Лист
									42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

150305.2020.367.000

Таблица 4 – Режимы резания и основное время при точении

Номер пов-ти	Наименование операции	Глубина резания t, мм	Принятая подача S мм/об	Фактические обороты шпинделя пф, об/мин	Фактическая скорость V, мм/мин	Основное время То, мин
1	Точение черновое, подрезка торца	2,2	0,9	180	107,4	1,17
2	Точение черновое Ø190Н14	2,5	0,8	200	119	0,175
3,8	Прорезание канавки		0,24	140	94,2	0,578
5	Прорезание торцевой канавки		0,08	355	162,7	0,1
6	Растачивание черновое Ø129,4	2	0,2	355	144	0,11
6	Растачивание чистовое Ø130Н9	1	0,12	300	122	0,18
7	Точение черновое и получистовое Ø170Н13	2/1	0,3	250	133	0,22
9	Точение черновое, подрезка торца	2	0,5	250	133	1,36
11	Прорезание канавки		0,06	500	166,4	0,09
12	Растачивание черновое Ø99Н14	2	0,3	250	77,7	0,37
12	Растачивание получистовое Ø100Н13	1	0,18	500	157	0,19
13	Нарезка шлицов фрезерованием		1,68	80	42	4

Операция

Сверлить поверхность 4 – $\varnothing 10,7^{+0,027}$ мм с точностью IT13

Глубина резания

Глубина резания при сверлении равна половине диаметра сверла, диаметр сверла равен 10,7 мм., следовательно глубина резания $t=5,35$ мм.

Выбор подачи

При сверлении отверстия диаметром до 12 мм, $S_{0T}=0,29$ мм/об, карта 46 [2]

По карте 53[2] выбираем поправочный коэффициент в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала $K_{SM}=0,62$.

С учетом поправочного коэффициента (16):

$$S = 0,29 \cdot 0,62 = 0,18 \text{ мм/об}$$

Выбор скорости резания

При сверлении отверстия диаметром до 12 мм, $V_T=21,6$ м/мин, карта 46 [2]

Поправочные коэффициенты по карте 53[2]:

механических свойств обрабатываемого материала $K_{V_M}=0,64$;

наличия охлаждения $K_{V_{ж}}=1$;

состояния поверхности заготовки $K_{V_w}=1$;

инструментального материала $K_{V_{и}}=1$;

формы заточки инструмента $K_{V_3}=1$;

длины рабочей части сверла $K_{V_1}=1$;

покрытия инструментального материала $K_{V_{п}}=1$;

периода стойкости инструмента $K_{V_T}=1$;

Окончательная скорость резания:

$$V = 21,6 \cdot 0,64 \cdot 1 = 13,8 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя (17):

$$n = \frac{1000 \cdot 13,8}{\pi \cdot 10,7} = 411 \text{ мин}^{-1}$$

Принимаем частоту вращения, имеющуюся у станка $n_{\phi} = 500$ мин⁻¹. Тогда фактическая скорость резания определяется по формуле (18):

									Лист
									44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

150305.2020.367.000

$$v_{\phi} = \frac{\pi \cdot 10,7 \cdot 500}{1000} = 16,8 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

По аналогии рассчитываем остальные режимы резания и основное для сверления, нарезания резьбы, зенкерования рассчитанные значения приведем в таблице 5

Таблица 5 – Режимы резания и нормы времени при обработке отверстия

Номер пов-ти	Наименование операции	Глубина резания t, мм	Принятая подача S мм/об	Фактические обороты шпинделя nф, об/мин	Фактическая скорость V, мм/мин	Основное время То, мин
4	Сверление отверстия Ø10,7	5,35	0,18	500	16,8	0,3
4	Зенкерование Ø12	0,48	0,24	500	18,8	0,08
4	Резьбонарезание М12	1,25	1,25	180	6,78	0,12
4	Развёртывание	1	0,4	120	4,5	0,3
10	Сверление Ø10,2	5,1	0,18	500	16,8	0,4
10	Резьбонарезание М12	1,75	1,75	180	6,78	0,06

Нормы времени

Определение основного времени цикла автоматической работы станка по программе определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{\text{общ}} \cdot i}{S \cdot n}, [6] \quad (19)$$

где $L_{\text{общ}}$ – общая длина пути, пройденная инструментом, i – число проходов, S – подача.

Отсюда для обработки 2-й поверхности основное время рассчитывается:

$$T_{02} = \frac{28 \cdot 1}{0,8 \cdot 200} = 0,175 \text{ мин}$$

Основное время для всей операции:

$$T_o = T_{o_1} + T_{o_2} + \dots + T_{o_n}, [6] \quad (20)$$

По аналогии рассчитываем основное время для точения, фрезерования и сверления, рассчитанные значения приведены в таблице 4 и 5.

Расчет вспомогательного времени можно рассчитать по формуле:

$$T_v = T_{v_{уст}} + T_{v_{оп}} + T_{v_{изм}}, [6] \quad (21)$$

где $T_{v_{уст}}$ – вспомогательное время на установку и снятие детали $T_{v_{уст}} = 1,5$ мин; $T_{v_{оп}}$ – вспомогательное время, связанное с операцией, $T_{v_{оп}} = 8,4$ мин; $T_{v_{изм}}$ – вспомогательное время на контрольное измерение, $T_{v_{изм}} = 7,67$ мин

Подставляя значения в формулу, получается:

$$T_v = 1,5 + 8,4 + 7,67 = 17,57 \text{ мин}$$

Штучное время определяется по формуле:

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{обсл} + T_{отд}, [6] \quad (22)$$

где $T_{обсл}$ – время обслуживания рабочего места, $T_{отд}$ – время перерывов на отдых и личные надобности рабочего; оно устанавливается в зависимости от условий выполнения работы. Получаем:

$$T_{шт} = 41,34 + 0,84 + 10 = 52,18 \text{ мин}$$

2.2.6. Вывод по разделу

Было разработано проектный вариант технологического процесса для детали «Муфта в узле сцепления», в котором учтены недочеты существующего технологического процесса и приведены возможные способы улучшения. По проектному маршрутно-технологическому процессу видно значительное сокращение количества операций и времени на обработку данной детали. В размерно-точностном анализе, конструкторские размеры выполняются.

3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Аналитический обзор и выбор стандартизованной технологической оснастки.

Для металлорежущей обработки мы выбрали токарный инструмент, фрезы и необходимую оснастку фирмы Sandvik [13] и Walter [14].

Для закрепления токарных резцов для обработки наружных поверхностей выбираем оснастку С6-ASHA-38060-20М

Размеры оснастки: $D_1=90$; $D_{cm}=63$; $b=38$; $h_{21}=45$; $h_{23}=20$; $l_1=40$; $l_{21}=60$;

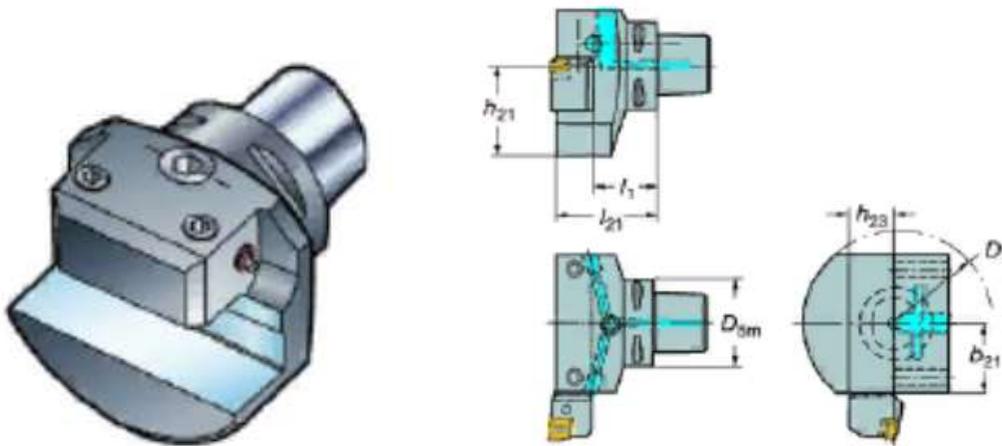


Рисунок 25 – Резцедержатель для обработки внешних поверхностей детали

Для закрепления токарных резцов для обработки внутренних поверхностей выбираем оснастку С6-131-00065-750

Размеры оснастки: $D_1=36$ мм; $D_{cm}=63$ мм; $d_{tm}=20$ мм; $l_1=32$ мм; $l_2=39$ мм; $l_{21}=68$ мм.

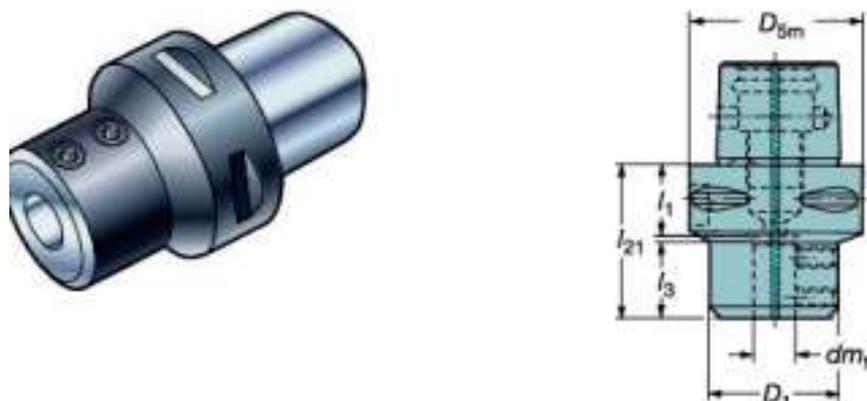


Рисунок 26 – Резцедержатель для обработки внешних поверхностей детали

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.367.000

Лист

47

Для закрепления сверел используется цанговый патрон С6-391.14-20 060

Размеры оснастки: $DCON_{MS}=63\text{мм}$; $DCON_{WS}=21\text{мм}$; $LF=60\text{мм}$;
 $LB_1=31,1\text{мм}$; $LB_2=38\text{мм}$; $BD_1=33,7\text{мм}$.

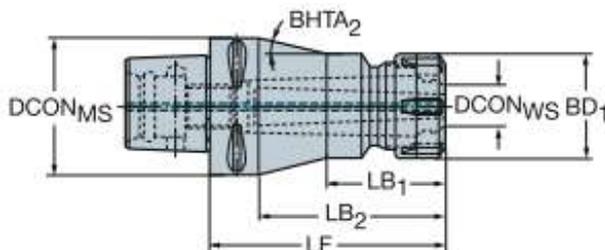


Рисунок 27 – Цанговый патрон

Для закрепления метчиков используется резьбовой патрон С6-391.14-20 060

Размеры оснастки: $DCON_{MS}=63\text{мм}$; $DCON_{WS}=19\text{мм}$; $LF=90\text{мм}$;
 $LB_1=40,5\text{мм}$; $BD_1=36\text{мм}$, $BD_2=50\text{мм}$.

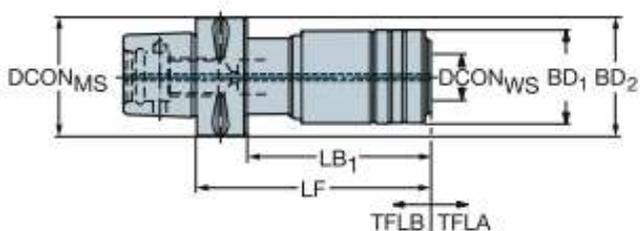


Рисунок 28 – Резьбовой патрон

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.367.000

Лист

48

3.2 Проектирование и расчёт станочного приспособления

В качестве проектируемого станочного приспособления выберем трехкулачковый патрон – рисунок 30.



Рисунок 30 – Трёхкулачковый патрон

Патрон токарный самоцентрирующий трехкулачковый относится к классу спирально-реечных самоцентрирующих трехкулачковых патронов с цилиндрическим пояском и креплением на токарном станке через промежуточный фланец. Самоцентрирующие спирально-реечные токарные патроны предназначены для установки на универсальные токарные, револьверные, внутришлифовальные станки.

Применяются в условиях единичного, мелкосерийного и серийного производства. В трехкулачковых самоцентрирующих патронах закрепляют заготовки круглой и шестигранной формы или круглые прутки большого диаметра. В отличие от токарных патронов клинореечного типа, не требуют времени на переналадку в том случае, когда требуется установка на другой диаметр зажима.

По ГОСТ 2675-80 под нашу деталь выберем патрон самоцентрирующий спирально-реечный трехкулачковый. Патрон токарный 3-315.39.34В, высокого

класса точности с цельными кулачками, с посадкой на конус под поворотную шайбу ГОСТ 12593.(рис 31)

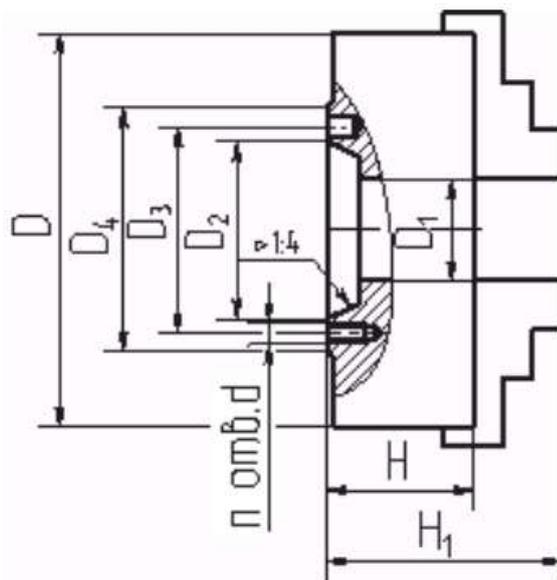


Рисунок 31 – Трёхкулачковый патрон 3-315.39.34В

Технические характеристики:

D, мм	315
D1, мм	100
D2, мм	106,375
D3, мм	133,4
Крепление	На конус под поворотную шайбу (DIN 55027, ГОСТ 12593)
Шаг кулачка, мм	10
Количество и размер крепежных отверстий	4xM12
Условный размер конца шпинделя (конус)	6
H1, мм	140
h, мм	99,5
Класс точности	В (высокий)
Масса, кг	64,9

3.3. Аналитический обзор и выбор стандартизованной режущего инструмента

Для наружной обработки поверхности выбирается державка для пластин DCLNR/L2020K12 и токарная пластина - CNMM120416-NRF

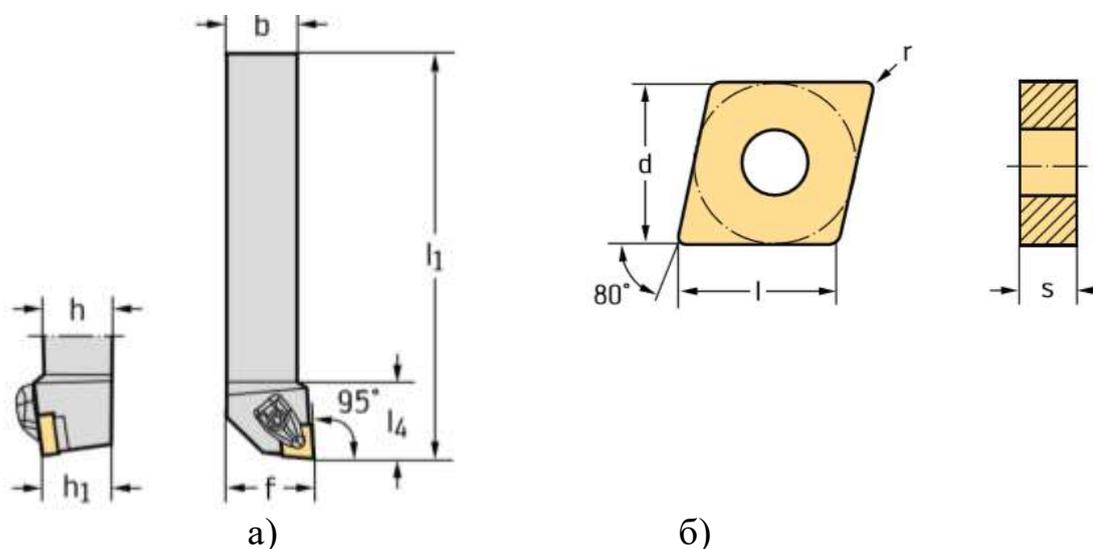


Рисунок 32 – Инструмент для обработки наружной поверхности

а) Токарный проходной резец ($h_1=20\text{мм}$; $b=20$; $f=25\text{мм}$; $l_1=125\text{мм}$; $l_4=32.1$; $\lambda_s=-6$)

б) СМП ($d=12,7\text{мм}$; $l=12,9\text{мм}$; $s=4,76\text{мм}$; $r=1,6\text{мм}$, марка сплава WPP20S)

Для черновой обработки поверхностей 6 и 12 (рис.24) выбирается токарный расточной резец – A20S-SCLCR/L09-R и СМП – CCMT09T308-PM5

