

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____ Гузеев В.И.
_____ 2020 г.

Разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления детали
«Вал механизма поворота»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР

Нормоконтролер
_____ Пименов Д.Ю.
_____ 2020 г.

Руководитель к.т.н., доцент
_____ Кулыгин В.Л.
_____ 2020 г.

Автор работы,
студент группы П-452
_____ Мелехина А.А.
_____ 2020 г.

Челябинск 2020

АННОТАЦИЯ

Мелехина А.А. Разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления детали «Вал механизма поворота». – Челябинск: ЮУрГУ, П-452, 92 с., 45 ил., 9 табл., библиогр. список – 13 наим., 0 прил.

В записке описан узел (редуктор механизма поворота), в котором установлена деталь «Вал механизма поворота», описаны условия эксплуатации, назначение. Рассмотрены технические требования, проведен обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений в современном производстве.

В данной работе выполнены технологическая (проанализирован существующий технологический процесс и спроектирован новый) и конструкторская части (аналитический обзор и выбор технологической оснастки и режущего инструмента, спроектировано станочное приспособление и режущий инструмент).

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
Разраб.		Мелехина А.А.			Разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления детали «Вал механизма поворота»	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Провер.		Кулыгин В.Л.					2	93
Н. Контр.		Пименов Д.Ю.				ЮУрГУ Каферда ТАМ		
Утверд.		Гузеев В.И.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ	7
1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия	7
1.2 Служебное назначение детали «Вал механизма поворота» и технические требования, предъявляемые к детали	8
1.3 Аналитический обзор экономической ситуации в отрасли и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для соответствующих отраслей машиностроения	10
1.4 Формирование целей и задач выполнения квалификационной работы	10
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	12
2.1 Анализ существующей на предприятии документации по конструкторско-технологической подготовке действующего производства	12
2.1.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса, технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента	12
2.1.2 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса	19
2.1.3 Выводы по разделу	25
2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «Вал механизма поворота»	26
2.2.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки	26
2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования	27

					<i>ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		3

2.2.3	Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта.....	30
2.2.4	Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса.....	37
2.2.5	Расчёт режимов резания и норм времени на все операции проектного варианта технологического процесса	41
2.2.6	Выводы по разделу	49
3	КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	50
3.1	Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки	50
3.2	Проектирование и расчёт специального станочного приспособления	52
3.2.1	Определение сил, сдвигающих заготовку	53
3.2.2	Определение сил, удерживающих заготовку	55
3.2.3	Расчет точности обработки заготовки в станочном приспособлении	56
3.3	Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента.....	58
3.3.1	Выбор токарного инструмента	58
3.3.2	Выбор режущего инструмента для обработки отверстий.....	61
3.3.3	Выбор фрезерного инструмента	62
3.3.4	Выбор резьбонарезного режущего инструмента	63
3.4	Проектирование и расчёт специального режущего инструмента	64
3.4.1	Исходные данные	64
3.4.2	Проектирование червячной фрезы для обработки эвольвентных шлицев.....	65

3.5	Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля	69
4	АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.....	72
4.1	Анализ возможных направлений по автоматизации технологического процесса изготовления детали	72
4.2	Разработка структурной схемы гибкого производственного участка.....	74
4.3	Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы (промышленные роботы, накопители, транспортные системы, складские системы	81
4.4	Базирование заготовки, полуфабриката, готовой детали в промышленном роботе, транспортном устройстве, промежуточном накопителе.....	84
4.5	Анализ производительности автоматизированной системы.....	86
5	ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ.....	88
6	БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ.....	89
6.1	Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда	89
6.2	Мероприятия по электробезопасности.....	89
6.3	Мероприятия по пожарной безопасности	91
7	ВЫВОДЫ ПО КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ	92
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	94

ВВЕДЕНИЕ

Для повышения конкурентоспособности машиностроительного производства необходимо понимать, как правильно использовать ресурсы своего предприятия. Для этого необходимо точно знать служебное назначение детали, правильно отражать технические условия.

Целью работы является проектирование технологического процесса обработки детали с целью повышения эффективности конкурентоспособности производства.

Задачей является спроектировать технологический процесс, подобрать оборудования, оснастку, инструмент для детали «Вал механизма поворота»

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия

Редуктор механизма поворота МП-72 автокрана Челябинец КС-45721 (представлен на «рисунок 1.1») служит для привода поворотной платформы на гидравлических стрелочных кранах, а также других грузоподъемных машинах и предназначен для применения в стрелочных самоходных автокранах. Устанавливается в специальную расточку поворотной рамы на четыре плотика и состоит из гидромотора и редуктора поворота.

Механизм поворота служит для вращения поворотной части крана и представляет собой двухступенчатый редуктор с цилиндрическими косозубыми колесами. В нижней части редуктора размещены два вала-шестерни 1 и 2, зубчатые колеса 3 и 4 и выходной вал 5.

Вращение от гидромотора через зубчатую муфту, вал-шестерню 1, зубчатое колесо 4, промежуточный вал-шестерню 2 и зубчатое колесо 3 передается на выходной вал 5 и выходную шестерню 6, которая находится в постоянном зацеплении с зубчатым венцом поворотной опоры.

Валы редуктора упираются на подшипники.

Для вращения поворотной части крана вручную промежуточный вал-шестерня 1 имеет квадратный хвостовик, выведенный наружу. Вращение осуществляется с помощью ключа, надеваемого на квадратный хвостовик вала-шестерни 1.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

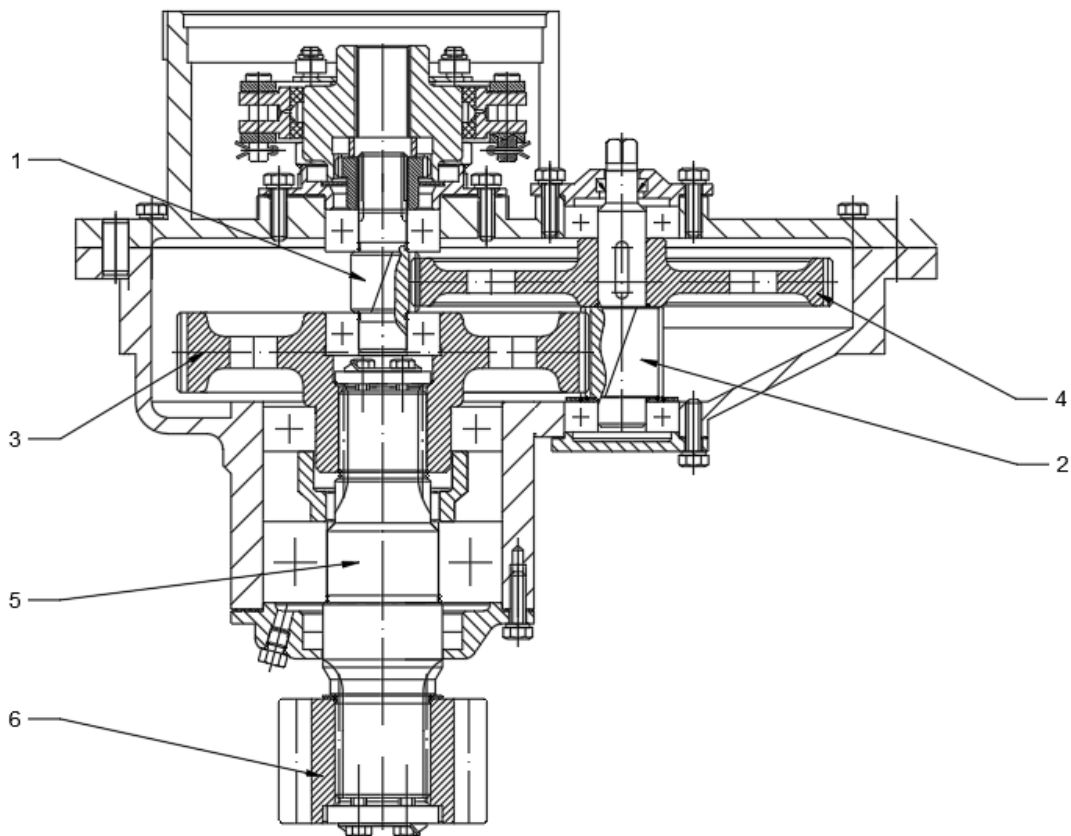


Рисунок 1.1 - Редуктор механизма поворота:

1, 2 – валы-шестерни, 3, 4 – зубчатые колеса,
5 – выходной вал (вал механизма поворота), 6 – шестерня

1.2 Служебное назначение детали «Вал механизма поворота» и технические требования, предъявляемые к детали

Изучаемая деталь используется в редукторе механизма поворота. Выходной вал 5 (чертеж представлен на рисунке 1.2) предназначен для передачи крутящего момента шестерне 6 от гидромотора через валы-шестерни 1 и 2, зубчатые колеса 3 и 4.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ

Лист

8

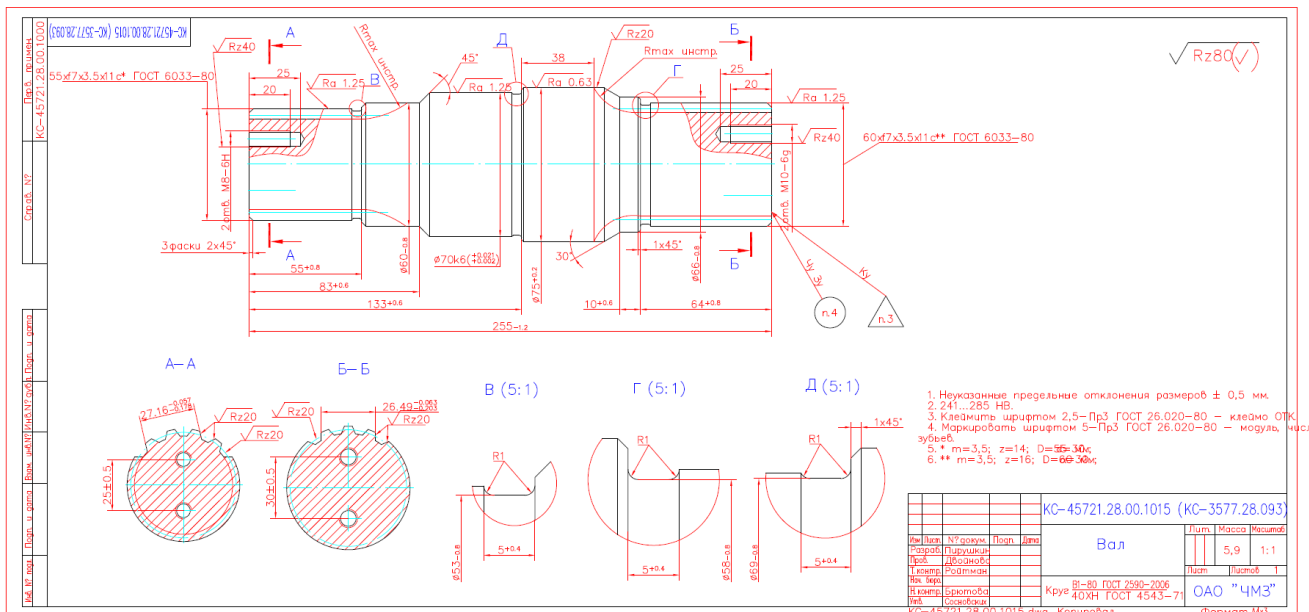


Рисунок 1.2 – Конструкторский чертёж детали

Технические требования на изготовление изделия характеризуют основные параметры их качества, проверяемые при окончательном контроле или испытаниях. Материал – сталь 40ХН ГОСТ 4543 – 71. Твердость – 241...285 НВ. Так как на вал устанавливается подшипник, то к данной цилиндрической поверхности $\varnothing 70k6(+0,021/+0,002)$ есть требования по точности ее исполнения (7 квалитет) и по шероховатости (Ra 1.25). К цилиндрической поверхности с размером $\varnothing 75^{+0,2}$ предъявляются жесткие требования по шероховатости (Ra 0.63), так как на данную поверхность устанавливается крышка с плотно прилегающими уплотнениями, для удерживания масла. Помимо данных поверхностей на изучаемой детали присутствуют эвольвентные шлицы (центрирование по наружному диаметру), которые должны быть выполнены по 7 квалитету с шероховатостью Ra 1.25.

1.3 Аналитический обзор экономической ситуации в отрасли и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для соответствующих отраслей машиностроения

В условиях рыночной экономики главным фактором повышения эффективности национальной экономики становятся уже не отдельные достижения науки и техники, какими выдающимися они ни были, а высокий научный и технологический уровень всего производства. Этот уровень определяется в первую очередь состоянием машиностроения как отрасли, обеспечивающей потребности в технологическом оборудовании, которое должно обновляться непрерывно.

Машиностроение производит средства труда - машины и оборудование, аппараты, приборы и вычислительную технику, передаточные устройства, транспортные средства - для всех отраслей народного хозяйства. Оно производит предметы потребления, в основном длительного пользования (легковые автомобили, телевизоры, часы и др.).

Развитие машиностроения напрямую зависит от качества экономического образования менеджеров и инженерно-технических работников предприятий отрасли.

Актуальность выбранной темы заключается в том, что машиностроение является одной из главных отраслей промышленности и народного хозяйства в целом, определяет развитие других отраслей, от уровня развития машиностроения зависят важнейшие удельные показатели валового внутреннего продукта страны (материалоемкость, энергоемкость) и, как следствие, конкурентоспособность выпускаемой продукции.

1.4 Формирование целей и задач выполнения квалификационной работы

Целью работы является разработка нового варианта технологического процесса изготовления детали «Вал механизма поворота».

Задачами работы являются:

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- описать назначение и условия эксплуатации узла «Редуктор механизма поворота»;
- описать служебное назначение детали «Вал механизма поворота»;
- провести аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений;
- спроектировать новый технологический процесс изготовления детали «Вал механизма поворота» в условиях серийного конкурентоспособного производства;
- произвести аналитический обзор и выбрать технологическую оснастку;
- спроектировать и рассчитать станочное приспособление;
- провести аналитический обзор и выбрать режущий инструмент;
- спроектировать операции технического контроля и выбрать измерительное оборудование;
- разработать структурную схему гибкого производственного участка;
- разработать планировку участка механической обработки для спроектированного варианта технологического процесса;
- указать мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда, мероприятия по электробезопасности, по пожарной безопасности.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

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

2.1.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса, технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента

Наименование операции: Токарно-револьверная с ЧПУ (операция 010), изображена на рисунке 2.1.

Оборудование, устройство ЧПУ: Токарно-револьверный центр с ЧПУ SL-40LTNE.

Подрезается торец 8, точится поверхность 2 – 6, фаска 1 и 6, цитируется торец 8.

Оборудование и приспособления: патрон гидравлический 380, Втулка переходная BMS20.

Режущий инструмент: резец (Державка DCLNR 3225P 12; пластина CNMG 12 04 08-PR 4225), сверло 8A2317-0010 ГОСТ 14952-75.

Измерительный инструмент: штангенглубиномер ШГ-250-0,1 ГОСТ, штангенциркуль ШЦ-III-300-0,1 ГОСТ 166-69, шаблон РШ-7850-04 (d=8 тип А).