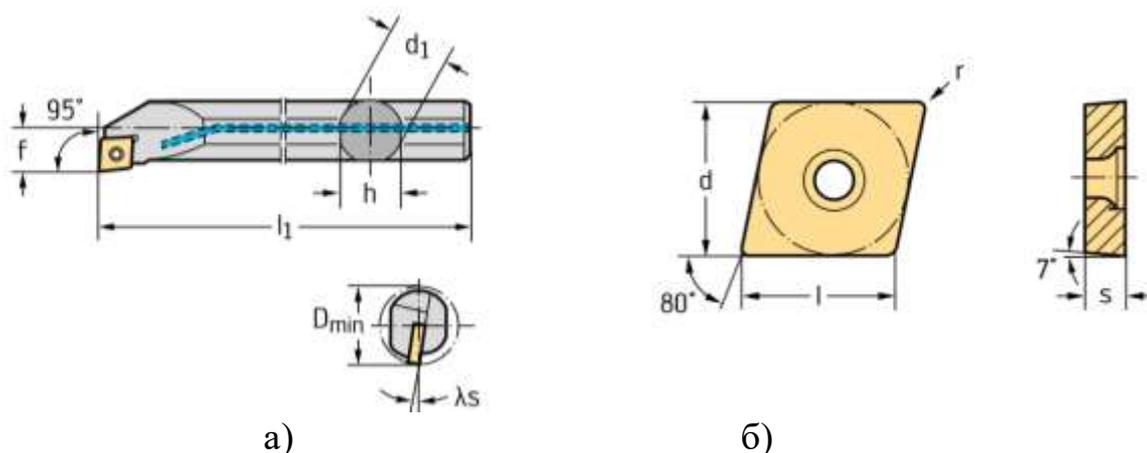


Рисунок 33 – Инструмент для обработки внутренней черновой поверхности

а) Токарный расточной резец ($d_1=20\text{мм}$; $f=13\text{мм}$; $l_1=250\text{мм}$; $D_{\min}=25\text{мм}$; $\lambda_s=-6$)

б) СМП ($d=9,525\text{мм}$; $l=9,67\text{мм}$; $s=3,97\text{мм}$; $r=0,8\text{мм}$, марка сплава WSM30)

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

150305.2020.367.000

Лист

51

Для внутренней чистовой поверхности выбирается расточной резец – A20Q-PVUBR/L11 и СМП – VBGT110302-PF5

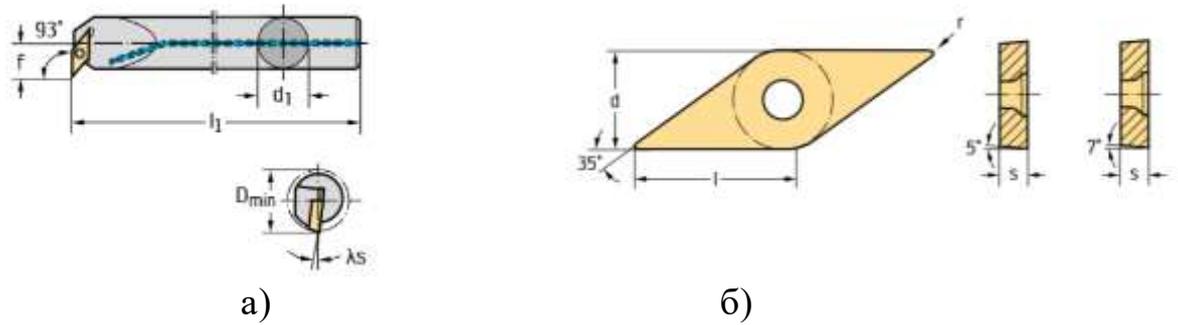
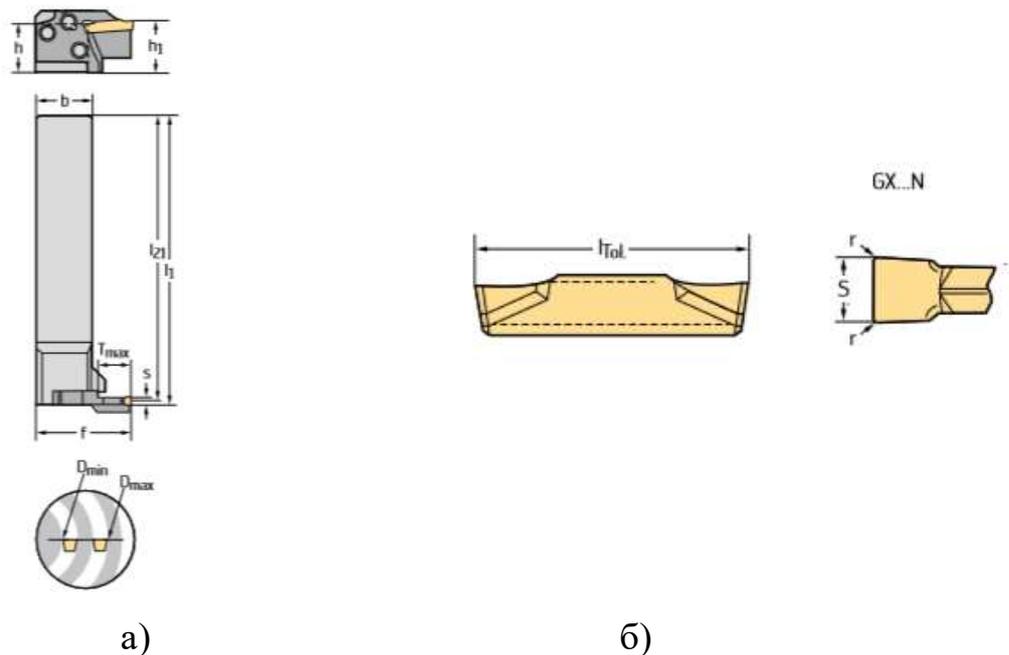


Рисунок 34 – Инструмент для обработки внутренней чистовой поверхности

- а) Токарный расточной резец ($d_1=20\text{мм}$; $f=13\text{мм}$; $l_1=180\text{мм}$; $D_{\min}=25\text{мм}$; $\lambda_s=-6$)
 б) СМП ($d=6.35\text{мм}$; $l=11\text{мм}$; $s=3.18\text{мм}$; $r=0.2\text{мм}$, марка сплава WSM30)

Для обработки поверхности 5 (рис.24) выбирается токарный резец для обработки торцевых канавок – NCHE20-2020R/L-GX24-2-3 и СМП –GX24-3E400N040-GD3



- а) Токарный расточной резец ($s=3-3.5\text{мм}$; $T_{\max}=14\text{мм}$; $h=20\text{мм}$; $D_{\max}=150$; $D_{\min}=100\text{мм}$;))
 б) СМП ($l=24\text{мм}$; $s=4\text{мм}$; $r=0.4\text{мм}$, марка сплава WKP23S)

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

150305.2020.367.000

Лист

52

Для обработки поверхностей 3 и 8 (рис.24) выбирается токарный резец для радиального точения канавок – QS-RF123H20C2020E и СМП – N123H2-0400-0004-TF4325

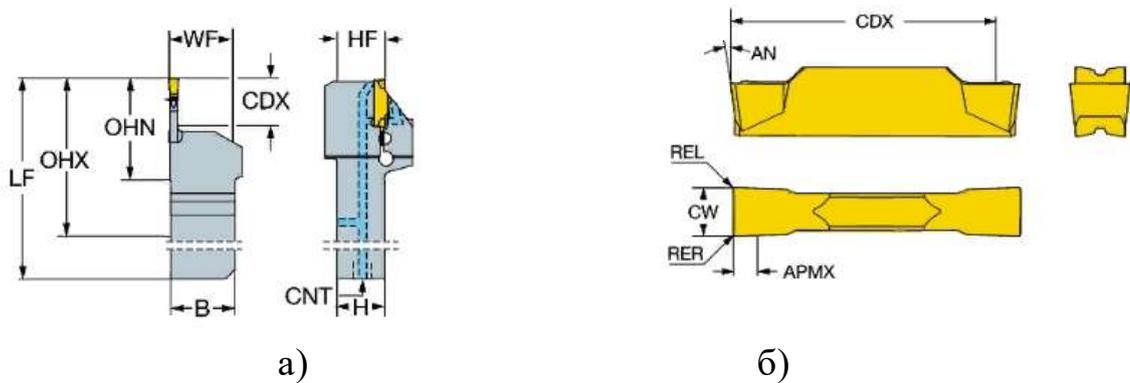


Рисунок 36 – Инструмент для обработки канавок

- а) Токарный расточной резец ($WF=20,5\text{мм}$; $OHN=39,97\text{мм}$.; $OXH=43,821\text{мм}$; $LF=108,94\text{мм}$; $B=20\text{мм}$; $CDX=20\text{мм}$; $HF=20\text{мм}$; $H=20\text{мм}$)
- б) СМП ($CDX=23,3\text{мм}$; $AN=7$; $REL=0,4$; $RER=0,4$; $CW=4\text{мм}$; сплав 4325, покрытие CVD $TiCN+Al_2O_3+TiN$)

Для обработки поверхности 11 (рис.24) выбирается токарный резец для обработки внутренних канавок – NCA16-2015R/L-GX09-1 и GX09-1E200N020-GD3

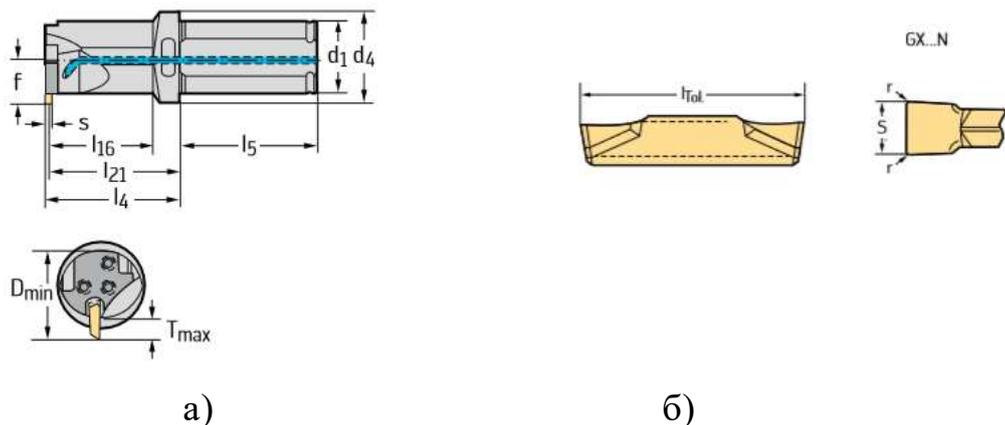


Рисунок 37 – Инструмент для обработки внутренних радиальных канавок

- а) Токарный расточной резец ($s=2-2,5\text{мм}$; $T_{\text{макс}}=4\text{мм}$; $d1=20\text{мм}$; $d4=25\text{мм}$; $D_{\text{min}}=20\text{мм}$; $l4=24\text{мм}$)
- б) СМП ($l=9$; $s=2$; $r=0.2$, марка сплава WSM43S)

Для просверливания отверстия 4 (рис.24) выбирается цельное сверло –
460.1-1070-054A1-ХМ GC34

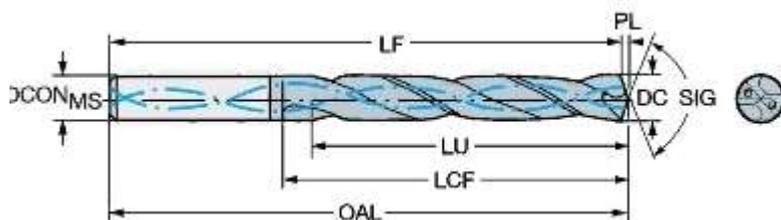


Рисунок 38 – Инструмент для сверления отверстия 4

LF=116,4мм; LU=55,1мм; LCF=71мм; OAL=118мм;

DCON=12мм; PL=1,6мм; DS=10,7мм; SIG=140, сплав СН

Для просверливания отверстия 10 (рис.23) выбирается цельное сверло –
460.1-1020-077A1-ХМ GC34

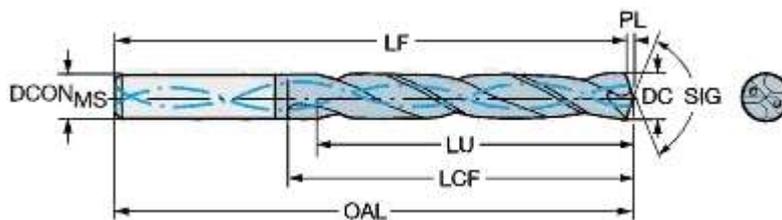


Рисунок 39 – Инструмент для сверления отверстия 10

LF=178,5мм; LU=83,1мм; LCF=128мм; OAL=180мм;

DCON=12мм; PL=1,5мм; DC=10,2мм; SIG=140, сплав GC34, покрытие
PVD TIALN

Для для нарезания резьбы в отверстии 4 (рис.24) выбираем метчик –
T200-ХМ101АА-М12С150

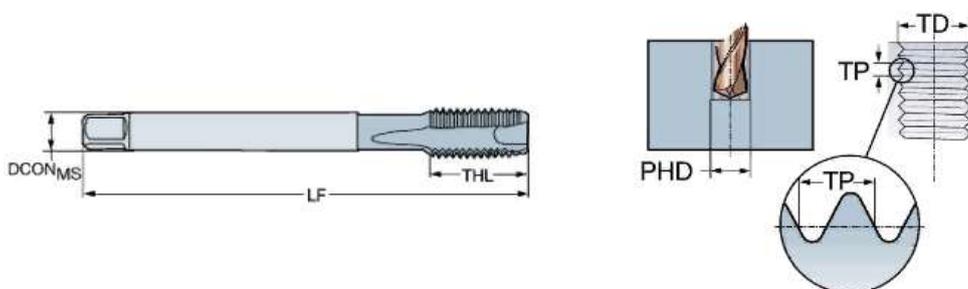


Рисунок 40 – Метчик М12 для нарезания резьбы в отверстии 10

LF=110мм; THL=23,1мм; PHD=10.2мм;

DCON=9,322мм; TP=1.75мм; TD=12мм; сплав С150

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.367.000

Лист

54

Для для нарезания резьбы в отверстии 10(рис.24) выбираем метчик – Т200-ХМ100DB-М12Х125С110

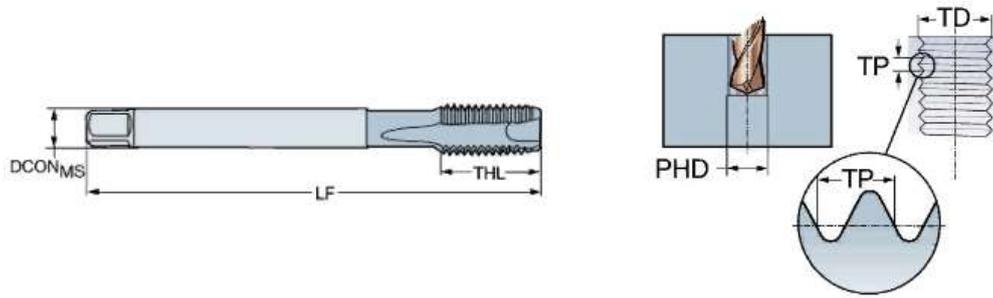


Рисунок 41 – Метчик М12х1,25 для нарезания резьбы в отверстии 10

LF=100мм; THL=21мм; PHD=10,7мм;

DCON=9мм; TP=1.25мм; TD=12мм; сплав С110

Для для обработки отверстия 4(рис.24) выбираем зенкер – E111-11,75 Walter TITEX

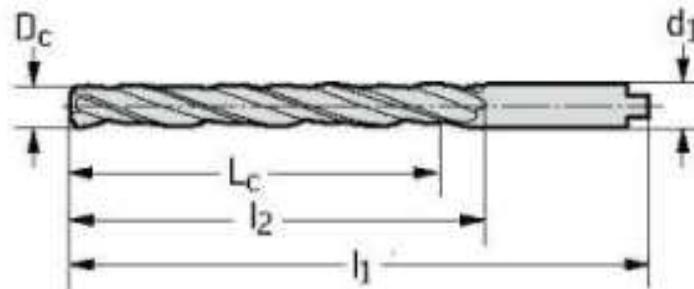


Рисунок 42 – Зенкер

D_c=11,75мм; d₁=11,75мм; L_c=122мм; l₂=134мм; l₁=184мм

Для для обработки отверстия 4 (рис.24) выбираем развёртку – 835.В-1200-А1-РF 1024 Развёртка CoroReamer™

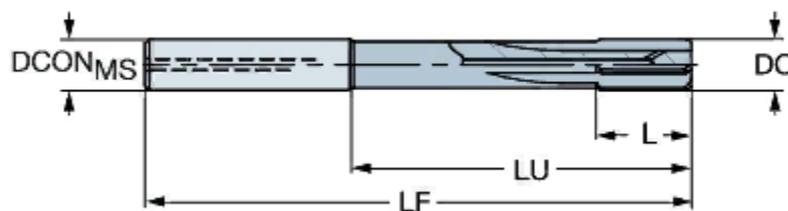


Рисунок 43 – Развёртка

LF=118.2мм; LU=75мм; L=20мм; DCON=12мм; DC=11,8мм, сплав НС

Для нарезания фаски в отверстии 4 (рис.24) выбираем фасочное сверло SD203A-C45-10.2-30.0-14R1

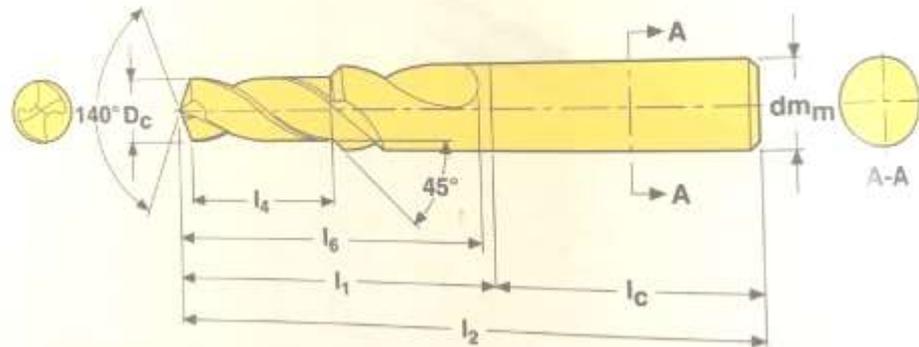


Рисунок 44 – Фасочное сверло

$D_c=10.2\text{мм}$; $l_4=15\text{мм}$; $l_2=107\text{мм}$; $l_1=62$; $l_c=45$; $l_6=55\text{мм}$, покрытие TiAlN+TiN

Для нарезания фаски в отверстии 10(рис.24) выбираем фасочное сверло SD203A-C45-10.7-30.0-14R1

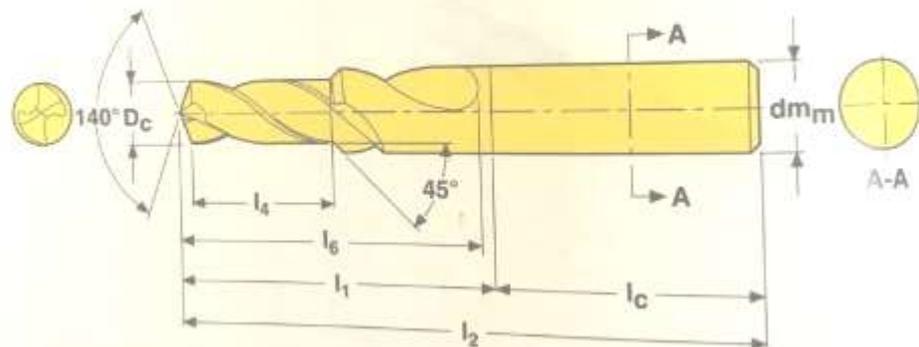


Рисунок 45 – Фасочное сверло

$D_c=10.7\text{мм}$; $l_4=30\text{мм}$; $l_2=107\text{мм}$; $l_1=62$; $l_c=45$; $l_6=55\text{мм}$, покрытие TiAlN+TiN

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.367.000

Лист

56

Нарезка шлицов 13(рис 24) производится червячной фрезой CoroMill 176 S-176R-M50-100C6104 с пластинами 176M50-N120610E-PM

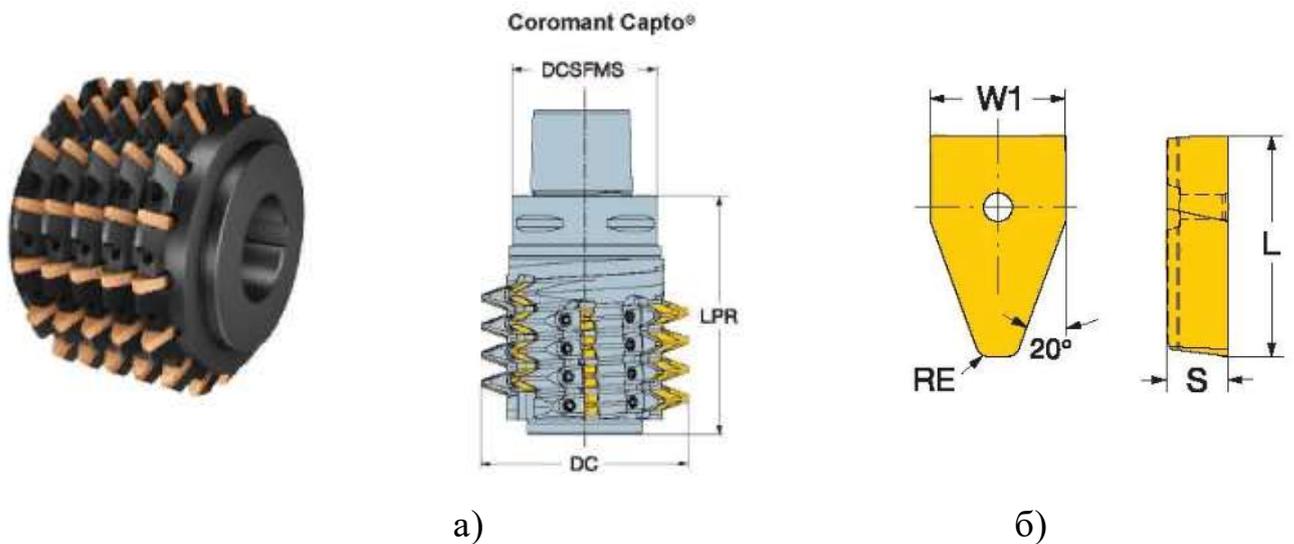


Рисунок 46 – Червячная фреза

а) $m=5$, $DC=100$ мм, $ClCT=32$, $LPR=120$ мм, $DCSFMS=63$ мм

б) $RE=1$, $L=10$ мм; $S=5,5$ мм; $W1=12,2$ мм.

3.3. Проектирование и расчёт специального режущего инструмента

3.3.1. Расчёт шлицевой эвольвентой протяжки

Исходные данные: 1. Материал заготовки Сталь 40ХС; НВ 207...285; заготовка поковка, отверстие обработано окончательно, $d_0=D_f=100H13^{(+0,54)}$ мм; наружный диаметр шлицевого отверстия $D_a=110^{(+0,054)}$ мм; модуль $m=5$ мм, число шлицев $z=20$; профильный угол исходного контура $\alpha_d=20$; параметр шероховатости боковых поверхностей паза $Ra=10$ мкм; длина протягивания $l=28$ мм; делительная окружная ширина $e = 10,741^{(+0,308}_{+0,08})$ мм.

2. Станок: тип – горизонтально-протяжной, мод.7Б57, тяговая сила 400кН, диапазон скоростей 1-6,15м/мин; длина хода штока $L_{max}=2000$ мм

3. Характер производства массовый

Расчёт протяжки. 1. Группа обрабатываемости -3 (табл. П1, [5])

2. Группа качества-3 (табл. П2, [5])

3. Определяем марку материала режущей части протяжки (табл. П3 , [5]) : принята основная марка быстрорежущей стали P12Ф3 по ГОСТ 19265-73.

4. Выбираем способ соединения рабочей части хвостовиком: принимаем с резьбовым вывертышем, так как диаметр протяжки больше 40 мм (табл. П4 , [5]).
Материал хвостовиков сталь 40Х по ГОСТ 4044-74 выбираем хвостовик диаметром 100мм, $F_{оп}=4417,9\text{мм}^2$. Сила допустимая прочностью хвостовика,

$$P_{хв}=4417,9*300=1325\text{кН}$$

5. Выбираем передний угол γ и задний угол α (табл. П5, [5]). Для черновых и переходных зубьев 15° , для чистовых и калибрующих 18° ; задние углы для черновых и переходных зубьев 3° , чистовых 2° , калибрующих 1° .

6. Выбираем скорость резания (табл. П6, [5]). Максимально допустимая скорость резания $V=7$ м/мин.

7. Определяем подачу черновых зубьев (табл. П7, [5]).

$$S_{zc}=0,14\text{мм}$$

8. Находим глубину стружечной канавки (табл. П4 , [5]) приняв , коэффициент посещаемости $K=1,2$ и длину протягиваемой поверхности $l=28\text{мм}$

$$h = 1.1283\sqrt{1.2 * 28 * 0.14} = 2,4$$

Принимаем $h=2,5\text{мм}$

9. Определяем число одновременно работающих зубьев z_p по шагу зубьев $t_0=7\text{мм}$ (табл. П19 , [5]):

$$z_p = \frac{28}{7} + 1 = 5$$

10. Находим максимально допустимую силу резания. Сила резания ограничена тяговой силой станка

$$P_{ст}=0,8Q=320\text{кН}$$

Сила резания ограничена прочностью хвостовика

$$P_{хв}=1325\text{кН}$$

Максимально допустимой силой резания считаем минимальную из сил:

$$P_{max}=360\text{кН}$$

										Лист
										58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

150305.2020.367.000

14. Число всех зубьев протяжки

$$\sum z_c = z_{ш0} + z_{шп} + z_{шч} + z_{шк} \quad (27)$$

Где $z_{шп}=4, z_{шч}=4, z_{шк}=3, z_{ш0} = i_{ш0} * z_{сш}$

$$z_{ш0} = 35 * 2 = 70$$

$$\sum z_c = 70 + 4 + 4 + 3 = 81$$

15. Подъёмы переходных зубьев: $S_{п1}=0,06; S_{п2}=0,03$; подъёмы чистовых зубьев $S_{зч}=0,02$

16. Находим длину режущей части протяжки L_p , шаг и размеры стружечной канавки чистовых и калибрующих зубьев:

$$L_p = L_{ш} = t_0(z_{ш0} + z_{шп}) + t_ч(z_{шч} + z_{шк}) \quad (28)$$

Где $t_ч$ – шаг чистовых зубьев, $t_ч=5,5$

$$L_{ш} = 7(81 + 4) + 5,5(4 + 3) = 633,5 \text{ мм}$$

17. Определяем силу резания на шлицевой части:

$$P_{ш} = \frac{11,049 * 20 * 288 * 5 * 1,3 * 1 * 1,1 * 1,2}{2} = 273025 \text{ Н}$$

18. Дополнительные варианты не рассчитываем.

19. Находим допуск на диаметры калибрующих зубьев:

$$D_{кш} = 110,054 (\pm 0,025)$$

20. Диаметр впадин шлицев

$$D_{вш} = 100d11 \left(\begin{smallmatrix} 0.12 \\ -0.34 \end{smallmatrix} \right)$$

21. Рассчитываем число, ширину и радиус выкружек. Число выкружек $N = z$.

Минимальную ширину шлица определяем по формуле:

$$B_{ш} = D_{amax} \left(\frac{S_p}{d} + inv\alpha_d - inv\alpha_i \right), [5] \quad (29)$$

где $D_a = 110 \text{ мм}$;

$$d = mz = 5 * 20 = 100 \text{ мм};$$

$$S_p = e = 10,741 \text{ мм}; inv\alpha_d = 0,0537$$

$$\alpha_i = \arccos \frac{d \cos \alpha_d}{D_{ш}} = \arccos \frac{100 * 0,866}{110} = 38^\circ, [5] \quad (30)$$

$$B_{\text{шmin}} = 110,054 \left(\frac{10,741}{100} + \text{inv}30 - \text{inv}20 \right) \approx 4,742 \text{ мм}$$

Находим ширину режущего сектора:

$$B_{\text{ш}} = 0,25(B_{\text{шmin}} + B_{\text{шmax}}), [5] \quad (31)$$

$$B_{\text{ш}} = 0,25(4,742 + 10,741) = 3,8 \text{ мм}$$

Принимаем $B_{\text{ш}} = 4 \text{ мм}$

Ширину выкружки определяем по формуле для первого зуба:

$$a_{\text{ш}} = \frac{\pi D}{N} - B_{\text{ш}}, [5] \quad (32)$$

$$a_{\text{ш}} = \frac{\pi 100}{20} - 4 = 11,7$$

Радиус круга $R_k \leq 30 \text{ мм}$ и радиус выкружки $R_b \leq 36 \text{ мм}$

22. Определяем диаметр и длину передней направляющей. Диаметр передней направляющей принимаем равным наименьшему предельному диаметру отверстия до протягивания :

$$D_{\text{п.н}} = D_{\text{0min}} e8 = 100 \left(\begin{smallmatrix} -0.072 \\ -0.126 \end{smallmatrix} \right) \text{ мм}$$

Длину переднего направления как для свертного хвостовика (таб. П4, [5]) принимаем $L_{\text{пн}} = 65 \text{ мм}$

23. Длину переходного конуса (таб. П28, [5]) назначаем $L_{\text{п}} = 30 \text{ мм}$

24. Расстояние до переднего торца до первого зуба протяжки

$$L_1 = 205 + 32 + 50 + 28 + 25 = 340$$

25. Находим диаметр $D_{\text{зн}}$ и длину задней направляющей $l_{\text{зн}}$.

Диаметр $D_{\text{зн}}$ принимаем равным диаметру впадин и шлицев протяжки, т.е. $D_{\text{зн}} = D_{\text{вш}} = 100 d11 \left(\begin{smallmatrix} -0.12 \\ -0.34 \end{smallmatrix} \right)$

Длина задней направляющей (таб. П29, [5]) $l_{\text{зн}} = 70$

Для работы в автоматическом цикле протяжку снабжаем задним свертным хвостовиком. Диаметр хвостовика 40 мм по ГОСТ 4044-70. Размеры резьбового конца таких же, как и на переднем хвостовике. Длина заднего хвостовика 125 мм (таб. П30, [5])

26. Общая длина протяжки $L = 340 + 633,5 + 70 + 125 = 1168,5 \text{ мм}$

Округляем до 1170мм, уменьшая длину задней направляюще

3.3.2. Расчет скорректированного профиля эвольвентой протяжки.

При шлифовании протяжки по задним поверхностям для создания заднего угла задний центр протяжки поднимают на величину 0,3 мм на 1000 мм длины протяжки. При этом происходит искажение профиля эвольвенты. Поэтому необходимо проводить корректирующий расчет профиля зубьев.

Расчет проводим для трех точек профиля. Первую точку принимаем на диаметре равном диаметру первого зуба $D_1=100$ мм, диаметр второй точки соответствует диаметру 35 зуба $D_2=105,04$ мм, диаметр третьей точки равен диаметру последнего чернового зуба $D_3=109,79$ мм.

Расчет производим в системе координат, центр которой совпадает с центром отверстия, ось X проходит по центру впадины между шлицами, ось Y – горизонтальна.

Находим координаты расчетных точек в этой системе координат по формулам:

$$x_1 = R_i \sin(\theta_0 + \theta_i), [5] \quad (33)$$

$$y_1 = R_i \cos(\theta_0 + \theta_i), [5] \quad (34)$$

где θ_0 – угол между осью OY и радиус-вектором начальной точки эвольвенты,

θ_i – полярный угол эвольвенты в точке I,

α_i – угол давления в точке I,

$$\theta_0 = \frac{\pi}{z} - \frac{Sp}{d} - inv\alpha_i, [5] \quad (35)$$

$$\theta_i = tg\alpha_i - \alpha_i = inv\alpha_i, [5] \quad (36)$$

$$\cos\alpha_i = \frac{d_e}{D_i}, [5] \quad (37)$$

$$\theta_0 + \theta_i = 57,29578 \left(\frac{\pi}{z} - \frac{Sp}{d} - inv\alpha_0 - inv\alpha_i \right), [5] \quad (38)$$

$$\theta_0 = \frac{3,14}{20} - \frac{10,741}{100} - 0,014903 = 0,03476 \text{ рад}$$

Для всех трёх точек:

$$\cos \alpha_1 = \frac{93,9693}{100,28} = 0,937069; \alpha_1 = 20,435$$

$$\cos \alpha_2 = \frac{93,9693}{105,04} = 0,894605; \alpha_2 = 26,542$$

$$\cos \alpha_3 = \frac{93,9693}{109,79} = 0,8559; \alpha_3 = 31,141$$

$$\theta_0 + \theta_1 = 57,29578(0,03476 + 0,015934) = 2,9045^\circ$$

$$\theta_0 + \theta_2 = 57,29578(0,03476 + 0,036253) = 4,0653^\circ$$

$$\theta_0 + \theta_3 = 57,29578(0,03476 + 0,06700) = 5,83^\circ$$

$$x_1 = 50,14 \sin 2,9045 = 2,5406 \text{ мм}$$

$$y_1 = 50,14 \cos 2,9045 = 50,0756 \text{ мм}$$

$$x_2 = 52,52 \sin 4,0653 = 3,7233 \text{ мм}$$

$$y_2 = 52,52 \cos 4,0653 = 52,3878 \text{ мм}$$

$$x_3 = 54,895 \sin 5,83 = 5,5745 \text{ мм}$$

$$y_3 = 54,895 \cos 5,83 = 54,596 \text{ мм}$$

Так как протяжка шлифуется с поднятием заднего центра, то профиль боковых поверхностей одинаков, а толщина зубьев, измеренная в одном сечении, разная. Отклонение дуги окружности от кривой профиля последнего зуба проверяем в двух дополнительных промежуточных точках, имеющих координаты, отличающиеся от тех, по которым была построена окружность.