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

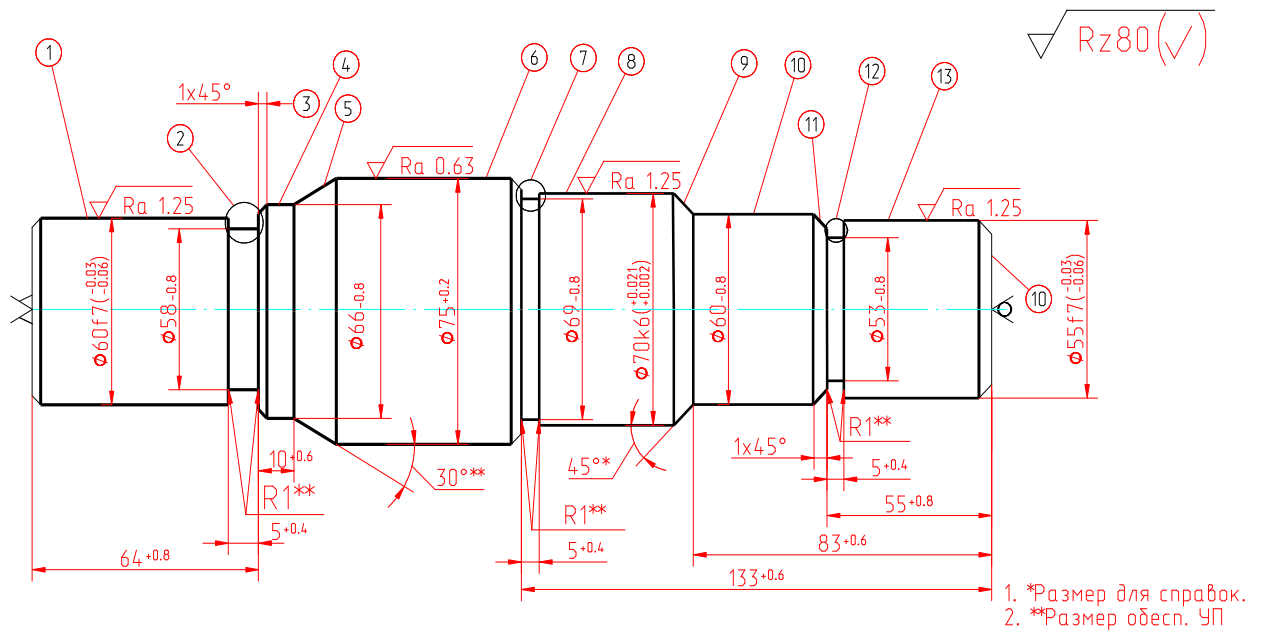


Рисунок 2.3 – Операция 020

Наименование операции: Радиально-сверлильная (операция 025), изображена на рисунке 2.4.

Оборудование: Радиально-сверлильный станок 2М55.

Точить поверхности 1, 4, 6, 8-10, 13, фаски 3 и 11, точить канавки 2, 7, 12.

Оборудование и приспособления: пневмостол ПЗ-2035, кондуктор ПС-3366-04, втулка 6100-0146 ГОСТ 13598; втулка 6100-0146 ГОСТ 13598.

Режущий инструмент: сверло 8,5 2301-3572 ГОСТ 10903-77.

Измерительный инструмент: пробка 8.43(+0,3) РП-1156; штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1 ГОСТ 166-89.

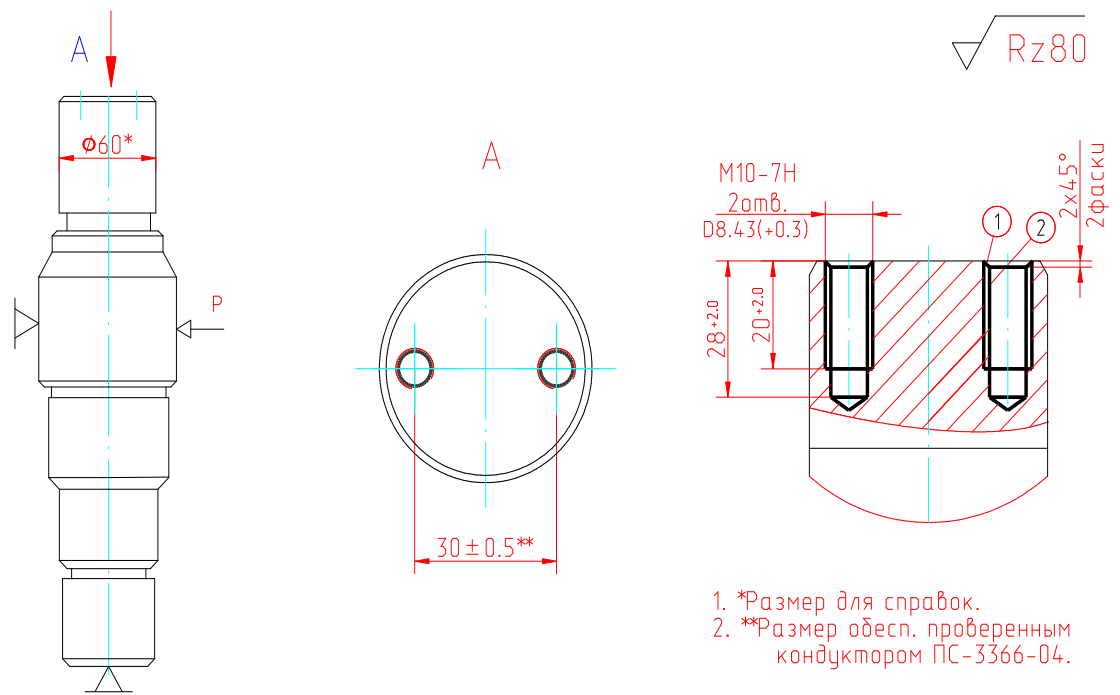


Рисунок 2.4 – Операция 025

Наименование операции: Радиально-сверлильная (операция 030), изображена на рисунке 2.5.

Оборудование: Радиально-сверлильный станок 2М55.

Сверлить отверстия 2 последовательно, зенковать 2 фаски 1, нарезать резьбу в двух отверстиях 1.

Оборудование и приспособления: пневмостол ПЗ-2035, кондуктор ПС-3366-03, втулка 6100-0146 ГОСТ 13598-85; втулка 6100-0146 ГОСТ 13598-85, втулка ВД-1509-01.

Режущий инструмент: сверло 6,8 2301-0189 ГОСТ 10903-77, зенковка 20 2353-0134 ГОСТ 14953-80, метчик 2620-2531 М8х1.25 3 ГОСТ 3266-81.

Измерительный инструмент: пробка 6.7(+0,26) РП-1155-03; штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1 ГОСТ 166-89, пробка 8221-3036 8х1.25-7Н ГОСТ 17758-72.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

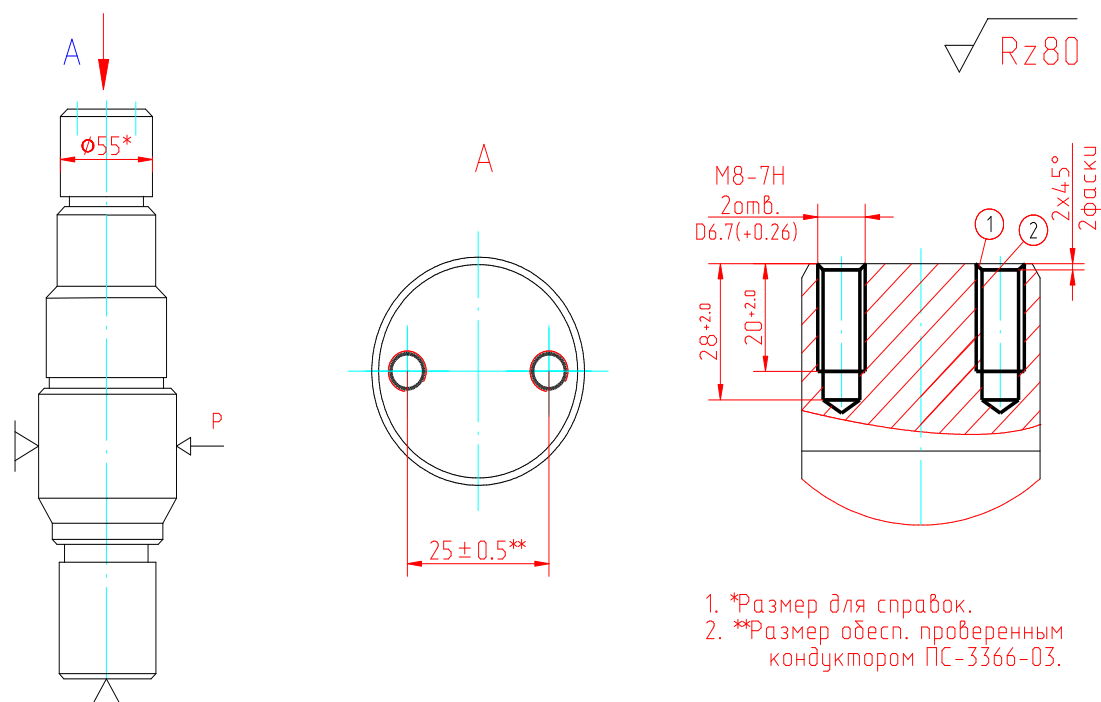


Рисунок 2.5 – Операция 030

Наименование операции: Шлицефрезерная (операция 035), изображена на рисунке 2.6.

Оборудование: Шлицефрезерный п/автоматический станок 5350А.

Фрезеровать шлицы, зачистить заусенцы.

Оборудование и приспособления: центр 7032-0032 МОРЗЕ 4 ГОСТ 13214-79; центр ПР-4520; хомутик ПР-1191.

Режущий инструмент: фреза (m=3.5) 2520-0681 В ГОСТ 6637-80, напильник 2822-0129 ГОСТ 1465-80.

Измерительный инструмент: скоба РС-1083-76 W=26,49; калибр-кольцо РС-1235-01; штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1 ГОСТ 166-89.

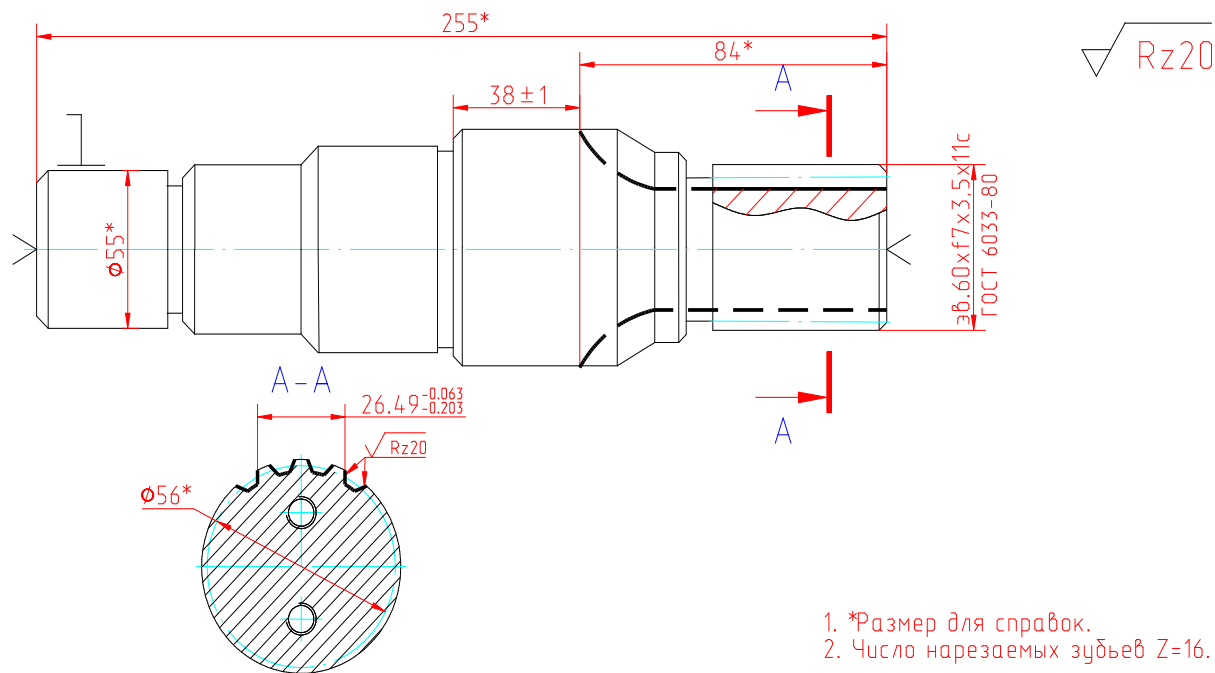


Рисунок 2.6 – Операция 035

Наименование операции: Шлицефрезерная (операция 040), изображена на рисунке 2.7.

Оборудование: Шлицефрезерный п/автоматический станок 5350А.

Фрезеровать шлицы, зачистить заусенцы.

Оборудование и приспособления: центр 7032-0032 МОРЗЕ 4 ГОСТ 13214-79; центр ПР-4520; хомутик ПР-1191.

Режущий инструмент: фреза (m=3.5) 2520-0681 В ГОСТ 6637-80, напильник 2822-0129 ГОСТ 1465-80.

Измерительный инструмент: скоба РС-1083-77 W=27 ,16; калибр-кольцо РС-1235; штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1 ГОСТ 166-89.

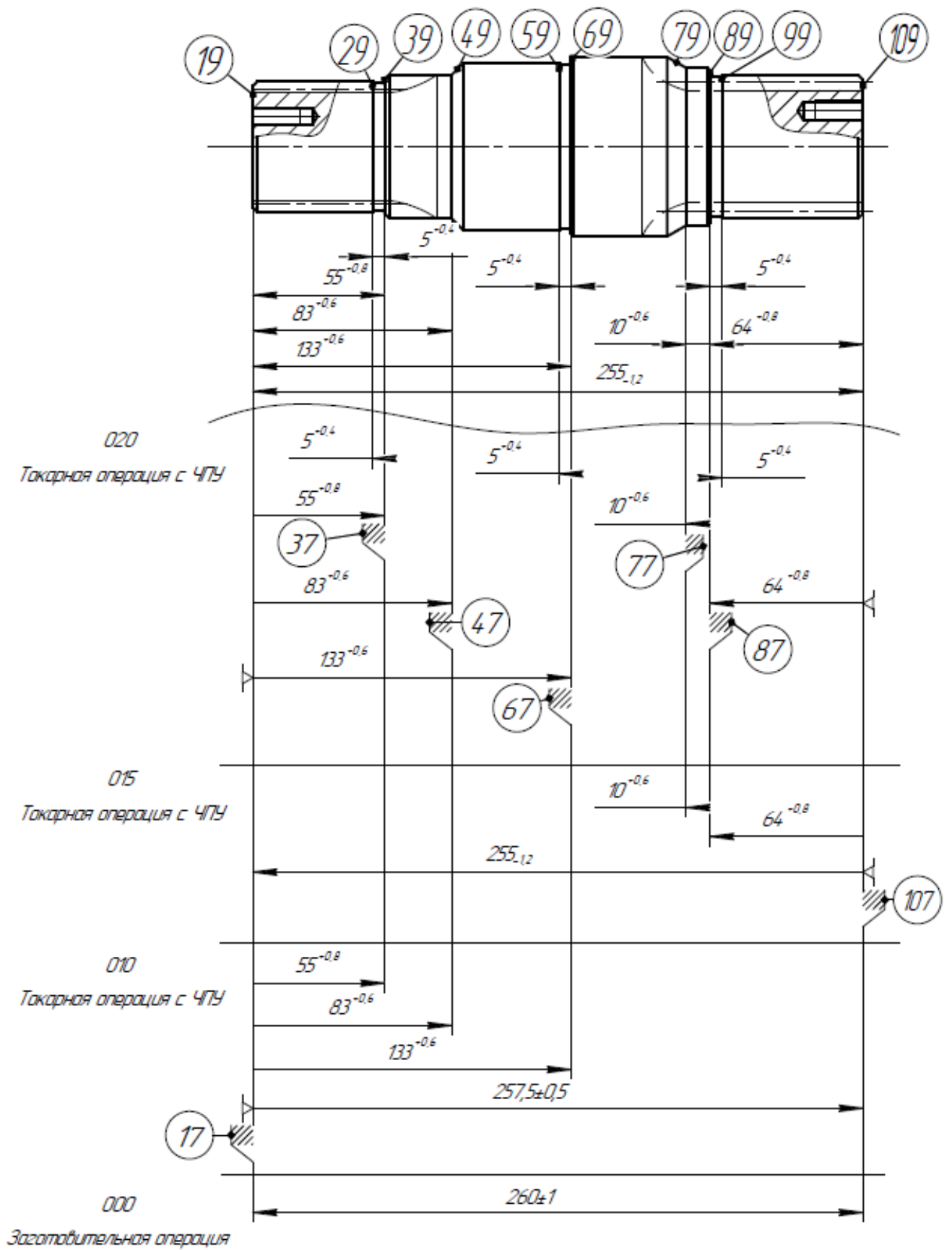


Рисунок 2.8 – Линейная размерная схема действующего техпроцесса

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Наименьший необходимыми припуск на обработку находим по формуле:

$$A_i = A_{i \min} + \frac{T_{A_i}}{2} - \Delta_0 A_i, \quad (2.1)$$

где $A_{i \min}$ – минимальный необходимыми припуск; T_{A_i} – допуск замыкающего звена; $\Delta_0 A_i$ – координата середины поля допуска.

$$A_{i \min} = R_z + D_F + \rho + \varepsilon_{уст}, \quad (2.2)$$

где R_z – шероховатость, оставшееся на заготовительной, либо на предыдущей операции, которую подлежит убрать; D_F – дефектный слой, оставшийся от предыдущей операции; ρ – пространственный отклонения, возникшие на предыдущей операции; $\varepsilon_{уст}$ – погрешность установки. Пространственные отклонения и погрешность установки не учитывается при расчете минимального необходимого припуска, так как они как правило меньше допуска на операционный размер, укладываются в допуск на размер.

$$T_{A_i} = \sum_{j=1}^{n-1} T_{A_j}, \quad (2.3)$$

где T_{A_j} – допуск составляющего j -го звена; n – общее количество звеньев.

$$\Delta_0 A_i = \sum \Delta_0 \vec{A}_j - \sum \Delta_0 \overleftarrow{A}_j, \quad (2.4)$$

где $\Delta_0 \vec{A}_j$ – координата середины поля допуска составляющего увеличивающего звена; $\Delta_0 \overleftarrow{A}_j$ – координата середины поля допуска составляющего уменьшающего звена.