Для определения смещения каждой точки определяем смещение, приходящееся на каждый зуб,

$$\Delta C = \frac{\Delta y}{1000} \frac{Lp}{z_0} = \frac{0,3}{1000} \frac{531,5}{68} = 0,0023 \text{ мм}$$

Смещение ординаты любого зуба определяем по формуле

За базовый принят последний зуб № 67 - черновой зуб протяжки с диаметром 109,79 мм.

Тогда для точек 1, 2, 3 смещения равны

$$C_i = \Delta C (z_i - 1), [5] \quad (39)$$

$$C_1 = 0,0023(67 - 1) = 0,1518 \text{ мм}$$

$$C_2 = 0,0023(67 - 35) = 0,0736 \text{ мм}$$

$$C_3 = 0,0023(67 - 67) = 0 \text{ мм}$$

Новые ординаты точек находим по формулам

для точки 1 $y_1^1 = y_1 - C_1 = 50.0756 - 0.1518 = 49.9238$ мм,

для точки 2 $y_2^1 = y_2 - C_2 = 52,3878 - 0.0735 = 52.3143$ мм,

для точки 3 $y_3^1 = y_3 - C_3 = 54,596 - 0 = 54,596$ мм,

Для упрощения расчета переносим систему координат в точку 1¹ и находим новые координаты точек по формулам

$$x_i^1 = x_i - x_1, [5] \quad (40)$$

$$y_i^1 = y_i - y_1, [5] \quad (41)$$

для точки 1¹ $x_1^1 = 0, y_1^1 = 0,$

для точки 2¹ $x_2^1 = 3.7233 - 2,5406 = 1,1827$ мм,

$y_2^1 = 52,3878 - 50.0756 = 2,3122$

для точки 3¹ $x_3^1 = 5,5745 - 2,5406 = 3,0339$ мм,

$y_3^1 = 54,596 - 50.0756 = 4,5204$ мм.

Через эти точки проводим окружность, координаты центра которой и радиус находим по формулам:

$$y_0 = \frac{x_2^1[(x_3^1)^2 + (y_3^1)^2] - x_3^1[(x_2^1)^2 + (y_2^1)^2]}{2(y_3^1 x_2^1 - y_2^1 x_3^1)}, [5] \quad (42)$$

$$x_0 = \frac{(x_2^1)^2 + (y_2^1)^2 - 2y_2^1 y_0}{2x_2^1}, [5] \quad (43)$$

$$r_1 = \sqrt{x_0^2 + y_0^2}, [5] \quad (44)$$

После расчетов получим $y_0 = -4,3715$ мм, $x_0 = 11,3979$ мм, $r_0 = 12,2074$ мм.

Для проверки точности замены эвольвенты дугой окружности нужно определить их отклонения в двух точках профиля, которые не учитывались при расчете.

Проверку проведем для диаметра $D_4 = 102,52$ мм (зуб №17) и для $D_5 = 107,56$ мм (зуб №53). Для них координаты находим по приведенным выше формулам:

$x_4 = 3.05522$ мм, $y_4 = 51.1688$ мм,

$x_5 = 4.4871$ мм, $y_5 = 53.5924$ мм.

$C_4 = 0.115$ мм, $C_5 = 0.0322$ мм.

$$x_4^1 = 0.51462\text{мм}, \quad y_4^1 = 1.0932\text{мм}$$

$$x_5^1 = 1.9465\text{мм}, \quad y_5^1 = 3.5168, \text{ мм}$$

Определяем расстояние этих точек от центра замещающей окружности

$$\rho_4 = \sqrt{(x_i^1 - x_0)^2 + (y_i^1 - y_0)^2}, [5] \quad (45)$$

$$\rho_4 = 12,1782\text{мм}, \quad \rho_5 = 12,2477\text{мм}.$$

Определяем искомые отклонения, которые представляют собой разность между ρ_4 и ρ_5 и радиусом r_1 заменяющей окружности:

$$\Delta\rho_i = \rho_i - r_0, [5] \quad (46)$$

$$\Delta\rho_4 = -0,0292 \text{ мм}, \quad \Delta\rho_5 = 0,0403 \text{ мм}.$$

Величины отклонений удовлетворительные, поэтому замену искомого профиля дугой данной окружности считаем приемлемой.

Находим координаты центра заменяющей окружности в 1 системе координат:

$$x_0^1 = x_0 + x_1 = 11,3979 + 2,5406 = 13,9385 \text{ мм},$$

$$y_0^1 = y_1 + y_0 = 50,0756 - 4,3715 = 45,7041 \text{ мм}$$

3.3.3. Расчёт размеров по роликам при коррекции профиля по дуге окружности

Размеры по роликам рассчитывают для последнего базового зуба

Размеры роликов рассчитывают по формуле:

$$r_{pi} = \frac{r_1 x_i}{x_0^1 - x_i}, [5] \quad (47)$$

В дальнейшем вычислении радиус и диаметр роликов обозначаем r_p и d_p , а принимаемы размеры стандартных роликов - R_p и D_p

Для точек 4,2 и 5:

$$r_{p4} = 3,4\text{мм}; \quad d_{p4} = 6,8\text{мм}$$

$$r_{p2} = 4,45\text{мм}; \quad d_{p2} = 8,9\text{мм}$$

$$r_{p5} = 5,79\text{мм}; \quad d_{p4} = 11,58\text{мм}$$

Для измерения принимаем стандартные ролики с размерами, близкими к найденным, т.е. $D_{p4} = 7\text{мм}$, $D_{p2} = 9\text{мм}$, $D_{p5} = 12\text{мм}$

Для зуба №55

$$M_{4-55} = 112,5649 + 2 \cdot 0,003(69 - 55) = 112,5629\text{мм}$$

$$M_{2-55} = 118,493 + 2 \cdot 0,003(69 - 55) = 118,577\text{мм}$$

$$M_{5-55} = 126,483 + 2 \cdot 0,003(69 - 55) = 126,591\text{мм}$$

Необходимо проверить, не касается ли ролик наименьшего диаметра дна впадины. Проверочный расчёт производят по формуле:

$$M_i - 2D_p > D_{\text{вш}}, [5] \quad (51)$$

Для зуба №21 при ролике наименьшего диаметра ($D_{p4}=7\text{мм}$) $112,8529 - 14 = 98,8529\text{мм}$, $D_{\text{вш}} = 100\text{мм}$, следовательно, ролик будет качаться дна впадины. Для измерения этим роликом нужно сошлифовать часть его поверхности на глубину

$$K = \frac{(D_{\text{вш}} - 2C_i) - (M_i - 2D_p)}{2} + \delta, [5] \quad (52)$$

где δ - гарантированный зазор между роликом и дном впадины, принимают $\delta = 0,1 \div 0,3\text{мм}$

$$K = \frac{(100 - 2 \cdot 0,003(21 - 1)) - 98,8529}{2} + 0,2 = 0,71\text{мм}$$

Размер ролика от образующей до лыски $K_1 = 7 - 0,71 = 6,29\text{мм}$

Подъём заднего центра на длине от точки перехода переднего направления во впадину перед первым зубом до торца заднего направления:

$$L_y = L - L_1 + (t - b) - l_{\text{з.хв}} = 1060 + 340 + (7 - 3) - 125 = 599\text{мм}$$

Округляем до 600мм

Подъём заднего хвостовика С определяем по формуле

$$C = \frac{\Delta y}{1000} L_y = \frac{0,3}{1000} 600 = 0,18$$

Для контроля позиционного допуска используется специальное контрольное приспособление – калибр.

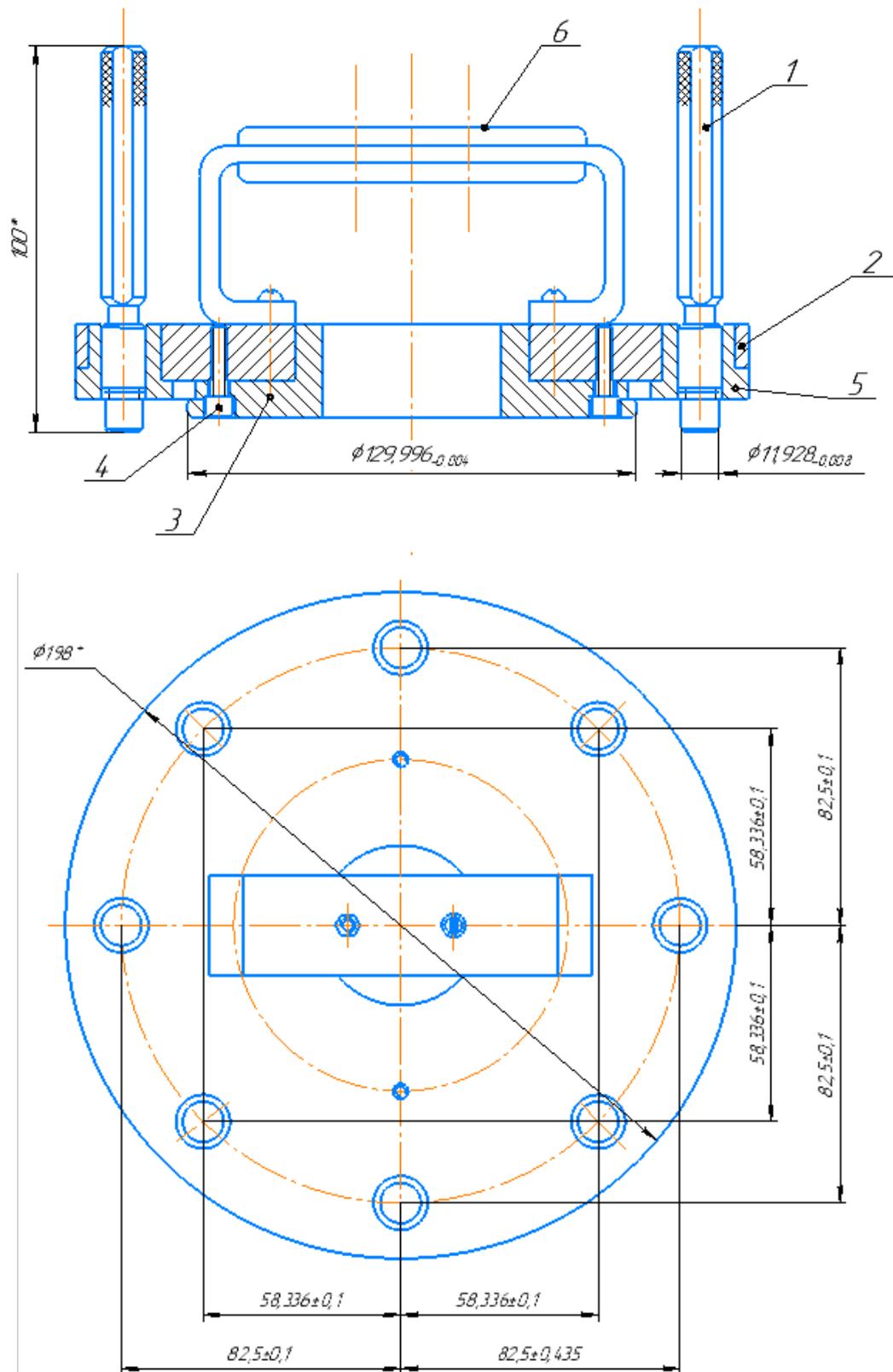


Рисунок 47- Контрольное приспособление

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.367.000

Лист

69

3.6 Выбор модели КИМ и средств оснащения

3.6.1 Выбор модели контрольно-измерительной машины

В качестве основных производителей моделей КИМ рассмотрим следующие компании: Zeiss, Wenzel, Mitutoyo, [16]. Для выбора основного оборудования КИМ возьмём по одной модели от каждого производителя с учётом размеров рабочей зоны и предельными значениями погрешностей MPE_E и MPE_P (таблица 4).

Таблица 7 – Сравнение КИМ

Модель КИМ	Рабочая зона, мм			Габариты КИМ, мм	Предельное значение погрешностей, мкм	
	X	Y	Z		MPE_E	MPE_P
Zeiss ACCURA 7/9/5	700	900	500	1725x1220x2790	1.6+L/333	1,7
Mitutoyo Crysta-Apex S776	705	705	605	1650x1430x2730	1.7+0.3L/100	1.7
Wenzel LH 1010	1000	1200	1000	3100x2275x3490	1,8+L/350	1,8

Проведём проверку обеспечения точности измерений, используя следующие лимитирующий параметр для контроля: диаметр отверстия $\varnothing 12H8^{+0.027}$

1) Zeiss ACCURA 7/9/5:

$$\Delta = \pm \left(1,6 + \frac{L}{333} \right) = \pm \left(1,6 + \frac{27}{333} \right) = \pm 1,68 \text{ мкм};$$

2) Mitutoyo Crysta-Apex S776:

$$\Delta = \pm \left(1,7 + 0,3 \frac{L}{100} \right) = \pm \left(1,7 + 0,3 \frac{27}{100} \right) = \pm 1,78 \text{ мкм};$$

4) Wenzel LH 108(1):

$$\Delta = \pm \left(1,8 + \frac{L}{350} \right) = \pm \left(1,8 + \frac{27}{350} \right) = \pm 1,88 \text{ мкм};$$

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

Zeiss ACCURA 7/9/5:

$$\frac{\Delta_1}{T} = \frac{3.36}{27} = 12.4\%;$$

Mitutoyo Crysta-Apex S776:

$$\frac{\Delta_1}{T} = \frac{3.56}{27} = 13.2\%;$$

Wenzel LH 108(1):

$$\frac{\Delta_1}{T} = \frac{3.76}{27} = 14\%;$$

Все КИМ являются пригодными для измерения выбранного параметра. Выберем КИМ Zeiss ACCURA 7/9/5.



Рисунок 48- КИМ Zeiss ACCURA 7/9/5

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.367.000

Лист

71

Достоинства Zeiss ACCURA 7/9/5:

- гранитный стол;
- жесткая и легкая конструкция портала, изготовленного из термостабильного композитного материала;
- все оси оснащены 4-сторонними воздушными подшипниками;
- полностью закрытые направляющие оси X и оси Y с приводной стороны;
- линейки из церодура с патентованной термически нейтральной технологией;
- пассивный эластомерный гаситель вибраций;
- готовая разводка кабелей для контактных и оптических датчиков.

Технические характеристики КИМ:

Рабочая зона – X – 700 мм, Y – 900 мм, Z – 500 мм;

Габариты КИМ – 1725x1220x2790;

Предельное значение погрешности – $MPE_E = 1.6+L/333$ мкм, $MPE_P = 1,7$ мкм;

Максимальная масса детали – 1200 кг;

Программное обеспечение – Holos, Gear PRO, Calypso;

Масса КИМ – 1600 кг.

3.6.2 Выбор средств оснащения

Для сбора массива координат точек на КИМ должна быть оснащена измерительной головкой (ИГ). В зависимости от конструкции ИГ может обеспечивать контактный или бесконтактный способ измерения. В соответствии с заданием необходимо выбрать контактную ИГ и комплект необходимых ИН. С данным КИМ совместима поворотное устройство RDS с измерительной головкой VAST XHT

Технические характеристики поворотной измерительной головки VAST XHT:

- угол наклона вперед-назад и угол поперечного наклона $\pm 180^\circ$;
- вращение с шагом $2,5^\circ$;

									Лист
									72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

150305.2020.367.000

- скорость сканирования -150 точек/с;
- максимальный общий вес щуповой системы – 15г.;
- минимальный диаметр сферы щупа – 0,3 мм.



Рисунок 49 – Поворотная измерительная головка VAST XHT

3.5. РАСЧЁТ СХВАТА ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА В ВЫБОР

3.5.1. Выбор промышленного робота для автоматизации смены обрабатываемых деталей.

Промышленный робот (ПР) выбираем из требований грузоподъемности и необходимой зоны обработки.

Исходя из массы детали 6,5 кг принимаем промышленный робот Kawasaki RS050N [15] грузоподъемностью до 50 кг. Основные характеристики робота:



Рисунок 47 – Промышленный робот Kawasaki RS050N

Таблица 8 – Технические характеристики робота

Специализация робота	Универсальный
Тип запястья	Классическое
Число степеней свободы	6 осей
Макс. радиус действия	2100 мм
Грузоподъемность	50 кг
Точность (повторяемость)	$\pm 0,06$ мм
Макс. скорость	13400 м/с
Вес робота	555 кг
Привод	Пневматический

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.367.000

Лист

74

3.5.2. Разработка 3d модели детали перед и после обработки на выбранных станках

Заготовкой является поковка с размерами $D=195$ мм, $L=75$ мм (рис. 50). Деталь после обработки на выбранном станке представлена на рисунке 51.

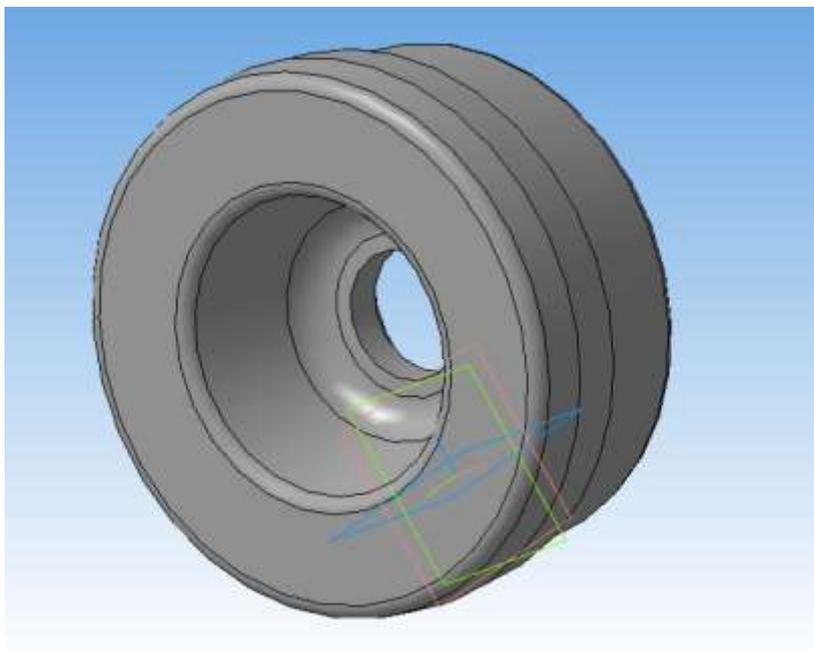


Рисунок 50 – Заготовка



Рисунок 51 – Деталь после обработки

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.367.000

Лист

75

3.5.3. Описание принципа работы, достоинства и недостатки выбранной схемы схвата.

На рисунке 52 изображена схема схвата, согласно заданию

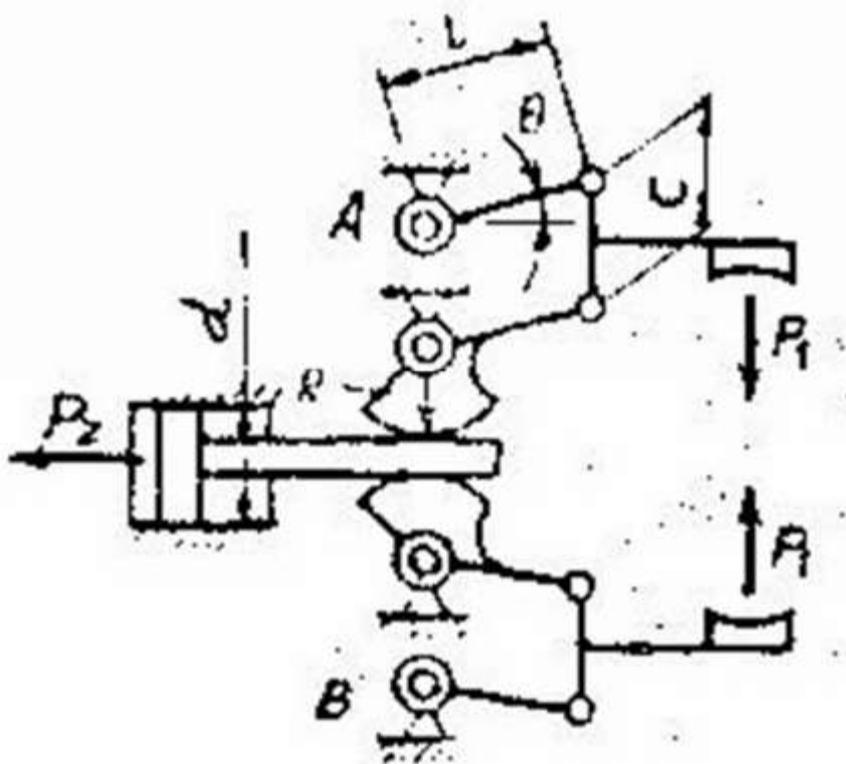


Рисунок 52 –Схема схвата

Принцип работы схвата заключается в том, что воздух подается в пневмоцилиндр, который заставляет двигаться поршень, поршень через зубчатое соединение двигает губки схвата, и они, под действием создаваемого усилия приводятся в движение и захватывают заготовку.

Для выбранного схвата подберем типовую схему схвата, по которой ведется расчет сил и размеров привода (рисунок 53).

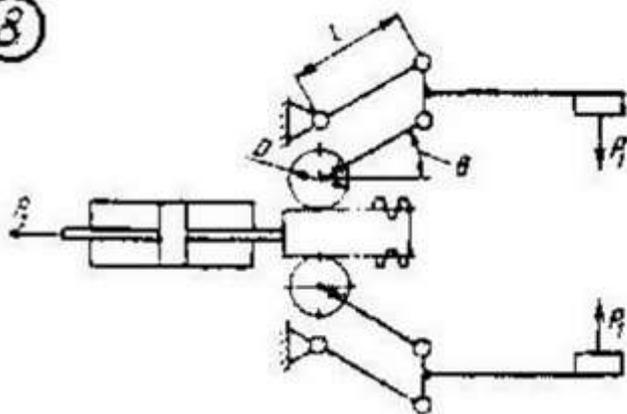
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.367.000

Лист

76

8



$$P_2 = \frac{4P_1 \cdot l \cdot \cos \theta}{D}$$

Рисунок 53 – Типовая схема схвата

Достоинства:

- 1) Точность движения губок;
- 2) Простота конструкции;
- 3) Жесткость закрепления;
- 4) Большое усилие захвата;

Недостатки:

- 1) Ограниченный диапазон схвата;
- 2) Износ работающих элементов.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.367.000

Лист

77

3.5.4. Определение диаметра приводного гидроцилиндра, модуля зубчато-реечной передачи и диаметра шарниров в опорах.

Исходные данные:

- транспортируемая деталь – круглая заготовка диаметром от 190 до 250 мм
- масса детали – 60 кг
- принятое максимальное ускорение при переносе детали, $a = 5 \text{ м/с}^2$;
- принятая схема схвата (реечно-рычажного типа) приведена на рис. 53

Данная схема реечно-рычажного типа обеспечивает поступательное перемещение губок, широкий диапазон захватываемых диаметров заготовок и точное центрирование.

Определим потребное усилие для удержания транспортируемой детали, считая что удержание детали происходит за счет сил трения.

$$P_1 = m * (g + a) * K_1 * K_2, [9] \quad (53)$$

где m – наибольшая масса детали, $m = 6,5 \text{ г}$;

g – ускорение свободного падения $g = 9,8 \text{ М/с}^2$;

a – ускорение центра масс, $a = 5 \text{ М/с}^2$;

K_1 – коэффициент, зависящий от формы губок схвата и положения детали относительно губок (рис.54)

$$K_1 = \frac{\sin\theta_1}{2 * \mu}, [9] \quad (54)$$

где θ_1 – угол 45° ;

μ – коэффициент трения, 0,15:

K_2 – коэффициент запаса, $K_2 = 1,5$.

$$P_1 = 6,5 * (9,8 + 5) * 2,3 * 1,5 = 332 \text{ Н.}$$

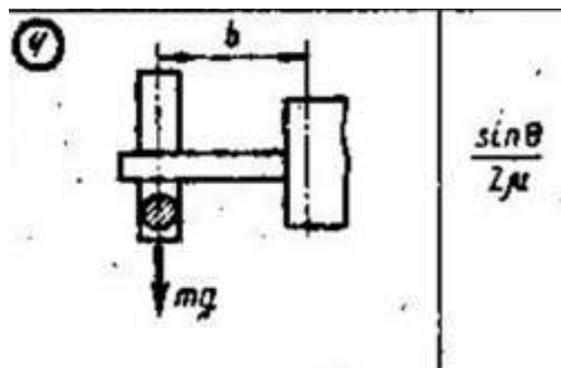


Рисунок 54 – Схема удерживания груза

Усилие привода P_2 для принятой схемы схвата .

$$P_2 = \frac{4P_1 l \cos \theta}{D} \text{ или } P_2 = \frac{2P_1 l \cos \theta}{R}, [9] \quad (55)$$

Из конструктивных соображений принимаем $l = 150$ мм.

Угол θ определим из величины максимального перемещения губок:

$$S = \frac{D_{max} - D_{min}}{2} + \Delta = \frac{255 - 190}{2} + 20 = 52,5 \text{ мм},$$

Принимаем $S = 53$ мм

D_{max} – максимальный диаметр детали, мм;

D_{min} – минимальный диаметр детали, мм;

Δ – дополнительный ход губок для выхода губок от поверхности детали,

тогда:

$$\theta = \arcsin \frac{S}{l} = \arcsin \frac{53}{150} = 20^\circ 48', [9] \quad (56)$$

Радиус зубчатого сектора R определяем из расчета зубчато-реечной передачи на выносливость по изгибу:

$$m = 14 \sqrt[3]{\frac{Y_F K_{F\beta} T}{Z^2 \Psi_{bd} \sigma_{FP}}}, [9] \quad (57)$$

где $Z = 17$ число зубьев;

$Y_F = 4,26$ – коэффициент формы зуба

$K_{F\beta} = 1,08$ – коэффициент учитывающий распределение нагрузки по ширине венца;

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

$\Psi_{вд} 0.6$ – коэффициент ширины венца;

$\sigma_{FP} = 320 \text{ МПа}$ – допускаемое напряжение при расчете на изгибную прочность (принимается сталь 40Х с закалкой ТВЧ $K_{FL} = 1$);

$T = 5000 \cdot 0,15 \text{ Нм}$ – крутящий момент, передаваемый речным колесом.

$$m = 14 \sqrt[3]{\frac{4,26 \cdot 1,08 \cdot 3000 \cdot 0,15}{17^2 \cdot 0,6 \cdot 320}} = 4,68$$

Принимаем $m = 5 \text{ мм}$. При этом радиус зубчатого сектора $R = \frac{mz}{2} = 5 \cdot \frac{17}{2} = 42,5 \text{ мм}$

Зная параметры зубчатого сектора рассчитываем требуемое усилие привода

$$P_2 = \frac{2P_1 l \cos \theta}{R}, [9] \quad (58)$$

$$P_2 = \frac{2 \cdot 332 \cdot 0,15 \cdot 0,93}{0,0425} = 2180 \text{ Н}$$

Определим необходимый диаметр гидроцилиндра привода схвата

$$d = \sqrt{\frac{4P_2}{P\pi}}, [9] \quad (59)$$

где P – давление воздуха в пневмосистеме, МПа. Принимаем $P = 0,2 \text{ Мпа}$,

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2180}{0,2 \cdot 3,14}} = 117,8.$$

Принимаем стандартное значение диаметра пневмоцилиндра $d = 120 \text{ мм}$.

Из конструктивных соображений принимаем расстояние между шарнирами в рычагах $c = 60 \text{ мм}$. Тогда усилие, действующее на шарниры:

$$F_{ш} = \frac{P_1 l}{c} = \frac{332 \cdot 0,15}{0,06} = 830 \text{ Н}, [9] \quad (60)$$

Диаметр шарниров выбираем из расчета на срез:

$$d_{ш} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{ш}}{\pi[\tau_{ср}]}}, [9] \quad (61)$$

Где $[\tau_{ср}] = 120 \text{ МПа}$ – допустимое напряжение среза для стали 45, тогда:

$$d_{\text{ш}} = \sqrt{\frac{4 * 830}{3,14 * 120}} = 2,97 \text{ мм.}$$

Принимаем $d_{\text{ш}} = 3 \text{ мм.}$

Проверим шарниры на смятие, задаваясь допускаемым напряжением на смятие для стали 45 $[\sigma_{\text{см}}] = 80 \text{ МПа:}$

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2F_{\text{ш}}}{\pi d_{\text{ш}} b}, [9] \quad (62)$$

где $b = 15 \text{ мм}$ – принятая ширина шарнира, тогда:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2 * 830}{3,14 * 3 * 15} = 11,74 \text{ МПа} < 80 \text{ МПа.}$$

В результате расчета напряжение на смятие поучилось гораздо меньше допустимого. Таким образом, для данного схвата принимаем модуль зубчато-реечной передачи $m = 5 \text{ мм}$, радиус делительной окружности $R = 42,5 \text{ мм}$, диаметр пневмоцилиндра $d = 120 \text{ мм}$, диаметр шарниров в рычагах $d_{\text{ш}} = 3 \text{ мм.}$

3.5.5. Выбор размера фланца для закрепления робота

Схват крепится к роботу при помощи фланца (рис. 53). Поскольку роботы промышленные изготавливаются по стандарту ISO9283, который в свою очередь включает ГОСТ 26063-84, то робот будет выполнен с фланцем из данного госта.

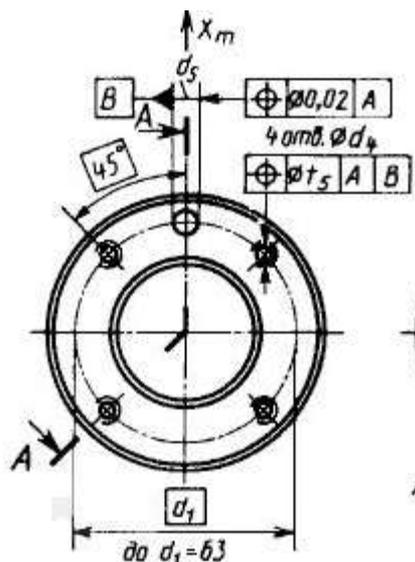


Рисунок 55– Фланец промышленного робота

Размеры фланца по ГОСТ: $d_1 = 200 \text{ мм; } d_2 = 240 \text{ мм; } d_4 = \text{M12; } d_5 = 12 \text{ мм.}$

									Лист
									81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.367.000				

3.5.6. Создание cad модели разработанной конструкции схвата

При помощи программы "PTCCreoParametric" была создана объёмная модель выбранной конструкции схвата (рисунок 56). Спецификация сборочного чертежа представлена в Приложении С

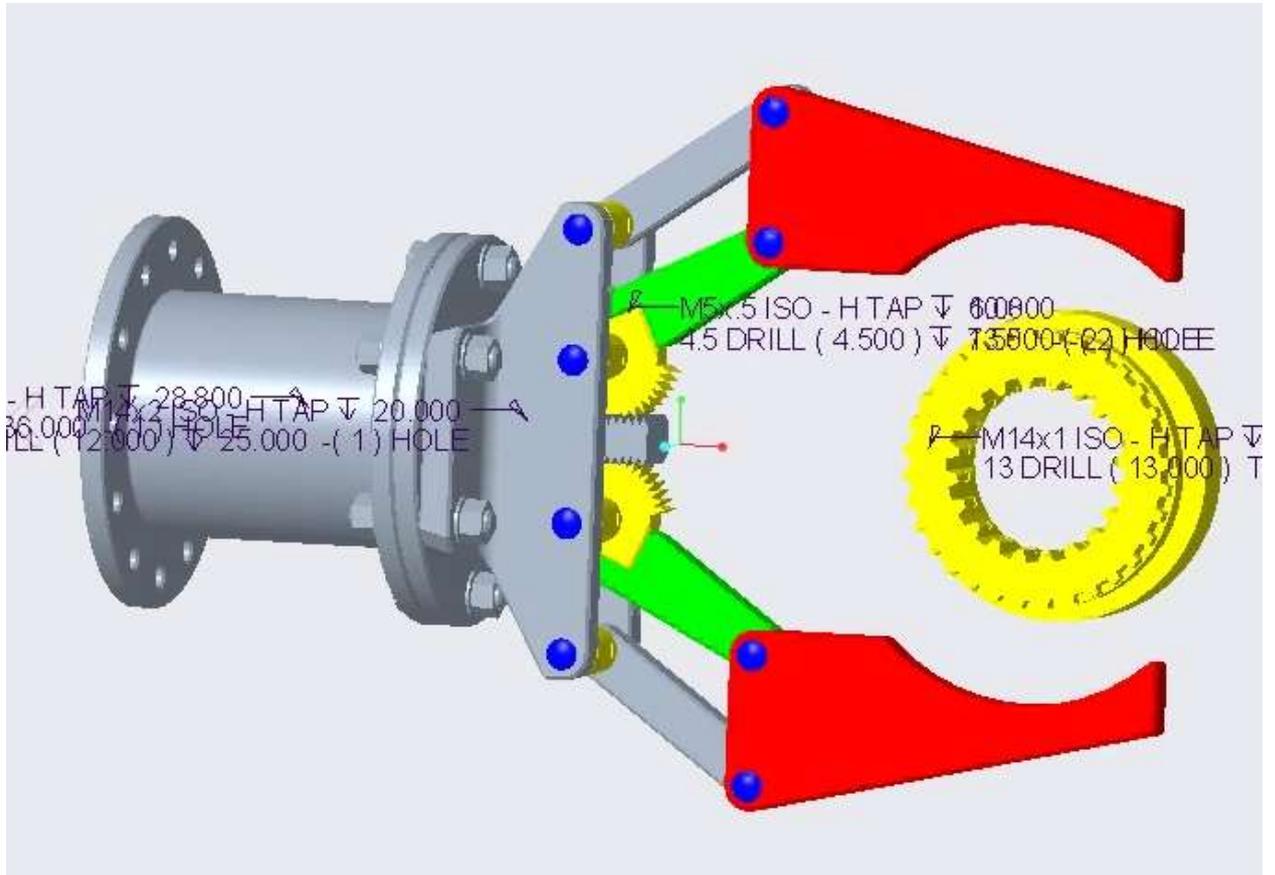


Рисунок 56 – Объёмная модель схвата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.367.000

Лист

82

4. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

4.1. Анализ возможности полной или частичной автоматизации технологического процесса обработки детали

4.1.1 Наличие в технологическом процессе слесарных, универсальных или специальных операций

В технологическом процессе присутствуют слесарные операции для зачистки заусенцев и для вворачивания болтов. Эти операции являются ручными. Также имеется транспортирование заготовок на электрокаре. Эти операции - полуавтоматические.