Составим уравнения, где замыкающими звеньями будут припуски:

$$[37..38] = (38..18) - (18..37) = 55 - 55 = 0.$$

По формуле (1) рассчитаем минимальный необходимый припуск:

$$A_{[37..38] \min} = 0,045;$$

Допуск замыкающего звена будет равен:

$$T_{A_{[37..38]}} = 1,6;$$

Координату середины поля допуска находим по формуле 2.4:

$$\Delta_0 A_{[37..38]} = \frac{0,8}{2} - \frac{0,8}{2} = 0$$

					ЮУрГУ.150305.2020.452 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

Наименьший необходимы припуск на обработку находим по формуле 2.1:

$$A_{[37..38]} = 0.045 + 0.8 = 0.845.$$

Предполагаемый припуск равен 0, а рассчитанный – 0,845, можно сделать вывод, что припуск занижен и это может привести к появлению черноты.

Аналогично рассчитаем наименьший необходимы припуск [17..18].

$$[17..18] = -(18..107) + (107..17) = -257,5 + 260 = 2,5.$$

$$A_{[17..18] \min} = 0,2;$$

$$T_{A_{[17..18]}} = 1 + 2 = 3;$$

$$\Delta_0 A_{[17.18]} = 0;$$

$$A_{[17..18]} = 0,2 + 1,5 = 1,7.$$

Предполагаемый припуск равен 2,5, а рассчитанный – 1,7, можно сделать вывод, что припуск завышен и это может привести к удорожанию производства.

Анализ и расчет остальных припусков был выполнен в программе «Kurs'ar», результаты показаны на рисунке 2.9. По результатам анализа можно сделать вывод, что припуски [37..38], [47..48], [67..68], [78..77], [88..87], [108..107] занижены, что может привести к появления черноты. Припуск [17..18] завышен, а это в свою очередь приведет к удорожанию технологического процесса вследствие повышенного расхода материала.

Таблица
Результаты расчета размерной схемы (см.)

Г	Номера	Номинал.	Верхнее	Нижнее	Средний	Запасы расчетн.
р	левой и	значение	отклон.	отклон.	номи-	предельных зна-
у	правой	-----	-----	-----	нальный	чений относит.
п	поверхно-	Если нет	Предельн.значен.:	размер	исходного звена	по Min и по Max
па	стей звена	номинала	Min и	Max	звена	
1#	37 38		-0,800	0,800	0,000	-0,845
1#	47 48		-0,800	0,600	-0,100	-0,845
1#	67 68		-0,600	0,600	0,000	-0,645
1#	78 77		-1,400	1,400	0,000	-1,445
1#	88 87		-0,800	0,800	0,000	-0,845
1#	108 107		-0,500	1,700	0,600	-0,700
1#	17 18		3,500	6,500	5,000	3,300

Рисунок 2.9 – Результаты анализа линейной размерной схемы действующего технологического процесса

Для полного представления о выполняемости размеров в действующем технологическом процессе произведем диаметральный размерный анализ, схема которого представлена на рисунке 2.10, а на рисунке 2.11 представлены результаты анализа.

Анализ показал, что припуски [28..27], [48..47], [58..57], [78..77], [108..107], [77..76] завышены, что приведет к повышенному использованию материала. Припуск [88..87] занижен – возможно появление черноты на заготовке.

					<i>ЮУрГУ.150305.2020.452 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		23

Таблица

Результаты расчета размерной схемы (см.)

Г	Номера	Номинал.	Верхнее	Нижнее	Средний	Запасы расчетн.
р	левой и	значение	отклон.	отклон.	номи-	предельных зна-
у	правой	-----	-----	-----	нальный	чений относит.
п	поверхно-	Если нет	Предельн.значен.:	размер	исходного звена	
па	стей звена	номинала	Min и Max	звена	по Min и по Max	
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1#	28 27		1,030	1,560	1,295	0,985

Окончание табл.

Г	Номера	Номинал.	Верхнее	Нижнее	Средний	Запасы расчетн.
р	левой и	значение	отклон.	отклон.	номи-	предельных зна-
у	правой	-----	-----	-----	нальный	чений относит.
п	поверхно-	Если нет	Предельн.значен.:	размер	исходного звена	
па	стей звена	номинала	Min и Max	звена	по Min и по Max	
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1#	48 47		0,760	2,300	1,530	0,715
1#	58 57		0,979	1,498	1,239	0,934
1#	78 77		0,560	1,500	1,030	0,515
1#	88 87		-0,240	1,300	0,530	-0,285
1#	108 107		1,030	1,560	1,295	0,985
1#	77 76		0,600	2,340	1,470	0,555

Рисунок 2.11 – Результаты диаметрального размерного анализа действующего технологического процесса

2.1.3 Выводы по разделу

Действующий технологический процесс является хороших техпроцессом. Однако, допущены ошибки в оформлении документации, чертежей. Одной из ошибок является то, что переустановы разделили по операциям, когда эти операции выполняет один станок.

После анализа действующего технологического процесса можно сделать вывод, что возможно заменить способ установки заготовки, использовать не трехкулачковый патрон, а цетра с поводковым патроном. При этом добавить дополнительную фрезерно-центровальную операцию.

Размерный анализ показал, что припуски завышены и операционные размеры необходимо скорректировать.

2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «Вал механизма поворота»

2.2.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки

Существует несколько вариантов способов получения заготовок для деталей типа тел вращения.

1. Круглый прокат;
2. Получение заготовки методами пластического деформирования (ковка, периодическая прокатка, штамповка и т.п.).

Так как рассматривает серийное производство, то целесообразно принять способ получения заготовки горячий круглый прокат. Данный способ является простым и экономичным, так как предприятию нет необходимости иметь свое заготовительное производство.

Заготовку получают горячим прокатом, профиль заготовки – круг диаметром 78 мм. Эскиз представлен на рисунке 2.12.

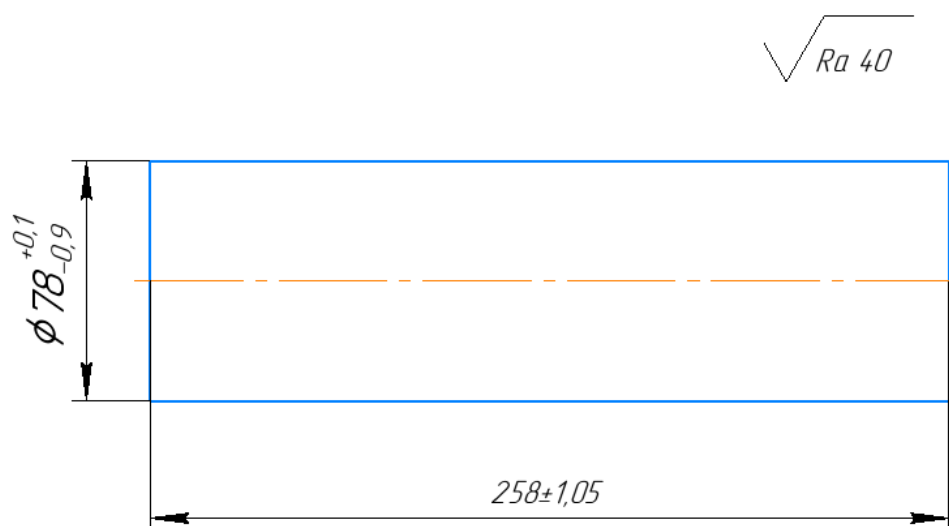


Рисунок 2.12 – Эскиз заготовки детали «Вал механизма поворота»

2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования

Для получения центровальных отверстий и обработки торцев (операция 005) понадобится фрезерно-центровальный станок XZK8230 (характеристики представлены в таблице 2.1), чтобы создать вспомогательные поверхности для дальнейшего базирования в центрах.

Таблица 2.1 – Технические характеристики станка MP-73M

Размер обрабатываемой детали		
Диаметр обработки x Длина обработки	мм	Ø125 × 200
Макс. ход головки фрезы	мм	200
Рабочая подача фрезы	мм/мин	20...400
Конец фрезерного шпинделя по ГОСТ 836-72		50
Ход сверлильной головки	мм	75
Рабочая подача сверлильной головки	мм/мин	20...300
Габариты станка	мм	3140x1630

Станок не имеет автоматической двери, интерфейса для робота. Для токарной обработки на операциях 010, 015 проектного технологического процесса используем токарный станок с ЧПУ DMG MORI CTX ecoline, технические характеристики которого представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Технические характеристики станка CTX ecoline

Рабочая зона		
Диаметр устанавливаемый, макс.	мм	Ø 330
Диаметр над суппортом, макс.	мм	Ø 260
Диаметр обрабатываемый, макс.	мм	Ø 200
Поперечный ход (X), макс.	мм	182,5
Продольный ход (Z), макс.	мм	455
Ускоренный ход (X / Z)	м/мин	30 / 30
Главный шпиндель		
Головка шпинделя (плоский фланец)	мм	140h5
Диаметр прохода прутка, макс.	мм	Ø 51
Диаметр переднего подшипника	мм	Ø 100
Диаметр зажимного патрона	мм	Ø 210
Мощность привода (40/100 % ED)	кВт (АС)	16,5 / 11
Крутящий момент, макс (40/100 % ED)	Нм	166,5 / 112
Диапазон скорости вращения, макс.	мин ⁻¹	5000

Окончание таблицы 2.3

Точность позиционирования

$R_{\text{макс}}$ согласно VDI/DGQ 3441	мкм	6
---	-----	---

Инструментальный магазин

Количество позиций инструмента (SK40, HSK-A63)		20
Макс. диаметр инструмента	мм	Ø 80
Макс. диаметр инструмента при свободных соседних секциях	мм	Ø 130
Макс. длина инструмента	мм	300
Время от стружки до стружки	Нм	5,4
Занимаемая площадь	м ²	7,5

Данный станок имеет автоматическую дверь, устройство для измерения инструмента. Имеется спроектированное специальное приспособление для станка.

Для фрезерования шлицев воспользуемся шлицефрезерным полуавтоматическим станком 5350А, характеристики которого представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Технические характеристики станка 5350А

Высота центров станка	мм	250
Наибольший диаметр фрезерования	мм	150
Наибольший диаметр изделия, устанавливаемый над станиной	мм	500
Наименьшее расстояние между осями изделия и фрезы	мм	40...140
Расстояние между центрами	мм	750
Наибольшая длина фрезерования	мм	675
Количество нарезаемых шлицев	мм	4...36
Наибольший диаметр фрезы	мм	140
Габаритные размеры станка (длина x ширина x высота)	мм	2595x1550x1650

Шлицефрезерный полуавтоматический станок 5350А не имеет автоматической двери, автоматическую уборку отходов, датчиков для наладки и диагностики оборудования и режущего инструмента.

2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта

Маршрутный лист представляет собой описание всех технологических операций в последовательности их выполнения без указания технологических переходов, режимов резания и так далее. Маршрут действующего технологического процесса представлен в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Маршрутный лист

Номер операции	Наименование операции	Оборудование
000	Заготовительная (в тч термообработка)	
010	Токарная с ЧПУ	DMG MORI CTX ecoline
015	Токарная с ЧПУ	DMG MORI CTX ecoline
020	Радиально-сверлильная	Вертикально-фрезерный станок DMC 650 V
025	Шлицефрезерная	Шлицефрезерный п/автоматический станок 5350A
030	Контроль	

Операционный технологический процесс:

Операция 005 – Фрезерно-центральная операция (рисунок 2.13).

Фрезеровать торцы, выдерживая размер 1. Центровать 2.

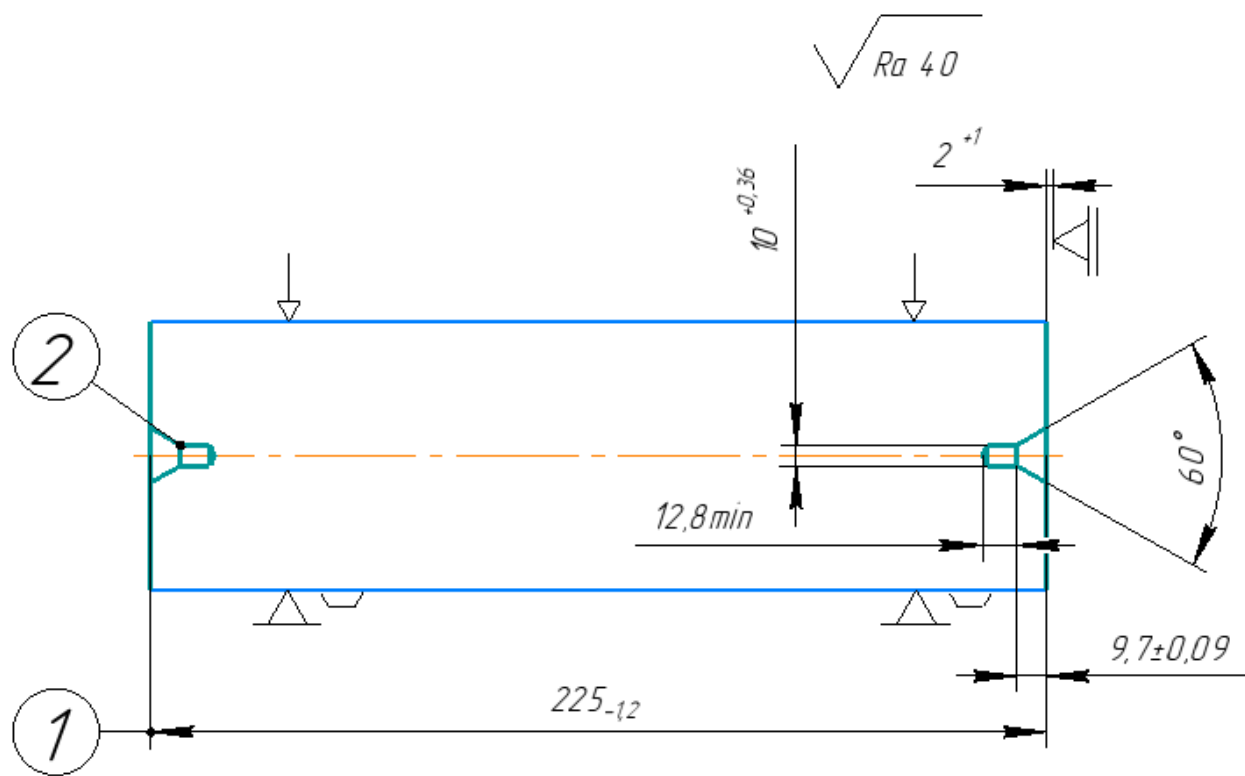


Рисунок 2.13 – Операционный эскиз 005

Операция 010 - Токарная операция с ЧПУ установ 1 (рисунок 2.14).