Слесарную операцию можно сделать полуавтоматической, для этого нужен специальный автоматизированный верстак.

4.1.2. Возможность встраивания основного оборудования в ГПС

Для данного оборудования в действующем технологическом процессе возможность встраивания основного оборудования может быть осуществлена если модернизировать имеющиеся станки добавив к ним функции: систему автоматической уборки отходов из рабочей зоны станка; систему автоматизированного открывания-закрывания дверей станка; встраивание специальных датчиков для наладки и диагностики работы оборудования, режущего инструмента.

4.1.3. Концентрация переходов на операциях механической обработки

В данном технологическом процессе имеется концентрации технологических переходов на токарных операциях. Для меньшего числа операций и для сокращения времени изготовления следует уменьшить число токарных операций.

4.1.4. Габаритные размеры детали

Заготовка имеет размеры 75x195 мм. Для детали с такими габаритами можно подобрать стандартного робота.

4.1.5. Наличие поверхностей для захвата

Деталь имеет поверхность для захвата вспомогательного оборудования для перемещения и установки детали в станок.

										Лист
										83
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.367.000					

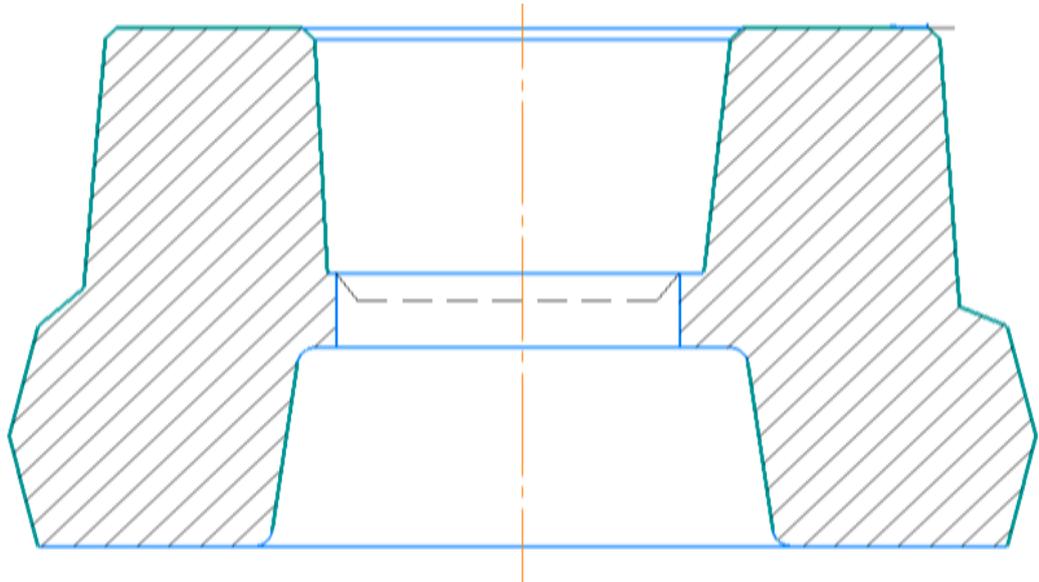


Рисунок 57 – Поверхности захвата на заготовке

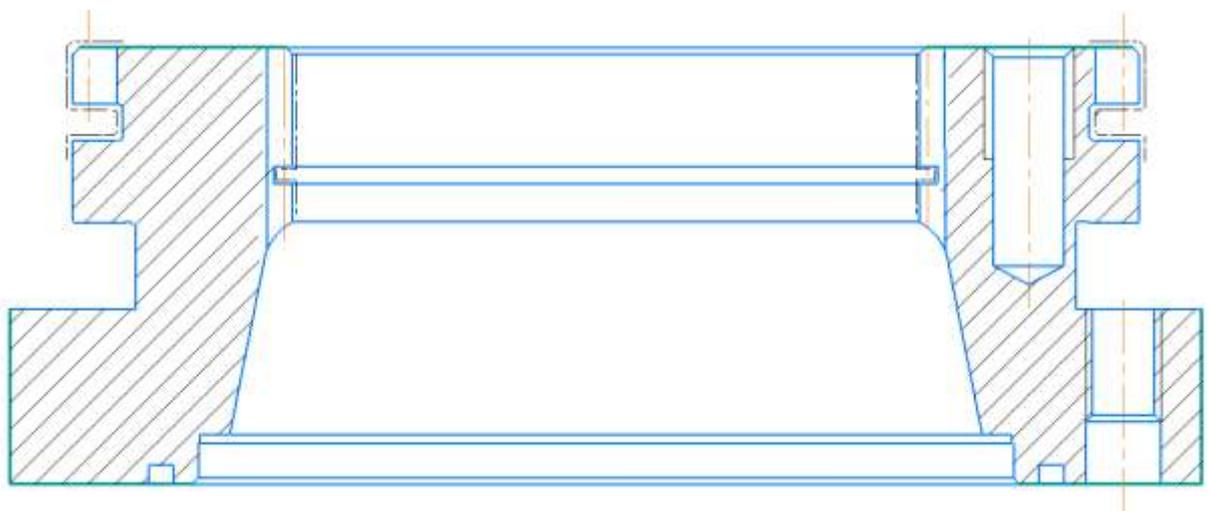


Рисунок 58 – Поверхности захвата на детали

4.2. Группирование деталей, подлежащих изготовлению на гибком производственном участке

Для создания типового или группового технологического процесса необходимо классифицировать детали, подлежащие обработке. Классификация деталей проводится в два этапа. Первый этап – первичная классификация – разделение деталей по конструктивно-технологическим признакам:

- Габаритные размеры $\varnothing 190 \times 7 \text{ мм}$
- Материал – сталь конструкционная легированная 40ХС
- Вид заготовки – поковка

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.367.000

Лист

84

- Метод получения заготовки – горячая объёмная штамповка
- Вид обработки: точение, сверление, зенкерование, нарезание резьбы, протягивание и фрезерование
- Наименьшая шероховатость Ra 2,5 мкм
- Масса 6,5 кг

Второй этап – вторичная классификация – группирование деталей с одинаковыми или несущественно отличающимися признаками классификации:

- Детали - тела вращения с элементами зубчатого зацепления; трубы, шланги, проволочки, разрезные, сектора, сегменты; изогнутые из листов, полос и лент; аэрогидродинамические; корпусные, опорные; емкостные; подшипников–72;
- С элементами зубчатого зацепления цилиндрические – 721
- Одновенцовые с внутренними зубьями, втулки и обоймы зубчатых муфт –7215
- Секторы, сегменты зубчатые с внутр. зубьями–72153
- С модулем св.1,0 мм 721533

										Лист
										85
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.367.000					

4.3. Отработка конструкции детали на технологичность

В соответствии с ГОСТ 14.205-83 отработкой конструкции изделия на технологичность называют часть работ по обеспечению технологичности, направленная на достижения заданного уровня технологичности, выполняемая на всех этапах разработки изделия. Технологичным называют конструкцию изделия, когда совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, техническом обслуживании и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ.

Таблица 9 – Качественная оценка технологичности детали

№ п.п.	Критерий оценки	Значение/показатель	Характеристика оценки
1	Унифицированность элементов форм детали	Деталь унифицирована, так как все элементы детали стандартны	Технологично
2	Простота форм детали	Деталь имеет сложную форму так как есть шлицевые поверхности	Нетехнологично
3	Возможность обработки детали за 1 установ	За 1 установ на первой операции можно обработать 11 поверхностей из 25, за второй установ 13 из 25, на второй операции – 1.	Нетехнологично
4	Доступность поверхностей детали для обработки	Сложно доступных поверхностей нет	Технологично
5	Наличие труднообрабатываемых поверхностей	Труднообрабатываемых поверхностей нет	Технологично

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.367.000

Лист

86

6	Возможность совмещения конструкторских и технологических баз	Все базы можно совместить	Технологично
7	Обеспечение конструкцией детали нормальный подвод и отвод режущего инструмента	Да	Технологично
8	Возможность достижения наиболее точных размеров детали на основном оборудовании	На основном оборудовании можно достигнуть наиболее точных размеров $\phi 12H8, \phi 130H9$	Технологично
9	Возможность достижения минимальной заданной шероховатости поверхности детали на основном оборудовании	Минимальная шероховатость Ra 2.5 мкм, достигается на основном оборудовании	Технологично
10	Высокая обрабатываемость основного материала	Материал 40ХС обрабатывается хорошо	Технологично
11	Возможность обработки детали универсальным режущим инструментом	Для обработки шлицов применяется специальный инструмент – внутренние шлицы обрабатываются эвольвентой протяжкой.	Нетехнологичная
12	Минимальная номенклатура режущего инструмента необходимая для обработки всех поверхностей детали	Да	Технологично

13	Наибольший коэффициент использования материала	КИМ=0,6 В серийном производстве значение КИМ составляет 0,7...0,75	Нетехнологично
14	Наличие поверхностей для захвата детали промышленным роботом и базирования на промежуточных накопителях и в основном оборудовании	Да	Технологично

Анализ показал, что деталь нетехнологична по следующим показателям: форма детали, коэффициент использования материала, специальный инструмент, по остальным параметрам деталь технологична. Исходя из этого процесс обработки детали можно сделать автоматизированным.

4.4. Определение состава и числа оборудования станочного комплекса гпс

Выбор вида станков, их специализации по числу управляемых координат и определение их количества в составе ГПС по выпуску деталей заданной номенклатуры осуществляются на основе разработанных технологических процессов на типовые детали по следующей формуле:

$$K = \frac{C_{cp}}{T_{cp}}, [1] \quad (63)$$

где C_{cp} – средняя станкоемкость (показатель затрат времени работы оборудования на производство определенного объема продукции), приходящаяся на каждый станок, мин; T_{cp} – средний такт выпуска деталей, мин; K – число станков по виду оборудования.

Расчёт оперативного времени на сверлильной операции:

$$t_{o_i} + t_{y_i} = 1,5 \text{ мин}$$

$$t_{M-B_i} = 1,2 + 1,2 + 1,2 = 3,6 \text{ мин}$$

$$t_{оп1}^2 = 1,5 + 3,6 = 5,1 \text{ мин}$$

$$t_{o_i} + t_{y_i} = 0,9 \text{ мин}$$

$$t_{M-B_i} = 2,4 + 2,4 + 2,4 + 2,4 + 2,4 + 2,4 = 14,4 \text{ мин}$$

$$t_{оп2}^2 = 0,9 + 14,4 = 15,3 \text{ мин}$$

$$C_2 = 5,1 + 14,4 = 19,5$$

Расчёт оперативного времени на протяжной операции:

$$t_{оп}^3 = 0,25 + 1,9 = 2,15 \text{ мин}$$

$$C_3 = 2,15 \text{ мин}$$

Расчёт оперативного времени на зубодолбежной операции:

$$t_{оп}^4 = 0,7 \text{ мин}$$

$$C_4 = 0,7 \text{ мин}$$

Средняя станкоёмкость:

$$C_{ср} = \frac{22,5 + 19,5 + 2,15 + 0,7}{4} = 11,2125 \text{ мин}$$

Средний такт выпуска деталей:

$$T_{ср} = \frac{60 \Phi_0 K_{исп}}{N_{год}}, [1] \quad (67)$$

где Φ_0 – годовой фонд времени оборудования, ч ($\Phi_0 = 4025$ ч при двухсменном режиме работы оборудования); $K_{исп}$ – коэффициент использования оборудования по машинному времени ($K_{исп} = 0,85$); $N_{год}$ – годовая программа выпуска деталей, шт

$$N_{год} = 4500 \text{ шт}$$

$$T_{ср} = \frac{60 * 4025 * 0,85}{4500} = 46$$

$$K = \frac{11,2125}{46} = 0,25 \approx 1 \text{ станок}$$

4.5. Определение структуры и состава автоматизированной транспортно-складской системы гпс

4.5.1. Определение характеристик стеллажа-накопителя

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

$$K_{\text{наим}} = \frac{60\Phi_{\text{ст}}n_{\text{ст}}}{t_{\text{об}}N}, \text{ шт, [1]} \quad (68)$$

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

$$K_{\text{наим}} = \frac{60 \cdot 305 \cdot 2}{17 \cdot 375} = 5,7 \approx 6 \text{ шт}$$

С добавлением 10 % количество ячеек в стеллаже составляет 153 шт.

4.5.2. Расчет числа позиций загрузки и разгрузки

Расчет необходимого числа позиций загрузки и разгрузки производят по формуле:

$$n_{\text{поз}} = \frac{t \cdot K_{\text{дет}}}{\Phi_{\text{поз}} 60}, [1] \quad (69)$$

где t – средняя трудоёмкость операций на позиции (только загрузки или разгрузки, если операции разделены, и суммарная, если обе операции выполняются на одной позиции), мин; $K_{\text{дет}}$ – число деталиустановок, проходящих через позицию в течение месяца, шт.; $\Phi_{\text{поз}}$ – месячный фонд времени работы позиции, ч

$$K_{\text{дет}} = K_{\text{наим}} \cdot N, \text{ шт, [1]} \quad (70)$$

где N – средняя месячная программа выпуска деталей одного наименования $K_{\text{наим}}$, шт.

$$K_{\text{дет}} = 6 \text{ шт} \cdot 375 = 2250 \text{ шт}$$

Для расчетов можно использовать следующие значения трудоёмкостей операций по загрузке (t_3) и разгрузке (t_p) деталей: $t_3 = 5$ мин; $t_p = 3$ мин.

									Лист
									91
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

150305.2020.367.000

$$n_{\text{поз}} = \frac{8 \cdot 2250}{305 \cdot 60} = 0.98 \text{ шт} \approx 1 \text{ шт}$$

4.5.3. Расчет числа позиций контроля

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

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{t_{\text{к}} \cdot K_{\text{дет.к}}}{\Phi_{\text{поз}} 60} \text{ шт}, [1] \quad (71)$$

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

$$K_{\text{дет.к}} = \frac{K_{\text{дет}}}{n}, \text{ шт}, [1] \quad (72)$$

где дет К – число деталиустановок, обрабатываемых на комплексе за месяц, шт.; n – число деталиустановок, через которое деталь выводится на контроль, шт.

$$n = \frac{n_1}{k_1 k_2}, [1] \quad (73)$$

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).

$$n = \frac{6}{1.15 \cdot 1.05} = 4.9$$

в среднем через каждые 5 деталиустановок осуществляется вывод детали на контроль.

$$t_{\text{к}} = t_{\text{к1}} + t_{\text{к2}} + \dots + t_{\text{ки}}, [1] \quad (74)$$

где $t_{\text{к1}}, t_{\text{к2}}, \dots, t_{\text{ки}}$ – соответственно время контроля поверхностей детали после обработки на 1, 2 и т.д. i -м станках ГПС.

$$t_{\text{к}} = 40 \text{ мин}$$

$$K_{\text{дет.к}} = \frac{2250}{5} = 500 \text{ шт}$$

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{40 \cdot 500}{305 \cdot 60} = 1,1 \text{ шт}$$

4.5.4. Проектирование предварительной компоновочной схемы ГПС

Для дальнейшего определения числа подвижных транспортных механизмов АТСС, расчета времени перемещения заготовок, а также 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 предварительной компоновочной схемы ГПС представлен на рисунке 59.