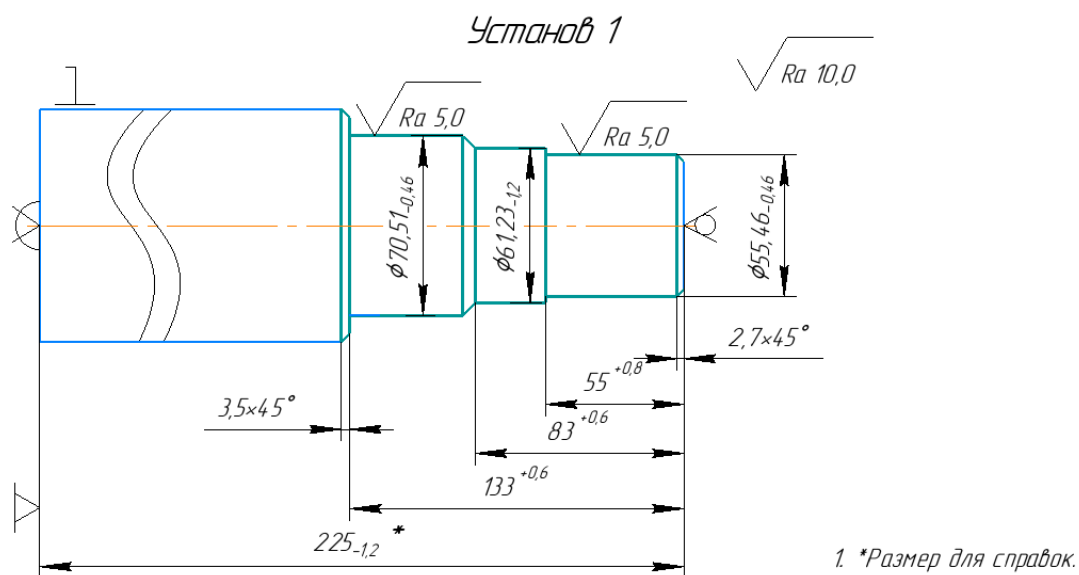


Рисунок 2.14 – Операционный эскиз 010 установ 1

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Операция 010 - Токарная операция с ЧПУ установов 2 (рисунок 2.14).

Установ 2

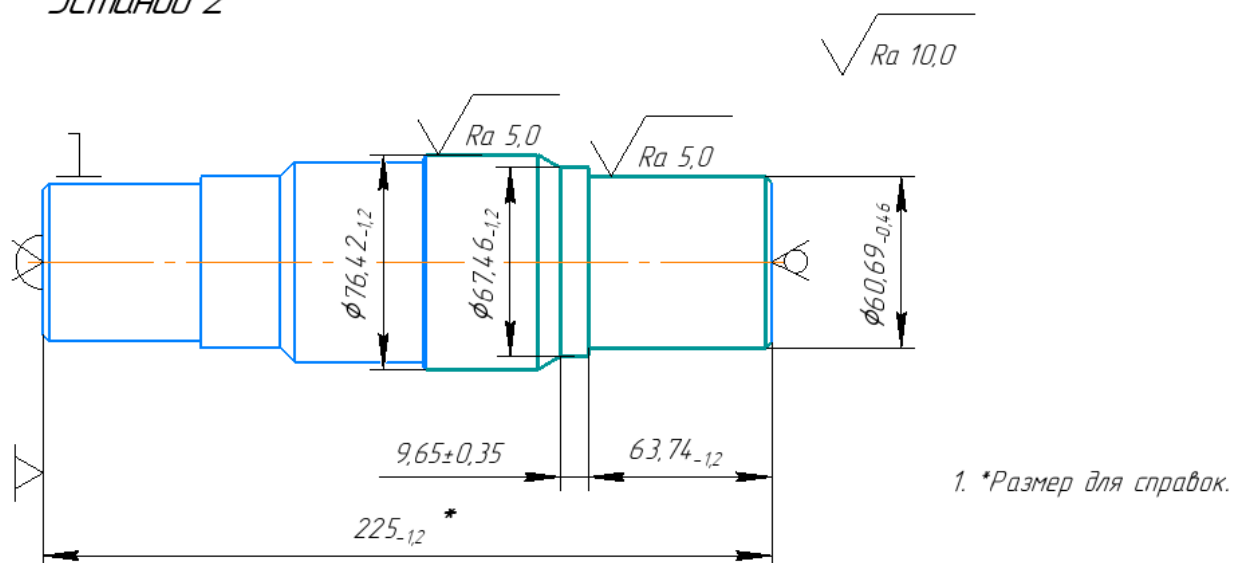


Рисунок 2.15 – Операционный эскиз 010 установов 2

Операция 015 – Токарная операция с ЧПУ установов 1 (рисунок 2.16).

Установ 1

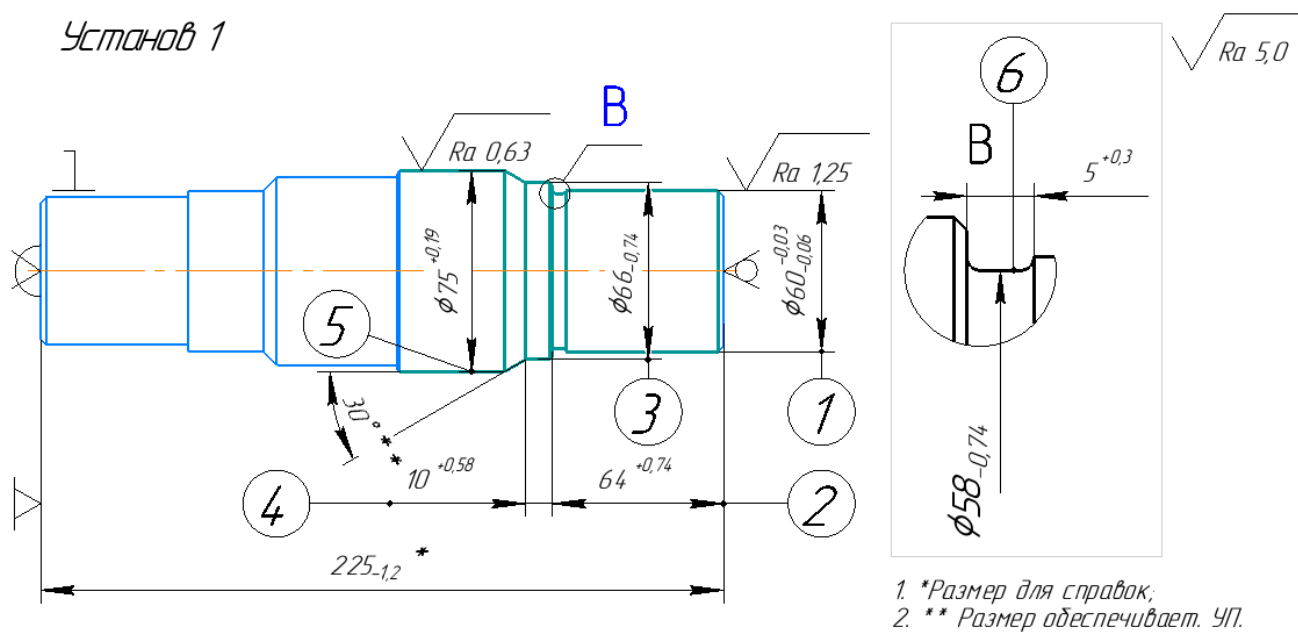


Рисунок 2.16 – Операционный эскиз 015 установов 1

Операция 015 – Токарная операция с ЧПУ установов 2 (рисунок 2.17).

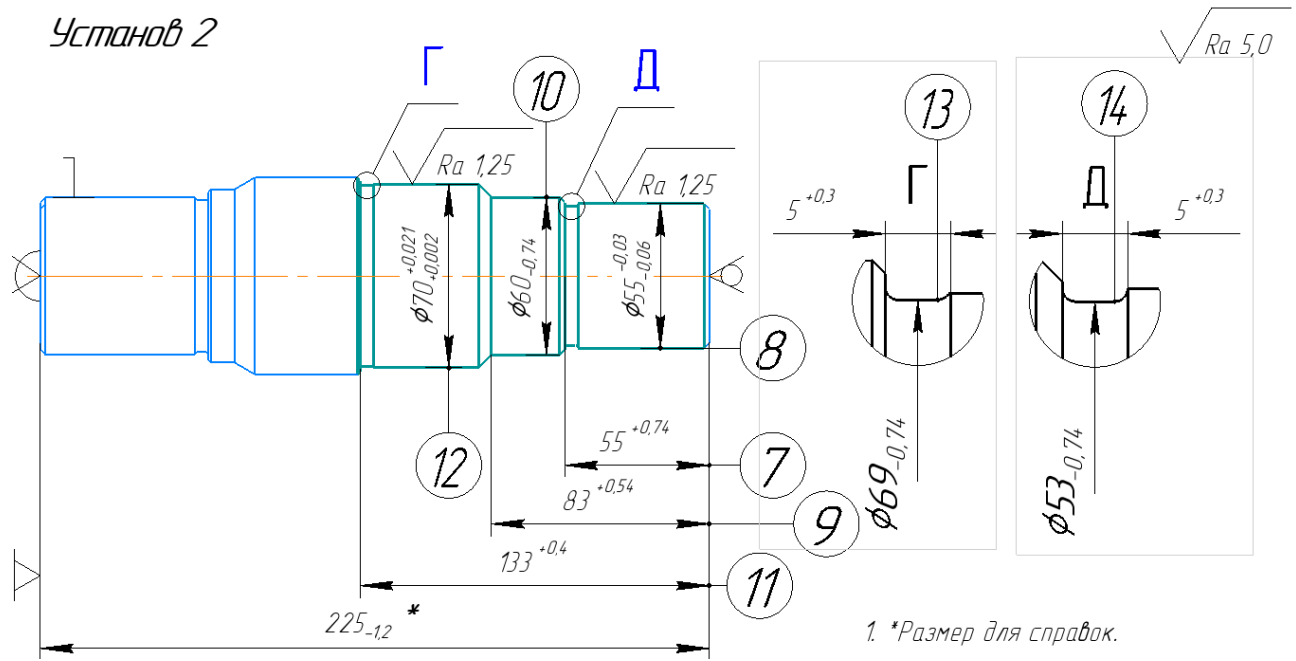


Рисунок 2.17 – Операционный эскиз 015 установ 2

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Операция 020 – Радиально-сверлильная операция установ 1 (рисунок 2.18).

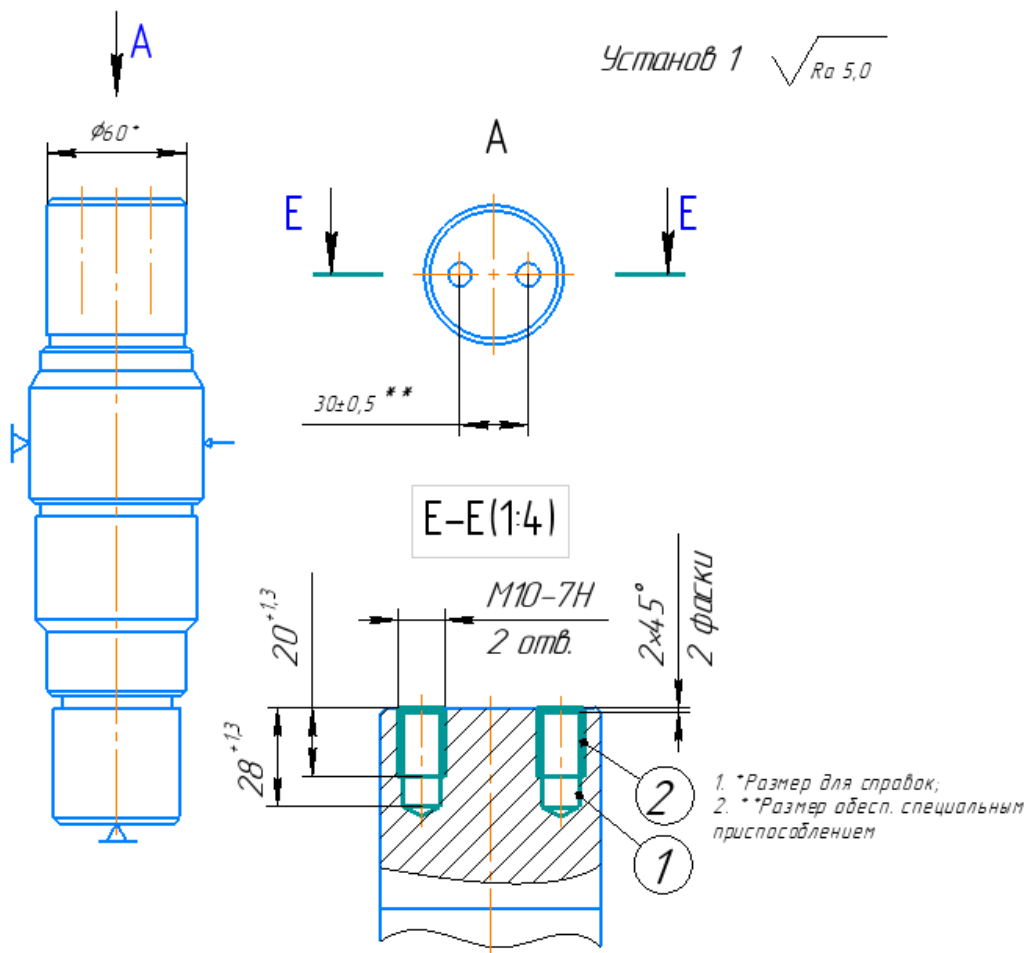


Рисунок 2.18 – Операционный эскиз 020 установ 1

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

ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ

Лист

34

Операция 020 – Радиально-сверлильная операция установ 2 (рисунок 2.19).

Установ 2

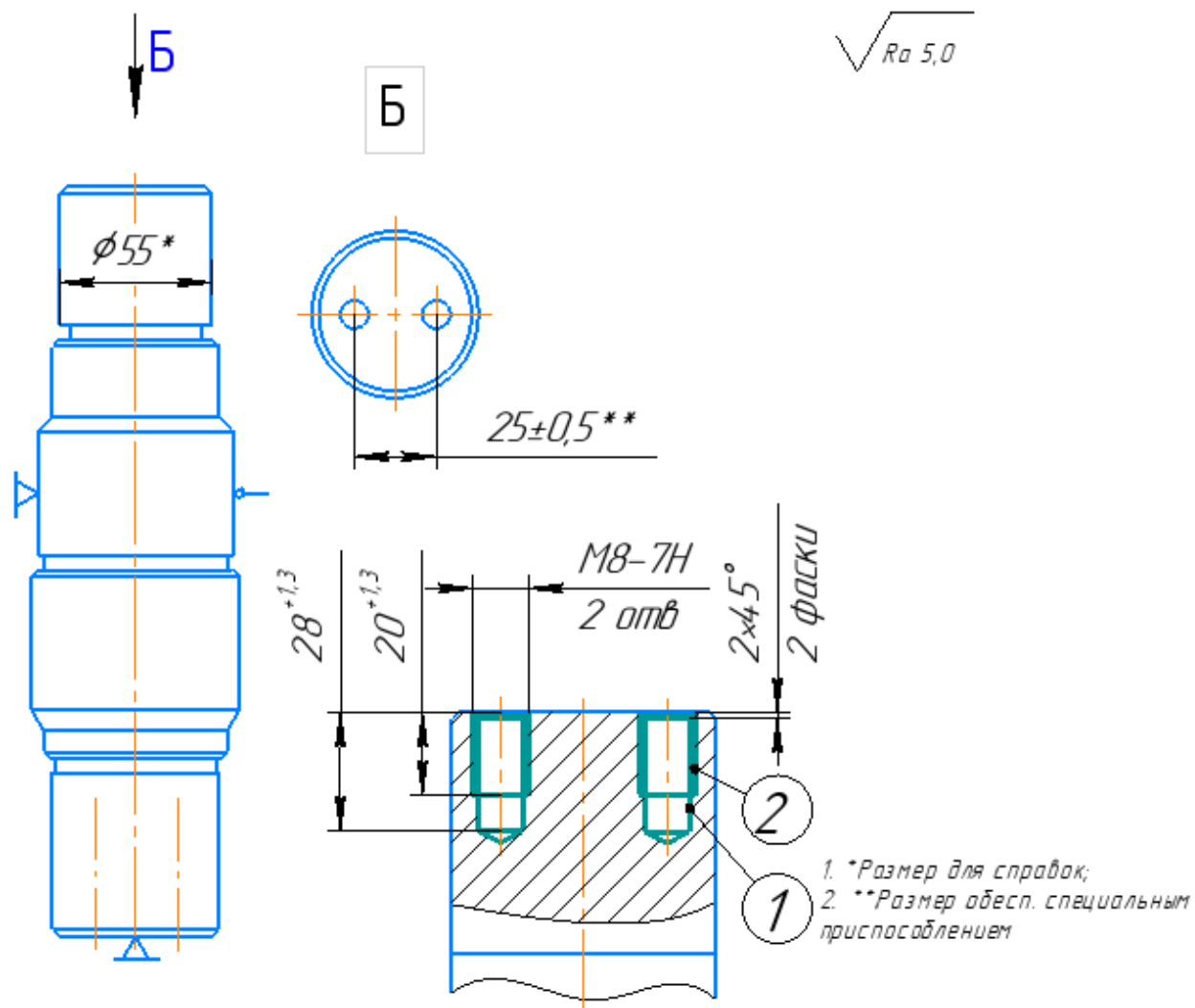


Рисунок 2.18 – Операционный эскиз 020 установ 2

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ

Лист

35

Операция 025 – Шлифрезерная операция установ 1 (рисунок 2.19)