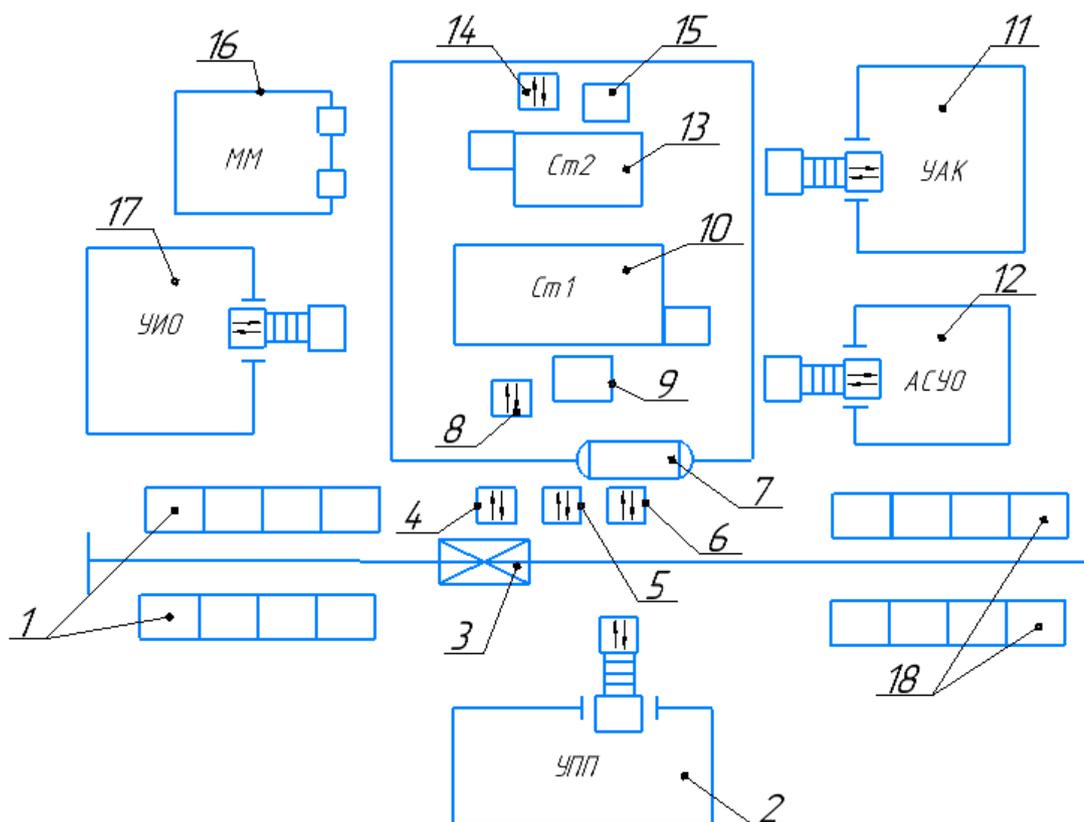


Рисунок 59 – Предварительная компоновочная схема ГПС (вариант 1)

Структурная схема включает в себя:

1 – склад заготовок;

2 – Участок подготовки инструмента;

4, 5, 6, 8, 14 – приемно-раздаточный стол (накопитель);

- 9,15 – промышленный робот;
 7 – робокар;
 3 – кран штабелер;
 10 – токарно-фрезерный станок для комплексной 6-сторонней обработки – СТХ gamma 1250 TC;
 11 – участок автоматического контроля ;
 12 – автоматическая система уборки отходов
 13 – полуавтомат протяжной горизонтальный 7A523;
 16 – моечная машина;
 17 – участок инструментального обеспечения;
 18 – склад готовой продукции.

Для выявления всех суммарных перемещений была составлена матрица ориентировочных перемещений подвижных механизмов АТСС (таблица 10), для первого варианта компоновочной схемы ГПС.

Таблица 10 – Матрица перемещений подвижных механизмов АТСС

Оборудование к которому движется транспортное средство	Оборудование от которого движется транспортное средство								
	Накопитель 4	Накопитель 8	Ст1	ММ	Накопитель 14	Ст2	УАК	Накопитель 6	Склад деталей
	Расстояние, пройденное транспортным средством, м								
Склад заготовок	5	–	–	–	–	–	–	–	–
Накопитель 4	–	3	–	–	–	–	–	–	–
Накопитель 8	–	–	2	10	–	–	–	–	–
Ст1	–	2	–	–	–	–	–	–	–
ММ	–	–	–	–	3,5	–	–	–	–
Накопитель 14	–	–	–	–	–	2	5,5	–	–
Ст2	–	–	–	–	2	–	–	–	–
УАК	–	–	–	–	–	–	–	12	–
Накопитель 6	–	–	–	–	–	–	–	–	5

Суммарное перемещение при такой компоновки ГПС равно 57 м

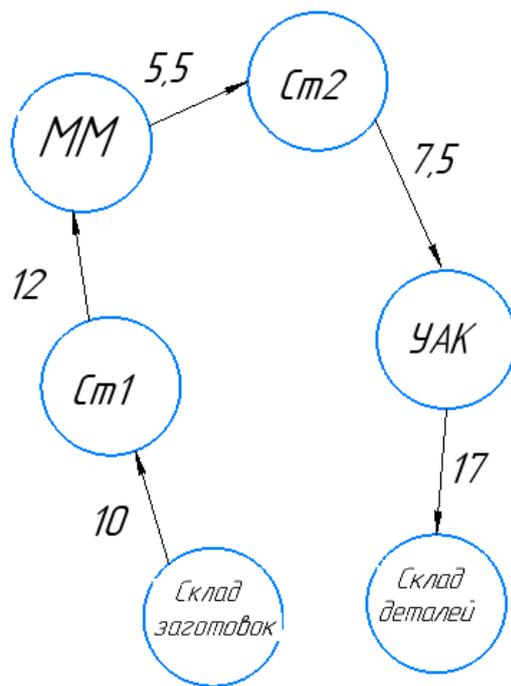


Рисунок 60 – Граф перемещений транспортного механизма

Второй вариант предварительной компоновочной схемы ГПС представлен на рисунке 61

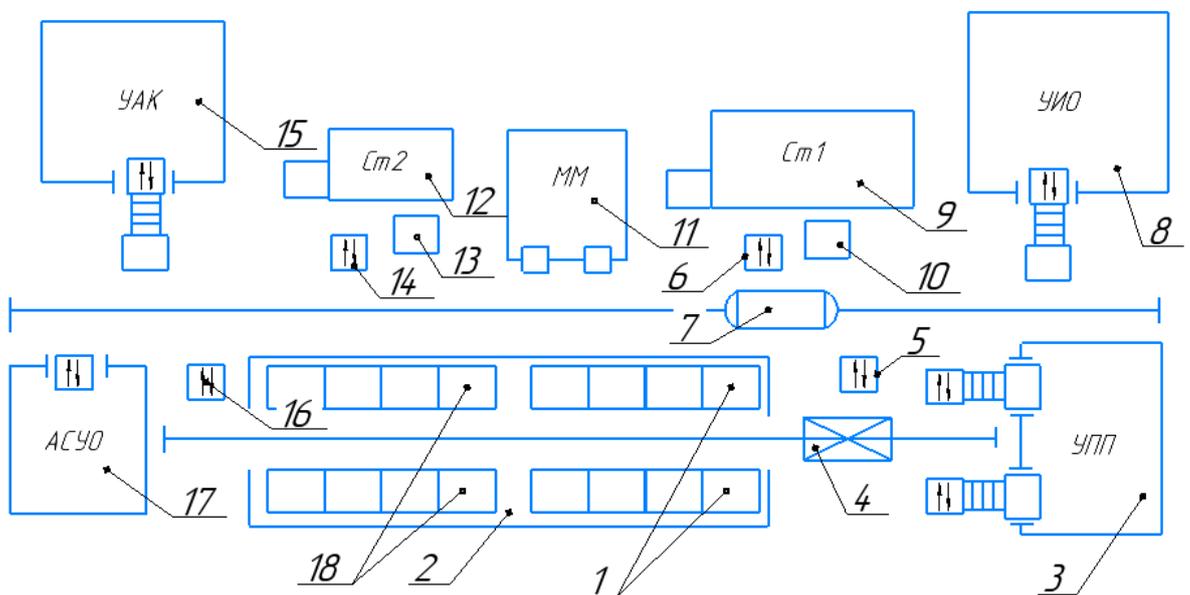


Рисунок 61 – Предварительная компоновочная схема ГПС (вариант 2)

Структурная схема включает в себя:

- 1–стеллажи заготовок;
- 2–склад заготовок и деталей
- 2 – участок подготовки инструмента;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.367.000

Лист

95

- 4 – кран штабелер;
- 5,6,14,16 – приемно-раздаточный стол (накопитель);
- 7 – робокар;
- 8 – участок инструментального обеспечения;
- 9 – токарно-фрезерный станок для комплексной 6-сторонней обработки – СТХ gamma 1250 TC;
- 10,13 – промышленный робот;
- 11 – машина моечная;
- 12 – полуавтомат протяжной горизонтальный
- 15 – участок автоматического контроля;
- 17 – 7A523 автоматическая система уборки отходов;
- 18 – склад готовой продукции.

Таблица 11 – Матрица перемещений подвижных механизмов АТСС

Оборудование к которому движется транспортное средство	Оборудование от которого движется транспортное средство								
	Накопитель 5	Накопитель 6	Ст1	ММ	Накопитель 14	Ст2	УАК	Накопитель 16	Склад заг и дет
	Расстояние, пройденное транспортным средством, м								
Склад заготовок и деталей	4	–	–	–	–	–	–	–	–
Накопитель 5	–	3,5	–	–	–	–	–	–	–
Накопитель 6	–	–	2	4,5	–	–	–	–	–
Ст1	–	2	–	–	–	–	–	–	–
ММ	–	–	–	–	4,5	–	–	–	–
Накопитель 14	–	–	–	–	–	2	4	–	–
Ст2	–	–	–	–	2	–	–	–	–
УАК	–	–	–	–	–	–	–	2,5	–
Накопитель 16	–	–	–	–	–	–	–	–	4

Суммарное перемещение при такой компоновки ГПС равно 35 м

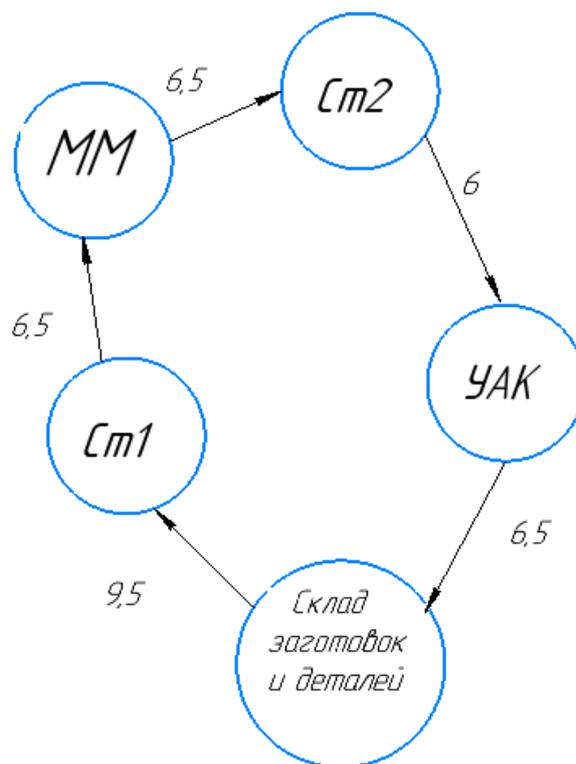


Рисунок 62 – Граф перемещений транспортного механизма

. Анализ матриц и графов перемещений для рассматриваемых вариантов компоновок ГПС показал, что суммарное перемещение транспортного механизма в первой схеме расположения станков составляет 57 м, во второй схеме расположения станков – 35 м. Таким образом, вариант второй схемы расположения станков является наиболее предпочтительным.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.367.000

Лист

97

4.5.5. Определение числа подвижных транспортных механизмов АТСС

Расчет количества транспортных механизмов, расположенных со стороны станков

Суммарное время $T_{\text{обсл}}$ работы штабелера со стороны станков рассчитывается:

$$T_{\text{обсл}} = \frac{K_{\text{стел-ст}} \cdot t_{\text{стел-ст}} + K_{\text{ст-ст}} \cdot t_{\text{ст-ст}}}{60}, [1] \quad (75)$$

где $K_{\text{стел-ст}}$ – число перемещений между стеллажом и станками; $K_{\text{ст-ст}}$ – число перемещений между станками; $t_{\text{стел-ст}}$ – среднее время, затрачиваемое на передачу спутника со стеллажа на станок и обратно, мин; $t_{\text{ст-ст}}$ – среднее время, затрачиваемое на передачу спутника со станка на станок, мин. Время выполнения транспортным механизмом одной передачи равно:

$$t_{\text{стел-ст}} = t_{\text{ст-ст}} = t_1 + t_2, [1] \quad (76)$$

где t_1 – время подход и взятие спутника, мин; t_2 – время затрачиваемое на подход и установку спутника, мин.

$$t_1 = t_k + t_{\text{под}} + t_{\text{в.с}}, [1] \quad (77)$$

$$t_2 = t_k + t_{\text{под}} + t_{\text{п.с}}, [1] \quad (78)$$

где t_k – время расчета и передачи команды от системы управления устройству ЧПУ транспортного механизма, мин; $t_{\text{под}}$ – время подхода транспортного механизма к заданной точке, мин; $t_{\text{в.с}}$ – время работы цикловой автоматики по выполнению команды о взятии спутника, мин; $t_{\text{п.с}}$ – время работы цикловой автоматики по выполнению команды о установке спутника, 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 транспортного механизма к заданной точке:

$$t_{\text{под}} = \frac{L_x}{V_x} + \frac{L_y}{V_y}, [1] \quad (79)$$

где L_x и L_y – соответственно длина перемещения транспортного механизма по осям X и Y, м; V_x и V_y – соответственно скорость перемещения транспортного механизма по осям X и Y, м/мин. Для расчетов можно принимать:

$V_x = 60$ м/мин; $V_y = 6$ м/мин. Рассчитав суммарное время обслуживания станков, можно определим число транспортных механизмов для выполнения этой работы:

$$t_{\text{под}} = \frac{15}{60} + \frac{1,2}{6} = 0,45 \text{ мин}$$

$$t_1 = t_1 = 5,5 + 0,45 + 0,15 = 6,1 \text{ мин}$$

$$t_{\text{стел-ст}} = t_{\text{ст-ст}} = 12,2 \text{ мин}$$

$$T_{\text{обсл}} = \frac{2 \cdot 12,2 + 1 \cdot 12,2}{60} = 0,61 \text{ мин}$$

$$K_{\text{ТМ1}} = \frac{T_{\text{обсл}}}{\Phi_{\text{ТМ}} 60}, [1] \quad (80)$$

где $\Phi_{\text{ТМ}}$ – фонд работы транспортного механизма, ч.

$$K_{\text{ТМ1}} = \frac{0,61}{0,3 \cdot 60} = 0,03$$

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

4.6. Определение вспомогательных систем и участков, необходимых для функционирования гпс

Для функционирования производства в малолюдном или безлюдном режиме в структуру ГПС должны быть встроены следующие вспомогательные системы и участки:

– автоматизированная транспортно-складская система (АТСС). АТСС представляет собой комплекс устройств для размещения, хранения, транспортирования, погрузки и разгрузки, технологической оснастки и т.п.

В нашем случае функции АТСС выполняет замкнутая транспортная трасса, который осуществляет перемещение детали по цеху и складу;

– автоматизированная система уборки отходов (АСУО). АСУО служит для удаления стружки от основного оборудования и из ГПС, а также брикетирования стружки;

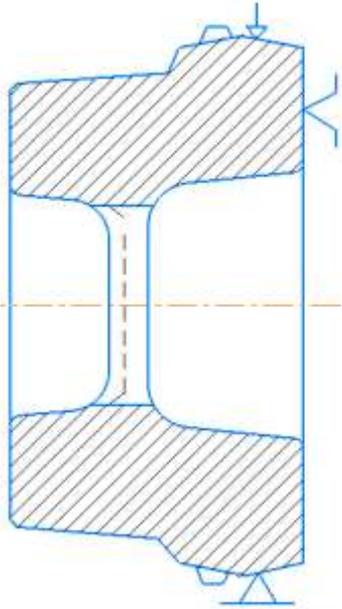
– автоматизированная система инструментального обеспечения (АСИО). АСИО служит для настройки, сборки, хранения, очищения, восстановления, а также контроля режущего инструмента. АСИО может быть включена в состав ГПС или функционировать отдельно в инструментальном цехе;

– система автоматизированного контроля (САК). САК необходима для проведения входного, межоперационного и окончательного контроля размерно-геометрических параметров заготовок, полуфабрикатов и деталей. Окончательный контроль детали осуществляется на контрольно-измерительной машине.

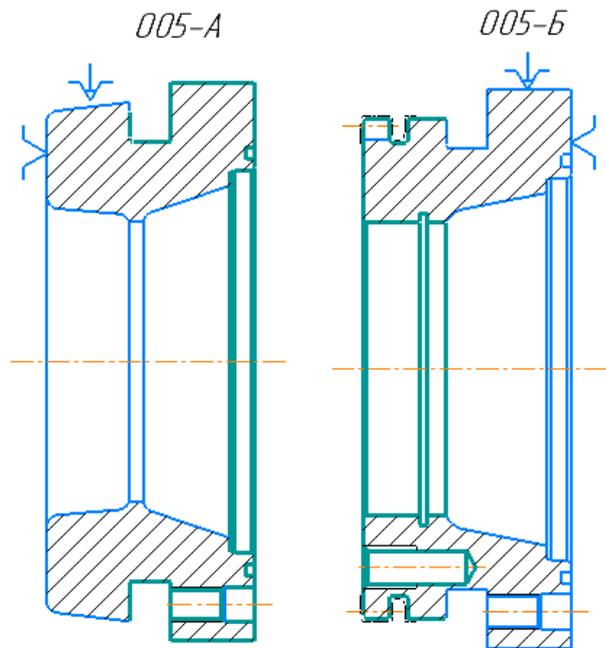
										Лист
										100
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.367.000					

4.7. Определение схем базирования заготовки, полуфабриката, готовой детали в промышленном роботе, станке, промежуточном накопителе.