Установ 1

$\sqrt{Ra\ 5,0}$

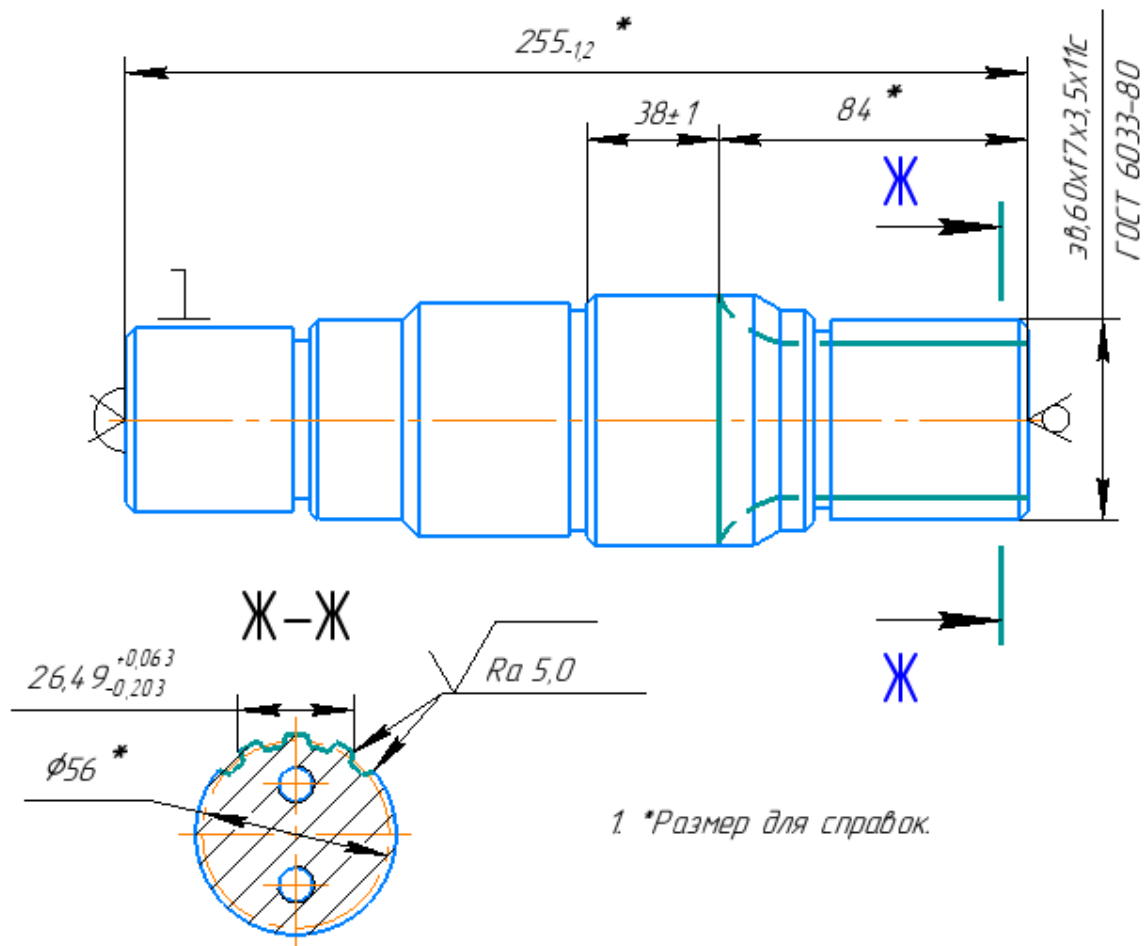


Рисунок 2.19 – Операционный эскиз 025 установ 1

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ

Лист

36

Операция 025 – Шлифрезерная операция установ 2 (рисунок 2.20)

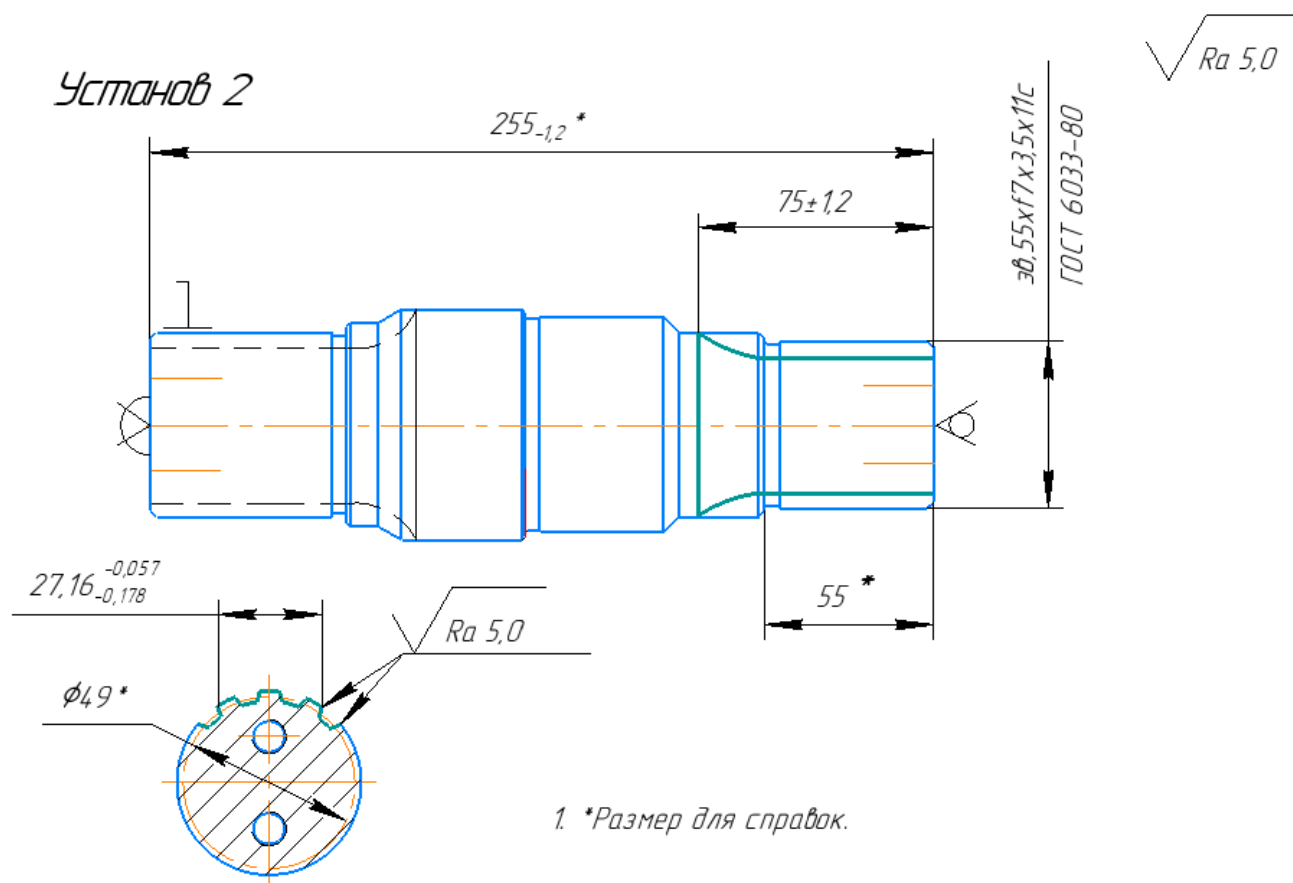


Рисунок 2.25 – Операционный эскиз 025 установ 2

2.2.4 Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса

Размерно-точностной анализ необходим для проверки выполняемости размеров, расчета припусков на обработку, выявление брака или чрезмерного использования материала. Линейная размерная схема приведена на рисунке 2.26, диаметральной размерная схема – на рисунке 2.28, рассчитаны два минимально необходимых припуска на обработку, остальные расчеты выполнены автоматически в программе «Kurs'ar» рисунок 2.27 для линейной и диаметральной соответственно рисунок 2.29.

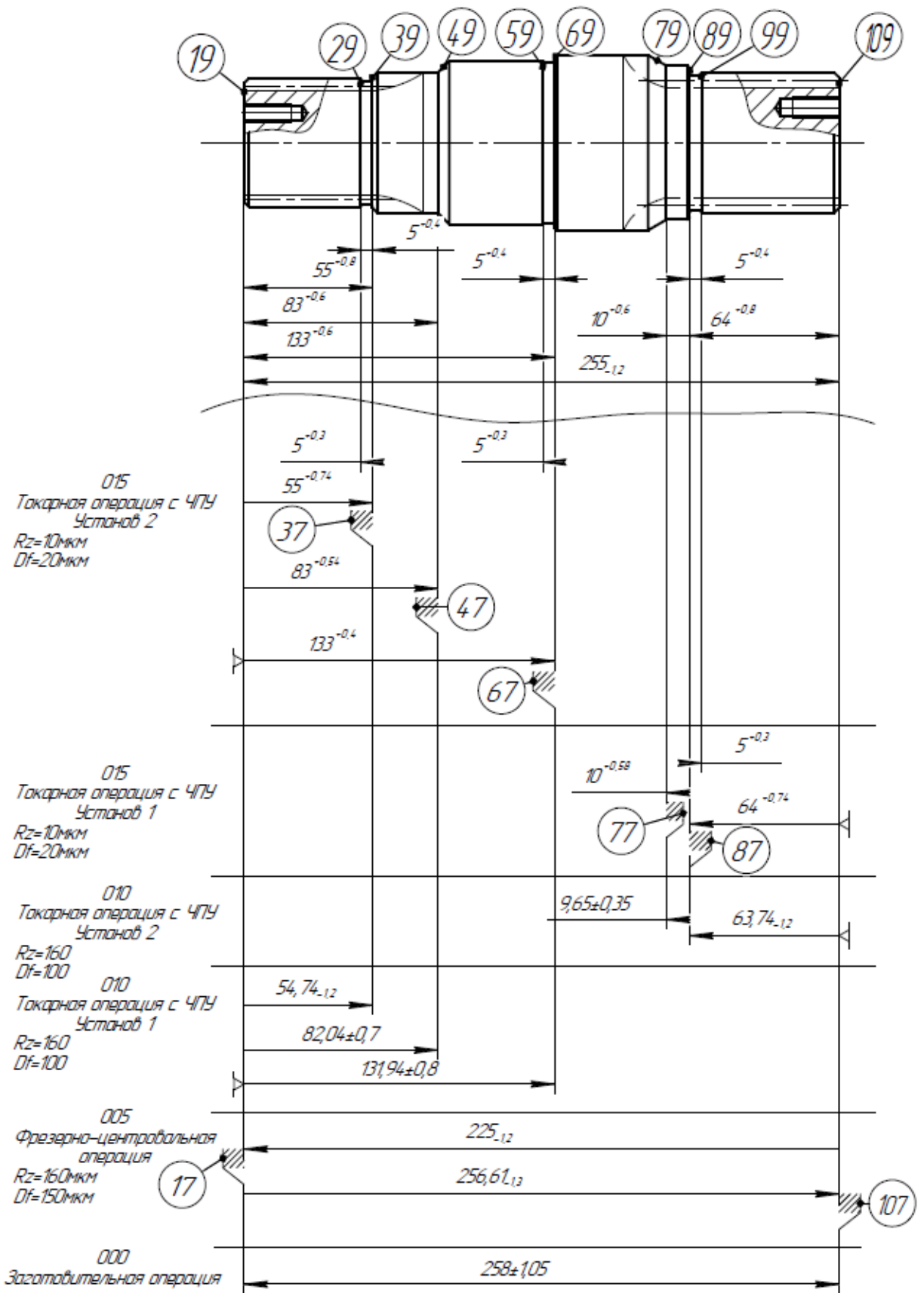


Рисунок 2.26 – Линейная размерная схема проектного варианта технологического процесса

Таблица

Результаты расчета размерной схемы (см.)

Г	Номера	Номинал.	Верхнее	Нижнее	Средний	Запасы расчетн.
р	левой и	значение	отклон.	отклон.	номи-	пределных зна-
у	правой				нальный	чений относит.
п	поверхно-	Если нет	Пределы. значен.:		размер	исходного звена
па	стей звена	номинала	Min и	Max	звена	по Min и по Max
12=	37 38		0,260	2,200	1,230	0,000
12=	47 48		0,260	2,200	1,230	0,000
12=	67 68		0,260	2,260	1,260	0,000
12=	78 77		0,260	3,480	1,870	0,000
12=	88 87		0,260	2,200	1,230	0,000
12=	17 18		0,310	2,410	1,360	0,000
12=	108 107		0,340	3,740	2,040	0,030
16+	18 37	54,740	0,000	-1,200	54,140	
16+	18 47	82,040	0,700	-0,700	82,040	
16+	18 67	131,940	0,800	-0,800	131,940	
16+	77 87	9,650	0,350	-0,350	9,650	
16+	87 108	63,740	0,000	-1,200	63,140	
16+	17 108	256,610	0,000	-1,300	255,960	
16+	17 107	258,000	1,050	-1,050	258,000	

Рисунок 2.27 – Результаты анализа линейной размерной схемы проектного технологического процесса

По результатам анализа можно сделать вывод, что припуски подобраны правильно. Не имеется заниженных припусков, что исключает

появление черноты на заготовке. Припуск [108..107] имеет запас 0,03 мм, это обусловлено тем, что округление размера заготовки было произведено до целого значения.

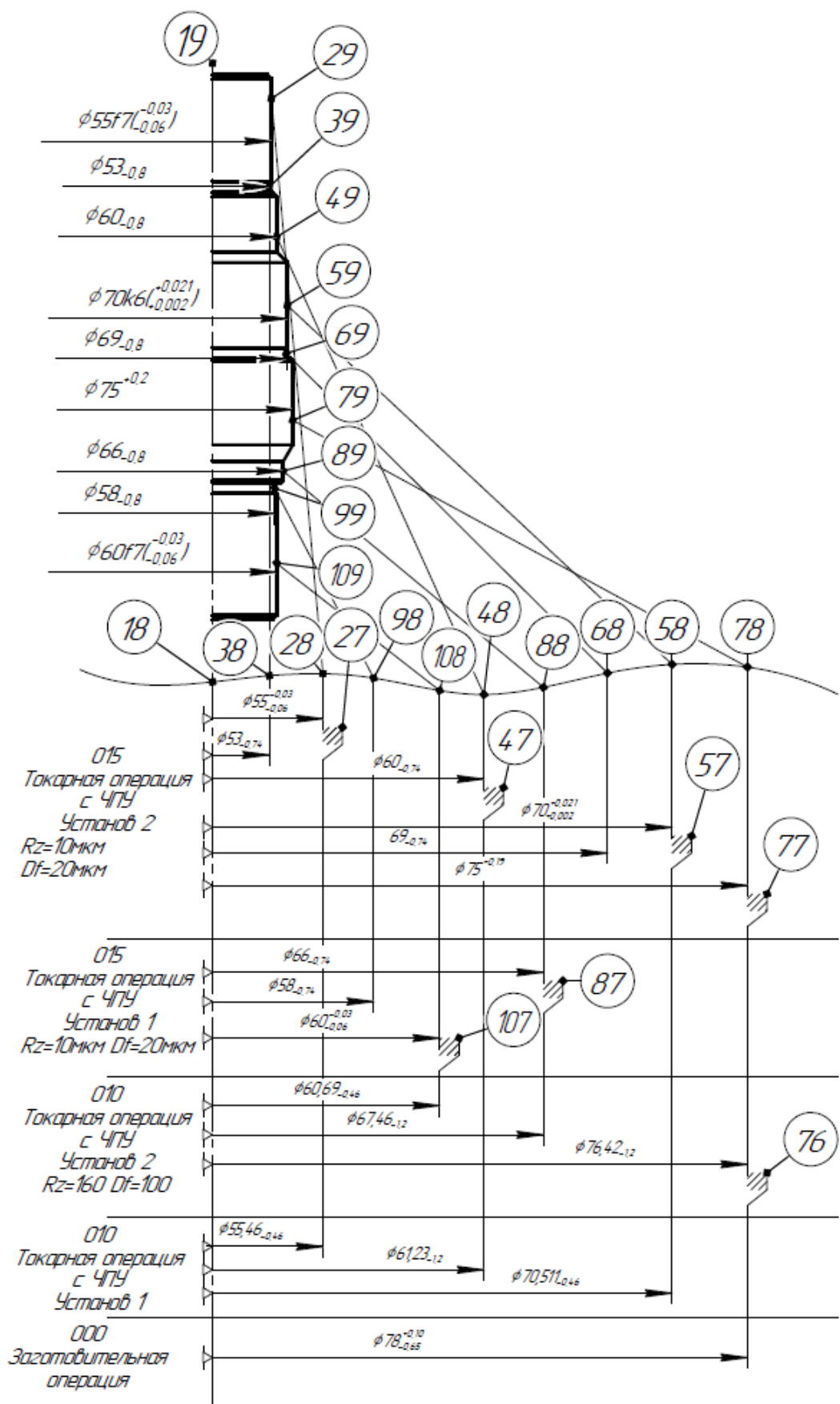


Рисунок 2.28 – Диаметральная размерная схема проектного технологического процесса

Таблица

Результаты расчета размерной схемы (см.)

Г	Номера	Номинал.	Верхнее	Нижнее	Средний	Запасы расчетн.
р	левой и	значение	отклон.	отклон.	номи-	предельных зна-
у	правой	-----	-----	-----	нальный	чений относит.
п	поверхно-	Если нет	Предельн.значен.:		размер	исходного звена
па	стей звена	номинала	Min и	Max	звена	по Min и по Max
--	----	-----	-----	-----	-----	-----
2=	28 27		0,030	0,520	0,275	0,000
2=	48 47		0,030	1,970	1,000	0,000
2=	58 57		0,030	0,509	0,270	0,000
2=	78 77		0,030	1,420	0,725	0,000
2=	88 87		0,260	2,200	1,230	0,000
2=	108 107		0,260	0,750	0,505	0,000
1#	77 76		0,680	2,880	1,780	0,420
6+	18 27	55,460	0,000	-0,460	55,230	
6+	18 47	61,230	0,000	-1,200	60,630	
6+	18 57	70,511	0,000	-0,460	70,281	
6+	18 77	76,420	0,000	-1,200	75,820	
6+	18 87	67,460	0,000	-1,200	66,860	
6+	18 107	60,690	0,000	-0,460	60,460	

Рисунок 2.29 – Результаты анализа диаметальной размерной схемы действующего технологического процесса

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

Произведем расчет режимов резания и норм времени для операции 010 установ 1 – токарная операция с ЧПУ.

Исходные данные.

Деталь:

- Наименование – вал механизма поворота (рисунок 2.31);
- Материал – сталь 40ХН (241..285 НВ);
- Точность обработки поверхностей: *IT*15;
- Шероховатость обработки: Ra20.

Заготовка:

- Горячий круглый прокат (точность *IT*16);
- Состояние поверхности без корки;
- Масса 9,7 кг;

Операция: базирование в центрах с поводковым патроном.

Содержание операции: точить поверхности 1-3, фаски 4 и 5.

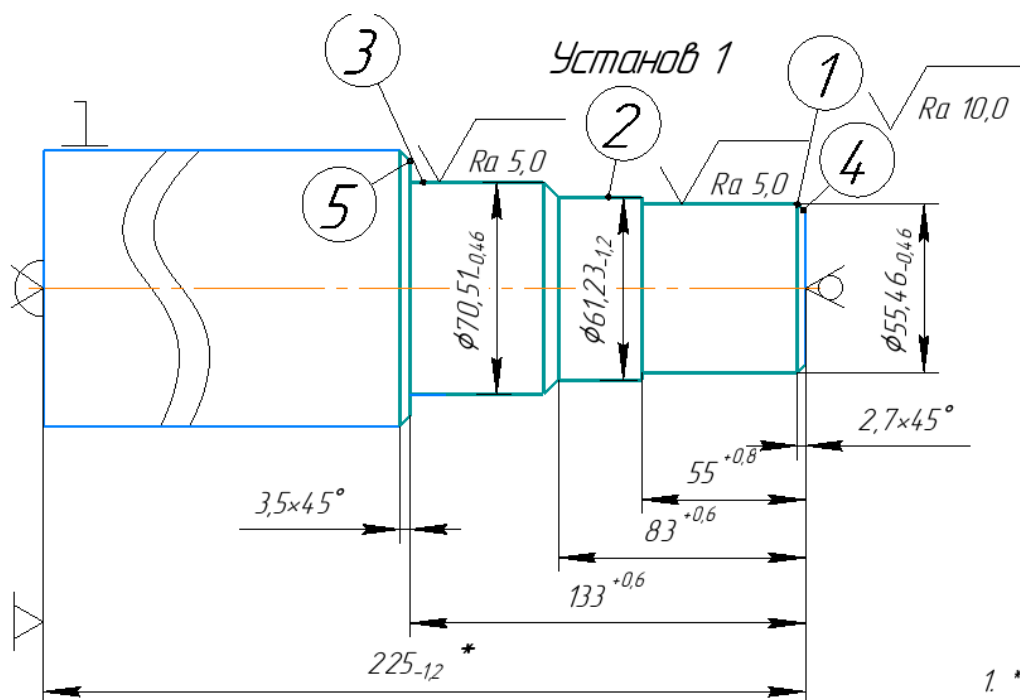


Рисунок 2.31 – Операция 010 установ 1

Выбор стадий обработки.

По карте 1 определяем стадии обработки. Для точения при качестве заготовки $IT16$ и качестве размера после обработки $IT15$ определяем черновую стадию обработки.

Выбор глубины резания.

По карте 2 определяем минимально необходимую глубину резания для черновой стадии обработки. Для диаметра детали до 80 мм глубина резания принимается $t = 1.5$ мм.

Выбор инструмента.

По приложению 1, 5 и исходя из условий обработки принимают сталь Р6М5 квадратной формы. По приложению 6 выбираем способ крепления пластины – клин-прихватом. По приложению 7 Главный угол в плане $\varphi = 60^\circ$, вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 15^\circ$.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

По приложению 8 определяют остальные геометрические параметры режущей части:

- задний угол $\alpha = 8^\circ$;
- передний угол $\gamma = 5^\circ$;
- форма передней поверхности резца – плоска с фаской;
- радиус скругления режущей кромки $\rho = 0,07$ мм;
- радиус вершины резца $r_b = 2$ мм.

Нормативный период стойкости: $T_n = 30$ мин (приложение 13).

Выбор подачи.

По карте 3 подбираются рекомендуемые значения подач для черновой стадии обработки, она будет равна $S_{0T} = 0,83$ мм/об для обработки поверхностей диаметром до 180 мм и глубиной резания до 2 мм.

Поправочные коэффициенты на подачу чистовой стадии обработки в зависимости от:

- механических свойств обрабатываемого материала $K_{S_M} = 0,9$;
- сечения державки резца $K_{S_d} = 0,95$;
- прочности режущей части $K_{S_h} = 1$;
- схемы установки заготовки $K_{S_y} = 1$;
- состояния поверхности $K_{S_n} = 1$;
- геометрических параметров режущей части инструмента $K_{S_\phi} = 1,15$;
- жесткости станка $K_{S_j} = 0,75$;

Окончательную подачу черновой стадии обработки определяют по формуле:

$$S_{0T_{1-5}} = S_{0T} K_{S_M} K_{S_d} K_{S_y} K_{S_n} K_{S_\phi} K_{S_j}, \quad (2.5)$$

$$S_{0T_{1-5}} = 0,83 * 0,9 * 0,95 * 1 * 1 * 1 * 1,15 * 0,75 = 0,612 \text{ мм/об}$$

Рассчитанные подачи проверяют по осевой и радиальной составляющим силы резания, допустимым прочностью механизма подач станка.

По карте 32 определим силы резания при продольном точении:

					<i>ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						43
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

$$P_{x_\tau} = 900 \text{ Н}, P_{y_\tau} = 360 \text{ Н},$$

где P_{x_τ} – осевая составляющая силы резания; P_{y_τ} – радиальная составляющая силы резания.

По карте 33 определим поправочные коэффициенты на силы резания для измененных условий работы в зависимости от:

- механических свойств обрабатываемого материала $K_{P_{mx}} = K_{P_{my}} = 1,2$;
- главного угла в плане $K_{P_{\phi x}} = 0,85$, $K_{P_{\phi y}} = 1,5$;
- переднего угла $K_{P_{\gamma x}} = 1$, $K_{P_{\gamma y}} = 1$;
- угла наклона режущей кромки $K_{P_{\lambda x}} = 1$, $K_{P_{\lambda y}} = 1$.

Окончательно составляющие силы резания будут равны:

$$P_x = P_{x_\tau} K_{P_{mx}} K_{P_{\phi x}} K_{P_{\gamma x}} K_{P_{\lambda x}} = 900 * 1,2 * 0,85 * 1 * 1 = 918 \text{ Н} \quad (2.6)$$

$$P_y = P_{y_\tau} K_{P_{my}} K_{P_{\phi y}} K_{P_{\gamma y}} K_{P_{\lambda y}} = 360 * 1,2 * 1,5 * 1 * 1 = 648 \text{ Н} \quad (2.7)$$

Выбор скорости резания.

По карте 21 определим скорость резания при $t = 1.5$ мм и $S_{0_{T1-5}} = 0,612$ мм/об, которая будет равна $v_T = 153$ м/мин. Поправочный коэффициент на скорость резания $K_{v_i} = 0,35$.

По карте 23 определим поправочные коэффициенты на скорость резания для черновой обработки для измененных условий работы в зависимости от:

- группы обрабатываемости материала $K_{v_c} = 1$;
- вида обработки $K_{v_o} = 1$;
- жесткости станка $K_{v_j} = 0,75$;
- механических свойств обрабатываемости материала $K_{v_m} = 0,7$;
- геометрических параметров резца $K_{v_\phi} = 1,1$;
- периода стойкости режущей части резца $K_{v_T} = 1$;
- наличия охлаждения $K_{v_ж} = 1$.

Общий поправочный коэффициент на скорость резания вычислим по формуле:

					<i>ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ</i>	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$K_v = K_{v_{и}} K_{v_c} K_{v_o} K_{v_j} K_{v_m} K_{v_{\phi}} K_{v_T} K_{v_{ж}}, \quad (2.8)$$

$$K_v = 0,35 * 1 * 1 * 0,75 * 0,7 * 1,1 * 1 * 1 = 0,2$$

Окончательная скорость резания на черновую стадию обработки находится по формуле:

$$v = K_v v_T = 153 * 0,2 = 30,6 \text{ м/мин.} \quad (2.9)$$

Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

$$n = \frac{1000v}{\pi D}, \quad (2.10)$$

Для черновой стадии обработки поверхности 1

$$n_1 = \frac{1000 * 30,6}{3,14 * 55,46} = 175,7 \text{ мин}^{-1}.$$

По карте 25 для получения параметра шероховатости $Ra = 10$ мкм рекомендуемая подача $S_{0T} = 0,82$ мм/об.

По карте 26 определим поправочные коэффициенты на подачу, допустимую по шероховатости обработанной поверхности для измененных условий работы в зависимости от:

- механических свойств обрабатываемого материала $K_{S_M} = 1,1$;
- инструментального материала $K_{S_{И}} = 0,8$;
- вида обработки $K_{S_0} = 1$;
- наличия охлаждения $K_{S_{ж}} = 1$.

Окончательно максимальная допустимая подача по параметру шероховатости для черновой стадии обработки поверхности определяем по формуле:

$$S_0 = S_{0T} K_{S_M} K_{S_{И}} K_{S_0} K_{S_{ж}}, \quad (2.11)$$

$$S_0 = 0,82 * 1,1 * 0,8 * 1 * 1 = 0,72 \text{ мм/об.}$$

Подача для черновой стадии обработки, рассчитанная выше, не превышает этого значения.

Рассчитаем минутную подачу для поверхности 1 по формуле:

$$S_{M1} = n_1 S_0 = 175,7 * 0,72 = 126,5 \text{ мм/мин.} \quad (2.12)$$

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

Для поверхностей 2, 3 расчеты аналогичны и приведены в таблице 2.6.

Определение норм штучного времени для операции 010 установ 1.

Норму штучного времени определяют по формуле:

$$T_{шт} = (T_o + T_{в.}) * \left(1 + \frac{a_{тех} + a_{орг} + a_{отл}}{100}\right). \quad (2.13)$$

Основное время определяется по формуле:

$$T_o = \frac{L}{nS_o}, \quad (2.14)$$

где L = – длина обработки поверхности, мм.

Основное время для выполнения поверхности 1 будет следующим:

$$T_{o1} = \frac{54,74}{175,7 * 0,72} = 0,43 \text{ мин.}$$

Суммарное основное время для операции 010 установа 1 будет равно:

$$T_o = 0,43 + 0,96 + 2,78 = 4,17.$$

Вспомогательное время складывается из составляющих, выбор которых осуществляется по части 1 нормативов:

$$T_{в} = T_{вуст} + T_{воп} + T_{виз}. \quad (2.15)$$

Вспомогательное время на установку и снятие детали определяем по части I, карте 7, позиция 8, индекс ж $T_{вуст} = 0,33$ мин.

Вспомогательное время, связанное с операцией $T_{воп}$ содержит время на включение и выключение станка, проверку возврата инструмента в заданную точку после обработки, установку и снятие щитка, предохраняющего от забрызгивания эмульсией (часть I, карта 14, позиции 4, 6, индекс а), следовательно оно будет равно:

$$T_{воп} = 0,15 + 0,03 = 0,18 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время на контрольные измерения $T_{виз}$ содержит время на четыре замера штангенциркулем (часть I, карта 15, позиция 155, индекс в) и 4 замера штангенглубиномером (часть I, карта 15, позиция 16, индекс г):

$$T_{виз} = 4 * 0,4 + 4 * 0,12 = 2,08 \text{ мин.}$$

					<i>ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						46
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Следовательно суммарное вспомогательное время по формуле 2.15 составит:

$$T_{\text{в}} = 0,33 + 0,18 + 2,08 = 2,59 \text{ мин.}$$

Время на организационное и техническое обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности приведено в процентах от оперативного времени (часть I, карта 16, позиция 16):

$$a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{отл}} = 8\%. \quad (2.16)$$

Окончательно норма штучного времени равна по формуле 2.13:

$$T_{\text{шт}} = (1,17 + 2,59) * (1 + 0,08) = 4,06 \text{ мин}$$

Для токарной операции 010 установка 2 (рисунок 2.32) расчет режимов аналогичен, результаты приведены в таблице 2.6.

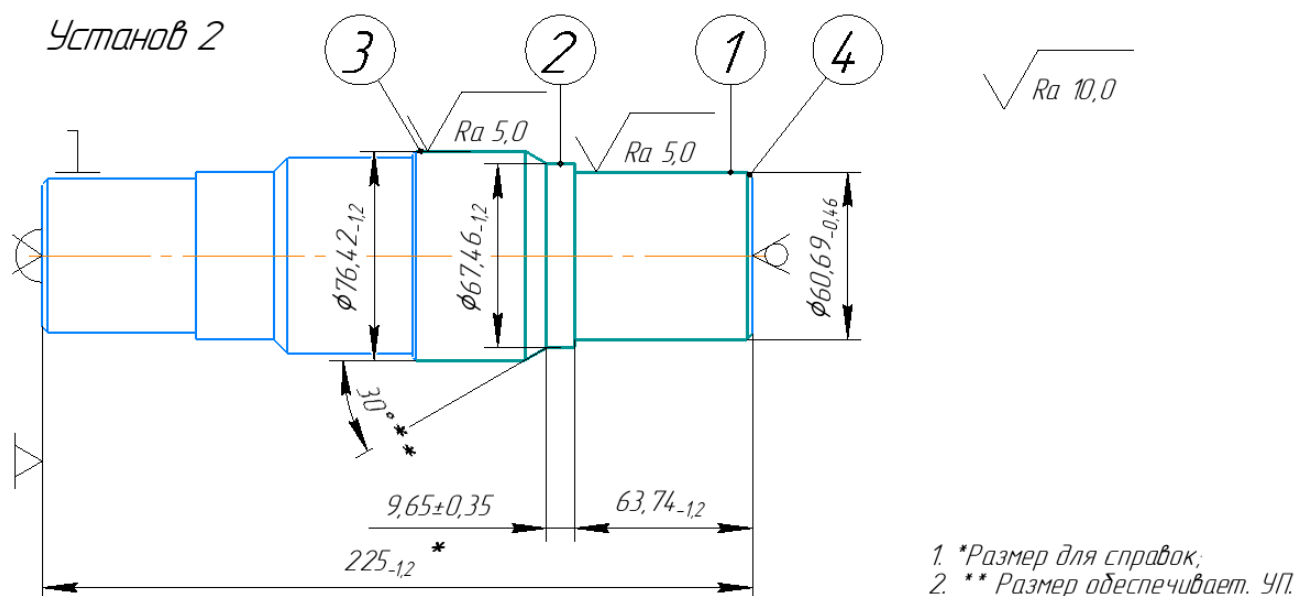


Рисунок 2.32 – Операция 010 установ 2

Определение норм штучного времени для операции 010 установ 2.