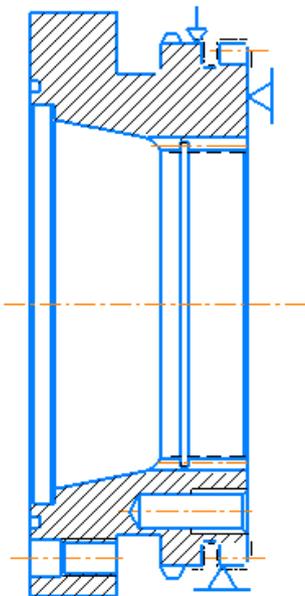
005 Комплексная с ЧПУ базирование в роботе



005 комплексная с ЧПУ базирование в станке



010 Протяжная базирование в роботе



010 Протяжная базирование в станке

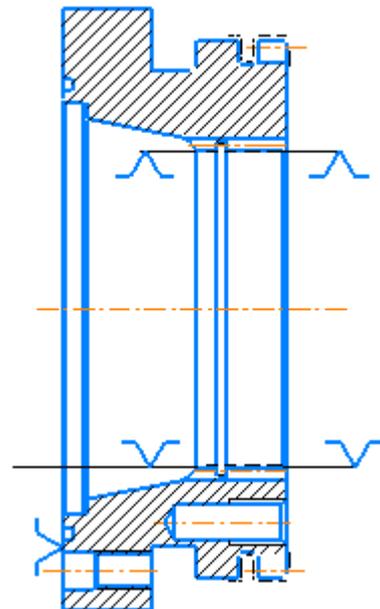


Рисунок 63 – Схемы базирования заготовки в роботе и станке

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.367.000

Лист

101

4.8. Анализ установочных размерных связей

При базировании заготовки роботом может возникнуть погрешность установки заготовки в патроне A_{Δ} и погрешность соосности оси детали и оси патрона, которые представлены на рисунке 64.

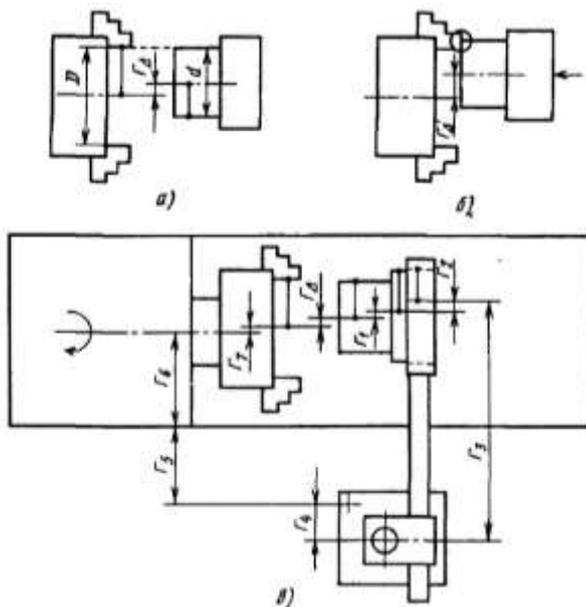


Рисунок 64 – Погрешность установки и соосность

Из схемы видно, что несоосность заготовки и патрона не должна превышать значения:

$$A_{\Delta max} = \frac{1}{2} \cdot (d - D), [1] \quad (81)$$

где D – диаметр раскрытых кулачков патрона, d – диаметр устанавливаемой заготовки.

$$A_{\Delta max} = \frac{1}{2} \cdot (195 - 198) = \pm 1.5 \text{ мм.}$$

$$A_{\Delta} = 0; T_{\Delta} = 3 \text{ мм.}$$

Таким образом, все остальные погрешности будем сравнивать с полем допуска $T_{\Delta}=3$ мм – диапазон раскрытия современных пневматических патронов.

Значение A_{Δ} можно записать в виде $A_{\Delta}=0\pm 1,5$ мм.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.367.000

Лист

102

Кулачки, сдвигающиеся к оси патрона, при наличии отклонения от соосности будут стремиться переместить заготовку в новое положение. Заготовка же пока еще закреплена на захватах робота. Следовательно, возникнут силы при передаче заготовки от робота в патрон. Сила может быть определена по формуле:

$$P = j \cdot A_{\Delta}, [1] \quad (82)$$

где j – жесткость системы робот – заготовка – патрон, $j = 500$ Н/мм.

В данном случае для установки корпуса с диаметром захвата 190 мм и длиной 70 мм необходимо, чтобы $P < 100$ Н, тогда допустимое отклонение от соосности:

$$A'_{\Delta max} = \frac{P}{j} = \frac{100}{500} = 0,2 \text{ мм}, [1] \quad (83)$$

При автоматической работе РТК необходимо обеспечить, чтобы каждую заготовку робот устанавливал в патрон станка без поднастройки и регулировки, поэтому соосность A_{Δ} нужно обеспечивать по методу полной взаимозаменяемости. При полной взаимозаменяемости допуск замыкающего звена должен быть равен сумме полей допусков звеньев составляющих:

$$T_{\Delta} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7,$$

где T_1 – T_7 – Δ допуски размеров A соответствующего номера.

Рассмотрим допуски составляющих размеров:

- Точность позиционирования робота – 1 мм;
- Точность центрирования кулачков – 0,1 мм;
- Точность позиционирования станка – 0,1 мм;
- Точность позиционирования промышленного робота – 0,06 мм.

Складывая данные погрешности сравним их с погрешностью, полученной ранее $T_{\Delta} = 3$ мм.

Погрешность:

$$T_{\Delta \text{общая}} = 1 + 0,1 + 0,1 + 0,06 = 1,26 \text{ мм};$$

$$T_{\Delta \text{уст}} \geq T_{\Delta \text{общая}} ;$$

$$3 \text{ мм} \geq 1,26 \text{ мм}.$$

Условие выполняется, это значит, что заготовка установится в патрон станка без необходимости в подналадках.

4.9. Разработка структурной схемы ГПС

Окончательный вариант планировки ГПС представлен на рисунке 65.

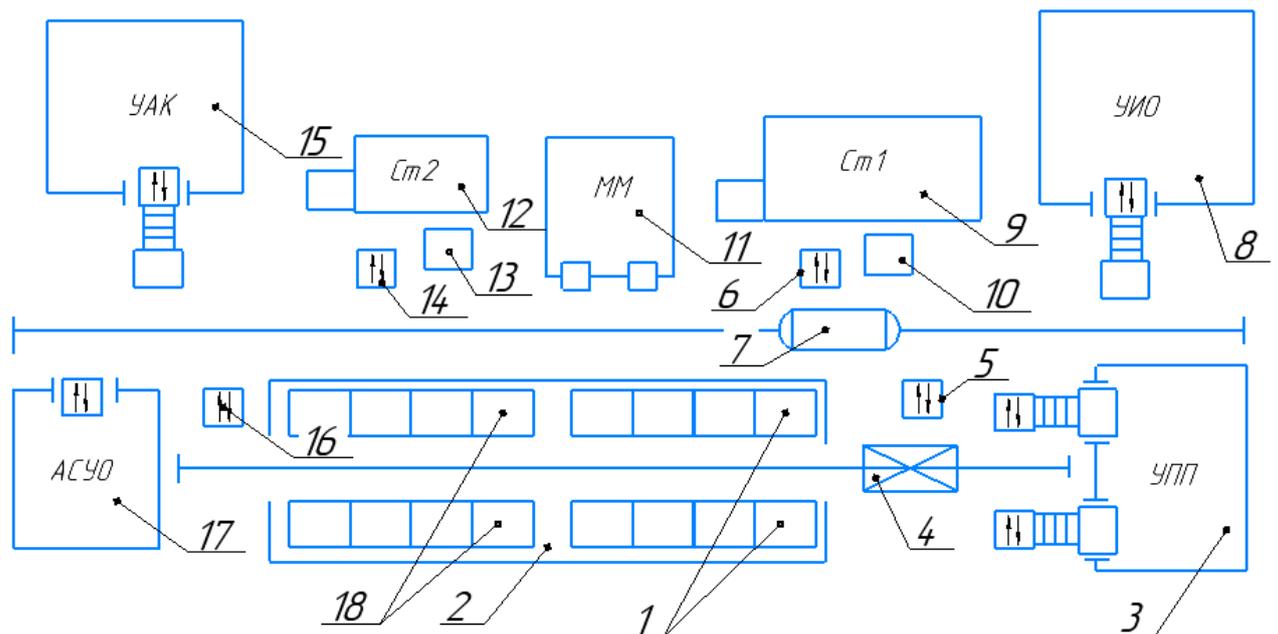


Рисунок 65 – Окончательный вариант планировки ГПС

1–стеллажи заготовок; 2–склад заготовок и деталей; 2 – участок подготовки инструмента; 4 – кран штабелер; 5,6,14,16 – приемно-раздаточный стол (накопитель); 7– робокар; 8 – участок инструментального обеспечения; 9 – токарно-фрезерный станок для комплексной 6-сторонней обработки – СТХ gamma 1250 TC;10,13 –промышленный робот; 11 – машина моечная; 12 – полуавтомат протяжной горизонтальный; 15 – участок автоматического контроля; 17 – 7А523 автоматическая система уборки отходов; 18 – стеллажи готовой продукции.

На данной схеме показано перемещение заготовок со склада 2 краном – штабелером на накопитель 5 затем на робокар 7. Робокар перемещает заготовку на приемно-раздаточный стол 6, робот манипулятор 10 устанавливает заготовку на станок 9, после обработки снимает ее со станка и ставит на приемно-раздаточный стол 6, далее робокар отправляет заготовку в моечную машину 11, робокар перемещает заготовку на приемно-раздаточный стол 14, манипулятор 13 берет заготовку, устанавливает ее на станок 12, после

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.367.000

Лист

104

обработки снимает ее и ставит на приемо-раздаточный стол 14. После этого
роботар транспортирует деталь на участок автоматизированного контроля 17.
Далее роботар перемещает деталь на склад готовой продукции 2 стеллажи
готовой продукции 18.

					150305.2020.367.000	Лист
						105
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ

Для спроектированного варианта технологического процесса разработана планировка участка механической обработки, представленная на чертеже. Участок механической обработки включает в себя оборудование, необходимое для механической обработки детали, моечную и контрольноизмерительную машины, а также автоматизированную транспортно-складскую систему, 2 склада (склад заготовок и склад готовой продукции) и участки для подготовки производства.

					150305.2020.367.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		106

6. БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ

6.1 Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда

На всех предприятиях, в учреждениях, организациях создаются безопасные и безвредные условия труда. Обеспечение безопасных и безвредных условий труда возлагается на собственника или уполномоченный им орган.

Условия труда на рабочем месте, безопасность технологических процессов, машин, механизмов, оборудования и других средств производства, состояние средств коллективной и индивидуальной защиты, используемых работником, а также санитарно-бытовые условия должны отвечать требованиям нормативных актов об охране труда

На всех предприятиях должен обязательно проводиться инструктаж и обучение работников правилам безопасных приемов и методов работы. За обеспечение безопасных условий труда несет ответственность инженерная служба техники безопасности, которая непосредственно подчинена руководителю предприятия и главному инженеру. В ее состав входят инженеры по технике безопасности или отдела (группы) по технике безопасности.

Инженерам службы охраны труда предоставлено право давать предписания руководителям устранять имеющиеся недостатки и нарушения правил и норм; запрещать производство работ при обнаружении опасных условий; требовать от руководителей работ своевременного расследования несчастного случая; вносить предложения о поощрении или наказании работников. Отменять указания инженера по охране труда имеет право главный инженер или начальник управления в письменной форме.

На работников службы возлагаются следующие обязанности:

- координация деятельности структурных подразделений по вопросам безопасности труда;
- контроль за созданием безопасных и безвредных условий труда, за соблюдением действующего законодательства, правил и норм, приказов,

										Лист
										107
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.367.000					

инструкций, указаний и предписаний органов государственного надзора, а также за правильным освоением средств, ассигнованных на мероприятия по охране труда;

– анализ причин производственного травматизма и составление сводных отчетов о пострадавших при несчастных случаях и об освоении средств на мероприятия по охране труда;

– организация обучения и проверки знаний инженерно-техническими работниками, рабочими правил и инструкций по технике безопасности и производственной санитарии;

– осуществление контроля за обеспечением работающих спецодеждой, средствами индивидуальной и коллективной защиты и организацией их хранения и ремонта; – организация пропаганды безопасных условий труда путем проведения смотров и конкурсов по охране труда, бесед, оборудования кабинетов по охране труда; – проведение вводного инструктажа по технике безопасности. Рабочие и служащие, в свою очередь, обязуются соблюдать инструкции по охране труда и установленные требования обращения с машинами и механизмами, а также пользоваться средствами индивидуальной защиты. Невыполнение этих обязанностей рабочими и служащими является нарушением трудовой дисциплины.

6.2 Мероприятия по электробезопасности

К работе с электрооборудованием допускаются лица, изучившие заводскую инструкцию и знающие правила техники безопасности, а также прошедшие медицинское освидетельствование и инструктаж при допуске к работе и в дальнейшем повторный инструктаж не реже 1 раз в 3 месяца; Для обеспечения защиты от случайных прикосновений к токоведущим частям необходимо принять следующие способы и средства: защитное ограждение; изоляция токоведущих частей; защитное отключение; блокировка; знаки безопасности.

										Лист
										108
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.367.000					

оборудования, а также за содержание и эксплуатацию имеющихся технических средств противопожарной защиты;

— установка на каждом предприятии соответствующего противопожарного режима;

— разработка и утверждение инструкции о мерах пожарной безопасности и соответствующих инструкций для всех взрывопожароопасных и пожароопасных помещений, организация изучения этих инструкций работниками;

— разработка планов (схем) эвакуации людей в случае пожара;

— определение категорий зданий и помещений по взрывопожарной и пожарной опасности в соответствии с требованиями действующих нормативных документов, установление классов зон по Правилам устройства электроустановок;

— обеспечение территорий, зданий и помещений соответствующими знаками пожарной безопасности, табличками с указанием номера телефона и порядка вызова пожарной охраны;

— создание и организация работы пожарно-технических комиссий, добровольных пожарных дружин и команд.

										Лист
										110
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.367.000					

7. ВЫВОДЫ ПО КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

В результате выполнения данной работы было проанализировано служебное назначение детали «Муфта узла сцепления», проведен анализ способа получения заготовки и действующего технологического процесса, технологической документации.

Спроектирован новый технологический процесс обработки этой детали, проведен размерный анализ, подобрано оборудование, проведены расчеты режимов резания и норм времени, выбран режущий инструмент и измерительное оборудование. Разработана планировка гибкого производственного участка для изготовления детали, подобрано необходимое станочное и вспомогательное оборудование необходимое для автоматизации, а так же были рассчитаны основные параметры для определения структуры и состава автоматической транспортно-складской системы.

					150305.2020.367.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		111

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Батуев В.В. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: Учебное пособие к курсовому проекту. /Батуев В.В.; Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ 2015. – 41 с.
2. . Гузеев В.И. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым управлением / В.И. Гузеев, В.А.Батуев, И.В. Сурков. Справочное издание, Москва «Машиностроение», 2005г. – 367 с.
3. Косилова А.Г. Справочник технологамашиностроителя. В 2-х т. Т/ Под редакцией А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М: Машиностроение, 1986. – Т1–656с.
4. Кулыгин, В.Л. Технология машиностроения / В.Л. Кулыгин, В.И. Гузеев, И.А. Кулыгина. – М.: Издательский Дом «БАСТЕТ», 2011. – 184 с.
5. Маргулис Д.К. Протяжки для обработки отверстий: учебное пособие / Д.К. Маргулис и др. – М.: Машиностроение, 1986. — 232 с, ил.
6. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть 2. Нормативы режимов резания. Москва. Экономика 1990. – 473 с.
7. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть 1. Нормативы времени. Москва. Экономика 1990. – 473 с
8. Ординарцев, И.А. Справочник инструментальщика. Г.В. Филиппов, А.Н. Шевченко и др. Под общ. ред. И.А. Ординарцева. – Л. Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987 – 846 с
9. Отений, Я. Н. Выбор и расчет захватных устройств промышленных роботов: Учебное пособие./ Отений, Я. Н., Ольштынский П. В. – Волгоград: ВолгГТУ, 2000. – 64 с.

										Лист
										112
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

150305.2020.367.000