Вспомогательное время на установку и снятие детали будет равно (часть I, карта 7, позиция 8, индекс ж):

$$T_{\text{вуст}} = 0,33 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время, связанное с операцией $T_{\text{воп}} = 0,18$ мин, оно такое же как и при установке 1.

Вспомогательное время на контрольные измерения $T_{\text{виз}}$ содержит время на три замера штангенциркулем (часть I, карта 15, позиция 155, индекс в) и одного замера штангенглубиномером (часть I, карта 15, позиция 16, индекс г):

$$T_{\text{виз}} = 3 * 0,4 + 0,12 = 1,32 \text{ мин.}$$

Следовательно суммарное вспомогательное время по формуле 2.15 составит:

$$T_{\text{в}} = 0,33 + 0,18 + 1,32 = 1,83 \text{ мин.}$$

Время на организационное и техническое обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности приведено в процентах от оперативного времени аналогичен и равен:

$$a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{отл}} = 8\%.$$

Окончательно норма штучного времени равна по формуле 2.13:

$$T_{\text{шт}} = (1,15 + 1,83) * (1 + 0,08) = 3,22 \text{ мин}$$

Таблица 2.6 – Режимы резания на операцию точения 010

Параметр режима резания	Стадия обработки					
	Черновая					
	Установ 1			Установ 2		
	№ поверхности					
	1	2	3	1	2	3
Глубина резания t , мм	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Табличная подача $S_{\text{от}}$ мм/об	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612
Принятая подача, S_o мм/об	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
Табличная скорость резания v_T , м/мин	153	153	153	153	153	153
Скорректированная скорость резания v , м/мин	30,6	30,6	30,6	30,6	30,6	30,6
Частота вращения шпинделя n , мин ⁻¹	175,7	159,2	138,2	160,8	144,5	127,52
Минутная подача S_M , мм/мин	126,5	114,6	99,5	115,8	104,04	91,81
Основное время T_o , мин	0,43	0,24	0,5	0,55	0,09	0,51

Аналогично производятся расчеты для остальных операций. Результаты нормирования приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Результаты расчетов нормирования

Наименование операции	Время основное T_0 , мин	Время вспомогательное T_B , мин	Время штучное $T_{шт}$, мин	Подготовительно-заключительное время $T_{пз}$, мин
005 Фрезерно-центровальная	1,35	0,98	1,56	6
010 Токарная с ЧПУ	1,17	2,59	4,06	15
015 Токарная с ЧПУ	14,47	2,44	17,26	30
020 Сверлильная	7,4	4,7	13,07	20
025 Шлицефрезерная	50	2,28	56,45	30
Общее рабочее время	74,39			

Суммарное штучное время полной обработки одной заготовки:

$$\sum T_{шт} = 95,4 \text{ мин.}$$

2.2.6 Выводы по разделу

В проектном технологическом процессе изменен способ базирования заготовки. Вся обработка ведется в центрах, что позволяет избежать отклонения от соосности при постоянной переустановки, как это возможно было в действующем технологическом процессе, так как на токарных операциях заготовка обрабатывалась в трехкулачковом патроне и несколько раз переустанавливалась.

Произведен размерный анализ технологического процесса и посчитана величина минимального припуска.

Сформирована операционно-маршрутная технология с операционными эскизами и рассчитаны режимы резания на все переходы.

3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки

В токарном станке DMG 310 eoline используется револьверная головка. Револьвер с сервоприводом VDI 30 имеет 12 приводных позиций для инструмента показан на рисунке 3.1.

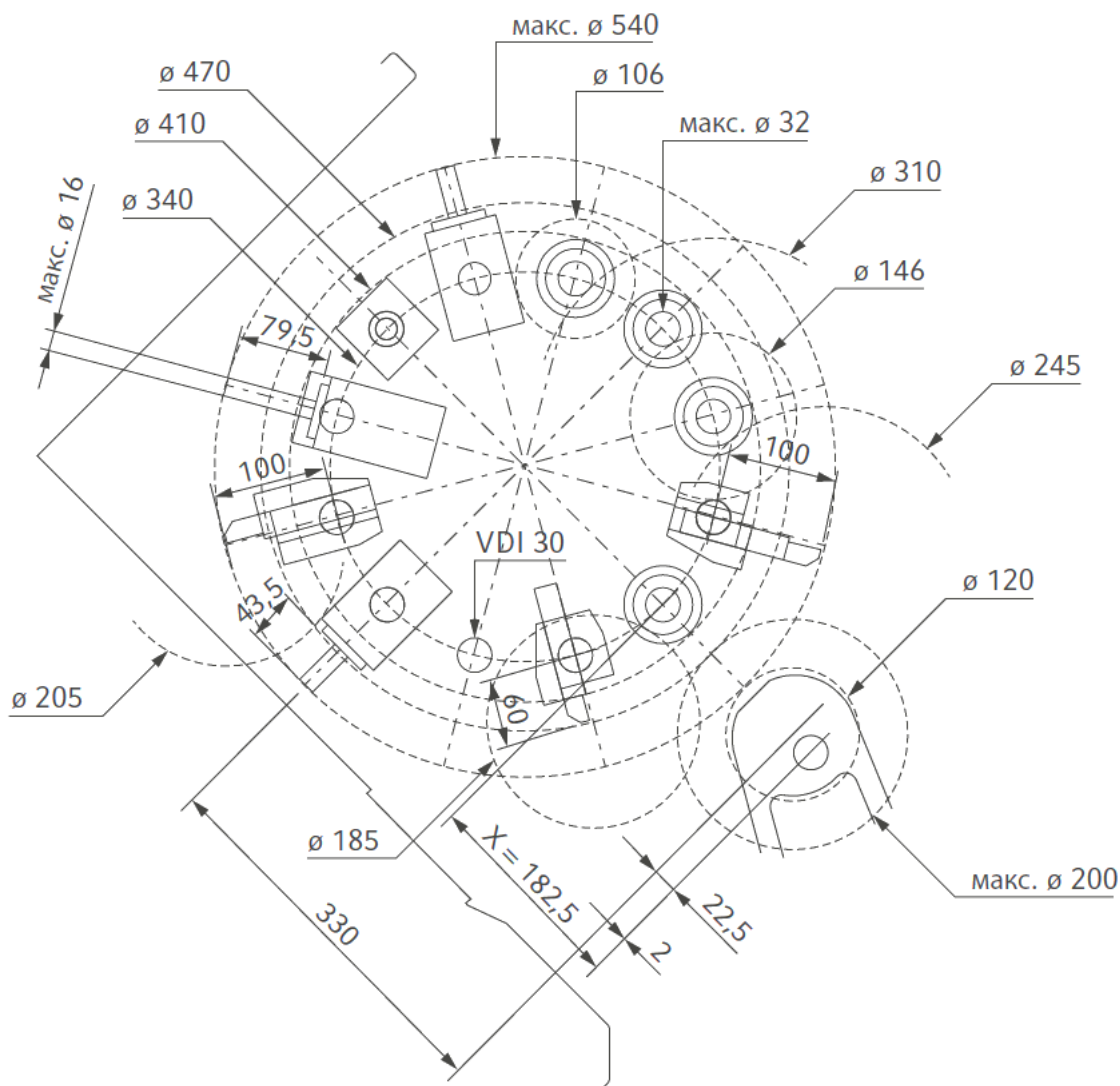


Рисунок 3.1 - Поперечный вид рабочей зоны

Выбираем многопозиционную державку 15.3025/20RL SH 25/20 для токарных резцов, выбранных в пункте 3.2 (рисунок 3.2).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

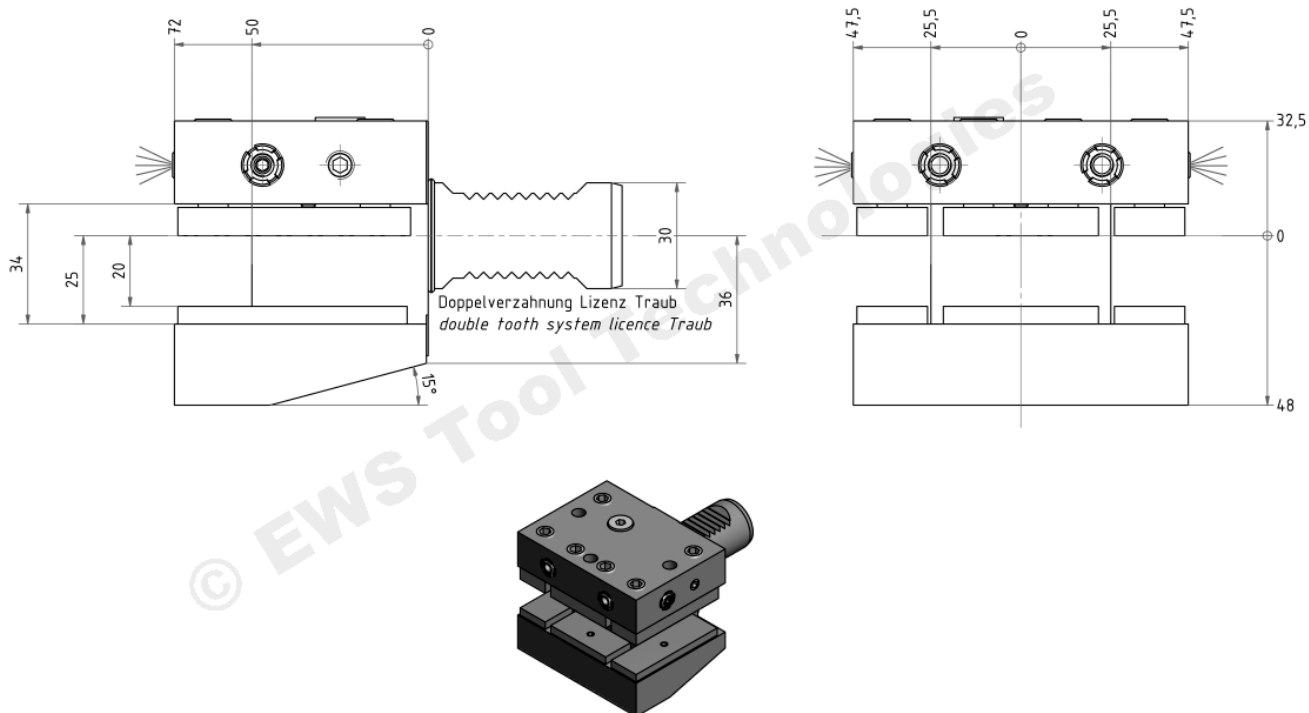


Рисунок 3.2 – Многопозиционная державка 15.3025/20RL SH 25/20

Для установки комбинированного сверла CoroDrill Delta-C R415.1-0690-30-AA0 воспользуемся цанговым патроном, KINTEK HSK63AH75ER16 который изображен на рисунке 3.3.

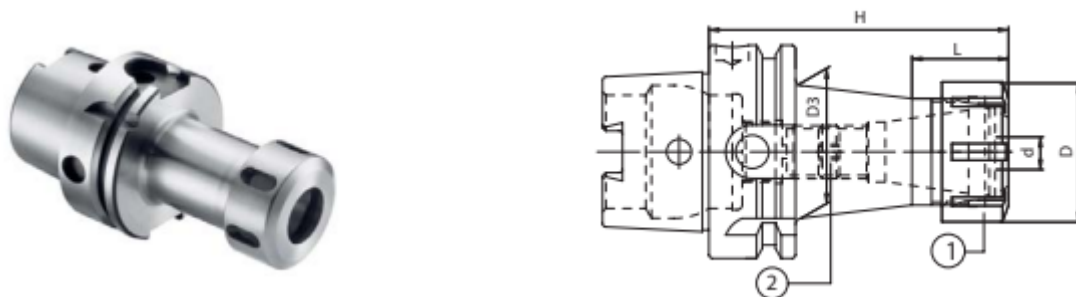


Рисунок 3.3 - Цанговый патрон KINTEK HSK63AH75ER16 ($H = 75, d = 0.5 \div 10, D = 32, ER = 16$)

Для установки метчика E212M10 воспользуемся цанговым патроном A63.01.1 (Рисунок 3.4)

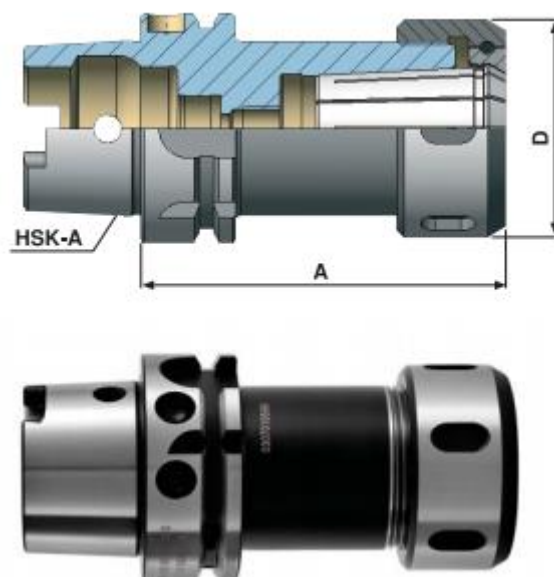


Рисунок 3.4 - Цанговый патрон A63.01.16 (HSK – A 63, $d = 2 \div 16$, $A = 100$,
 $D = 43$)

3.2 Проектирование и расчёт специального станочного приспособления

Необходимо спроектировать специальное станочное приспособление для операции 020 – сверлильная операция.

Выбираем схему установки (двойная направляющая и двойная опорная), представленную на рисунке 3.2, так как отнимаем 6 степеней свободы, что оптимально для данной операции сверления.

Для базирования установки будут использованы опорная призма и опора в виде центра. Корпусом станочного приспособления будет являться приспособление в виде уголка.

3.2.1 Определение сил, сдвигающих заготовку

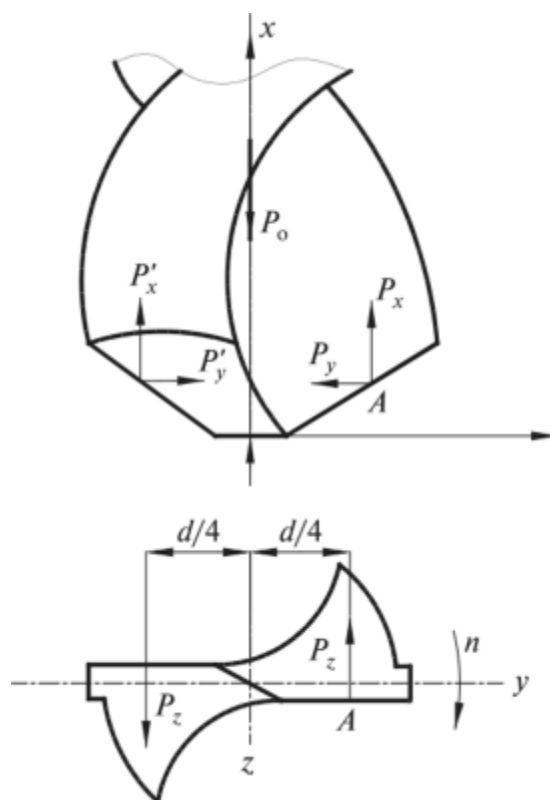


Рисунок 3.1 – Силы действующие на сверло

Необходимо указать воздействие каждой составляющей силы резания на заготовку:

P_x – составляющая силы, которая совпадает по направлению с D_r вращательного, не дает сильного влияния на сдвиг заготовки, поэтому этой силой можно пренебречь.

P_y – составляющая силы резания, которая прижимает заготовку к установочному элементу, поэтому в расчетах данной силой можно пренебречь.

P_z – составляющая силы резания, которая стремится прокрутить заготовку на установочном элементе, что недопустимо.

Силы P_z обычно не рассчитываются; для практических целей удобно пользоваться создаваемым этими силами крутящим моментом.

Таким образом необходимо рассчитать осевую силу P_o :

$$P_o = 10C_p * D^q * S^y * K_p \quad (3.1)$$

$$C_p = 68;$$

$$q = 1;$$

$$y = 0.7;$$

$$S_0 = 0.08 \text{ мм/об.}$$

Поправочный коэффициент K_p представляет собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактические условия резания.

$$K_p = K_{Mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp} \quad (3.2)$$

Главный угол в плане $K_{\varphi p} = 0.94$;

Передний угол $K_{\gamma p} = 1$;

Угол наклона главного лезвия $K_{\lambda p} = 1$;

Радиус при вершине $K_{rp} = 1$;

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{690}{750} \right)^{0.75} = 0.94$$

$$K_p = 0.94 * 0.94 * 1 * 1 * 1 = 0.88$$

$$P_o = 10 * 68 * 8.5^1 * 0.08^{0.7} * 0.94 = 927.3 \text{ Н}$$

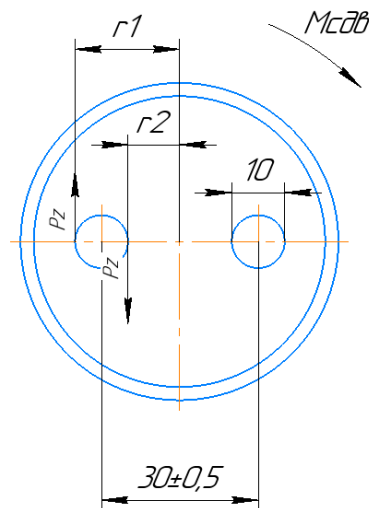


Рисунок 3.2 – Действие силы

$$M_{сдв} = P_o (r_1 - r_2) = 927.3 * (35 - 25) = 9273 \text{ Нм} \quad (3.3)$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3.2.2 Определение сил, удерживающих заготовку

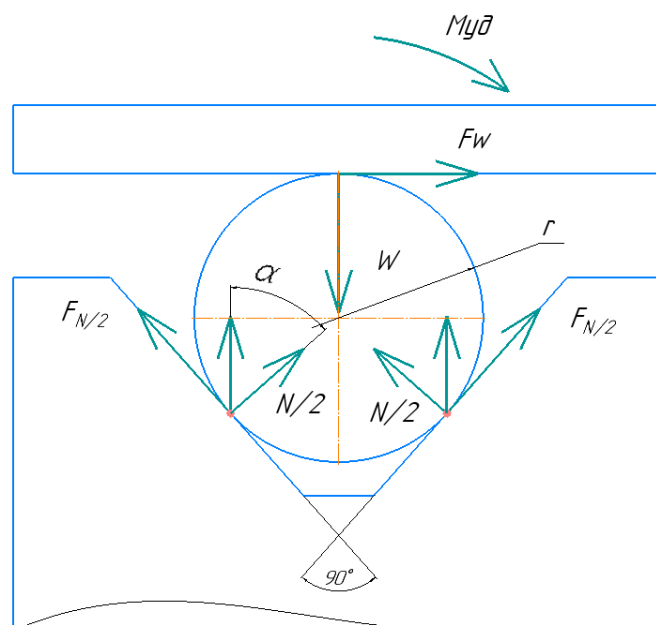


Рисунок 3.3 – Силы, возникающие при закреплении заготовки в приспособлении

$$k_H \sum M_{сдв} = \sum M_{уд}$$

$$M_{уд} = F_w r + 2F_{N/2} r$$

$$F_w = Wf$$

$$F_{N/2} = \frac{N}{2} f$$

$$2N \cos \alpha = W$$

$$N = \frac{W}{2 \cos \alpha} \quad (3.4)$$

Можно записать следующее выражение:

$$M_{уд} = Wfr + 2 \frac{Wf}{\cos \alpha} r, \quad (3.5)$$

где $\alpha = 45^\circ$, $f = 0.1$ – коэффициент трения, $r = 35$ – радиус заготовки, $k_H = 3.5$ – коэффициент надежности.

$$\Rightarrow 3.5 * 9273 = Wfr \left(1 + \frac{2}{\cos \alpha} \right) \Rightarrow W = \frac{3.5 * 9273}{0.1 * 35 * \left(\frac{2}{\cos 45^\circ} \right)} = 2422 \text{ Н}$$

$$Q = \frac{W}{i\eta} = \frac{Wl_1}{\eta(l_1 + l_2)}, \quad (3.6)$$

где l_1, l_2 – плечи зажима заготовки к опорной призме.

$$Q = q_B S = q_B * \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} = 0.785(D^2 - d^2) \quad (3.7)$$

Приравнивая формулы 3.6 и 3.7, получим:

$$D = \sqrt{\frac{Wl_1}{0.785\eta q_B(l_1 + l_2)} + d^2}; \quad (3.8)$$

$$D = \sqrt{\frac{2422 * 47,5}{0.784 * 0.95 * 0.4(47,5 + 120)}} = 63.7$$

Подбором определяем по ГОСТ 6540-68 возьмем $D = 50$ мм – диаметр цилиндра, $d = 18$ – диаметр штока.

3.2.3 Расчет точности обработки заготовки в станочном приспособлении

Должно выполняться условие:

$$\Delta_{\Sigma} < T, \quad (3.9)$$

где $T = 1.000$ – допуск на размер или на техническое требование.

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{(K_1 * \Delta_{M.O.})^2 + \Delta_C^2 + \Delta_{И}^2 + \Delta_{ИЗМ}^2 + \Delta_{У.П.}^2 + \Delta_{Р.П.}^2 + \Delta_{Н.П.}^2}, \quad (3.10)$$

$K_1 = 0.7$ – коэффициент, зависящий от точности (при ИТ6);

$\Delta_{M.O.} = 0.15$ – погрешность равная величине средней экономической точности;

$\Delta_C = 0.04$ – погрешность, вызываемая точностью оборудования станка;

$\Delta_{И} = 0$ – погрешность, вызываемая инструментом;

$\Delta_{ИЗМ} = 0.03$ – погрешность метода измерения;

$\Delta_{У.П.}$ – погрешность установки заготовки:

$$\Delta_{у.п.} = \sqrt{\Delta_{бп}^2 + \Delta_{зп}^2 + \Delta_{ип}^2} = 0, \quad (3.11)$$

$\Delta_{бп} = 0$ – погрешность базирования;

$\Delta_{зп} = 0$ – погрешность закрепления (сила закрепления в направлении параметра точности не действует);

$\Delta_{ип} = 0$ – погрешность изготовления установочных элементов (допуск учтен в $\Delta_{бп}$);

$\Delta_{р.п.} = 0$ – погрешность настройки режущего инструмента на размер (посадка кондукторной втулки, наибольший гарантированный зазор равен 0, так как посадка выполнена с натягом)

$\Delta_{н.п.} = 0.25 * T = 0.25$ – погрешность расположения установочных поверхностей относительно стола станка.

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{(0.7 * 0.15)^2 + 0.04^2 + 0.25^2} = 0.274$$

$\Delta_{\Sigma} < T$ – условие достижения точности обработки заготовки в станочном приспособлении выполняется.

Выполнено проектирование приспособления для сверления отверстия на торцах в детали «Вал механизма поворота». Приспособление представлено на рисунке 3.4. Выполнен сборочный чертеж приспособления в трех проекциях, и спецификация на двух листах. Также выполнен чертеж одной из деталей приспособления.

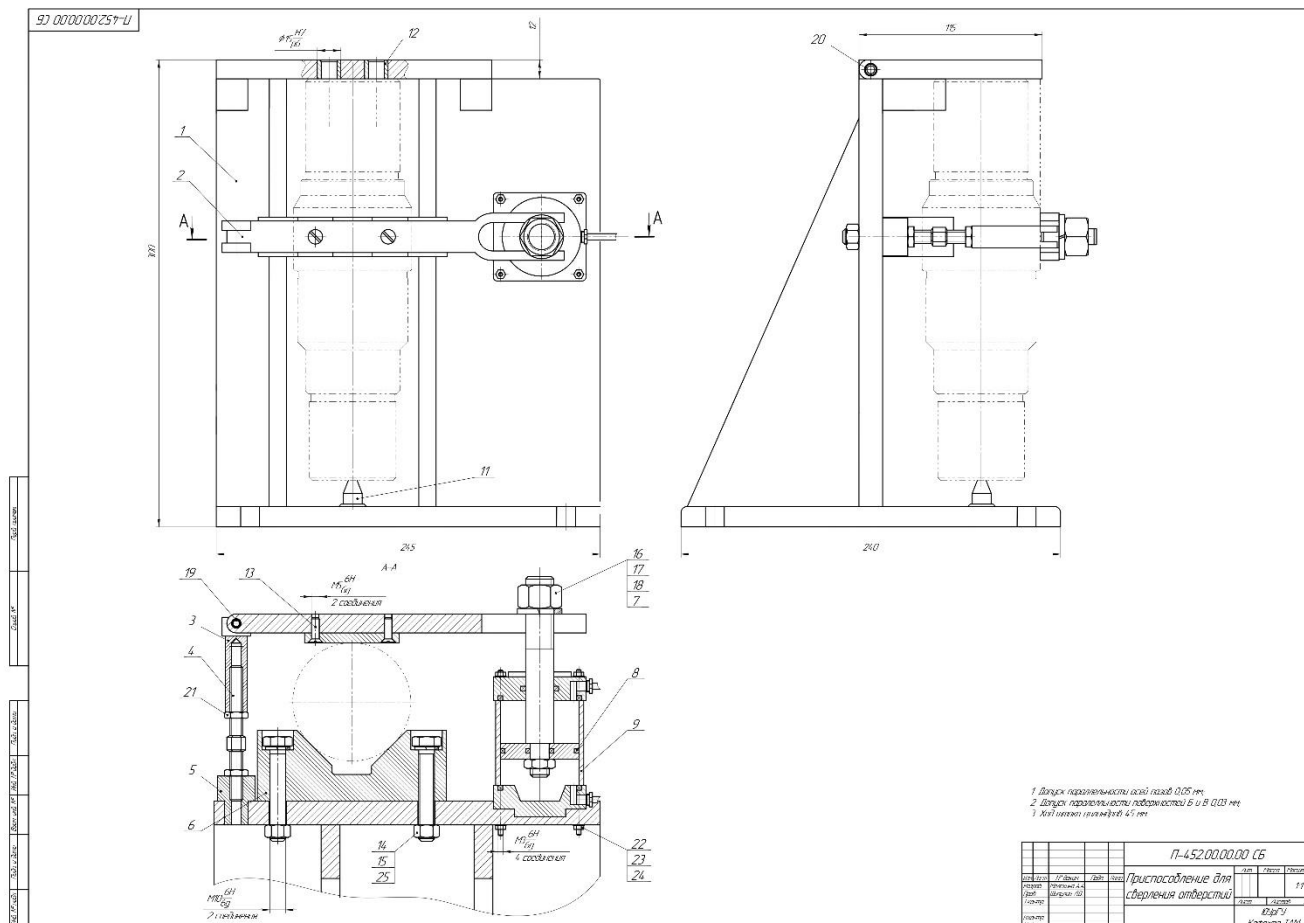


Рисунок 3.4 – Приспособление для сверлильной операции 020

3.3 Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента

3.3.1 Выбор токарного инструмента

Выбор токарного резца для обработки поверхности 1, проводим по следующей методике:

1. Вид обрабатываемой поверхности - цилиндрическая, требования по шероховатости – $Ra 1.25$;
2. Тип выполняемой операции – токарная операция;
3. Производится черновая обработка;
4. Группа резания углеродистая и легированная сталь (P);
5. Система крепления пластины P – для прерывистого резания при черновой обработке;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

6. Типоразмер державки R 20x20;

7. Выбор геометрии пластины и марки материала режущих пластин:

- Выбор заднего угла СМП: $\alpha = 0$;
- Форма передней поверхности: полустружковой стружкой $t = 1,5 \dots 5,0$ мм; $S_0 = 0,2 \dots 0,5$ мм/об.
- Марка сплава СМП TP0501, он наиболее универсален и подходит для большинства операций.
- Для чернового точения выбираем пластину с радиусом при вершине 0,8.

По этой методике выбираем державку призматическую DSBNR 2020K 12 (Рисунок 1.3) и режущую пластину SNMG 12 04 16-PR 4325 (Рисунок 3.1)

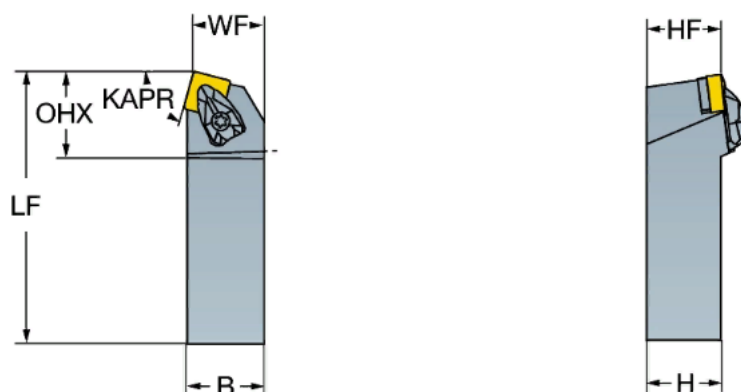


Рисунок 3.1 – призматическая державка DSBNR 2020K 12 ($KAPR = 75^\circ$, $B = 20$, $H = 20$, $LF = 125$, $WF = 17$, $HF = 20$, $OHX = 34,2$)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

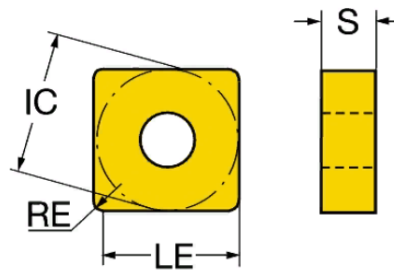


Рисунок 3.2 – режущая пластина SNMG 12 04 16-PR 4325 (IC = 12.7, LE = 11.1, RE = 1.588, S = 4.763)

Расшифровка державки:

- D – система крепления: двойной зажим;
- S – форма пластины: квадрат;
- B – главный угол в плане: 75°;
- N – задний угол в плане: 0°;
- R – направление резания;
- 20 – высота державки, мм;
- 20 – ширина державки, мм;
- K – длина державки: 125 мм;
- 12 – длина режущей кромки, мм.

Расшифровка пластины:

- S – форма пластины: квадрат;
- N – задний угол: 0°;
- M – предел допуска: $d = \pm 0.05 \div \pm 0.15$, $m = \pm 0.08 \div \pm 0.2$, $s = \pm 0.13$;
- G – конструктивные особенности: с отверстием, форма отверстия – цилиндрическая, стружколом – двухсторонний;
- 12 – длина режущей кромки: 12.7 мм;
- 04 – обозначение толщины: 4.76 мм;
- 16 – обозначение углового радиуса пластины: 1.8 мм;

Для всех токарных операции (010 ,015, 020) по обработки цилиндрической наружной поверхности подходит выбранный резец.

Для чистовой обработки и обработки канавок подберем контурный резец.

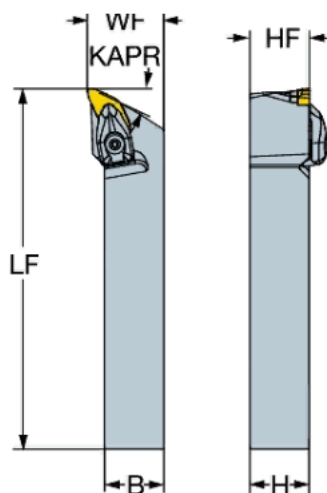


Рисунок 1.5 – Державка для точения CP-25BR-2020-11 ($KAPR = 95^\circ$, $B = 20$,
 $H = 20$, $LF = 125$, $WF = 25$, $HF = 20$)

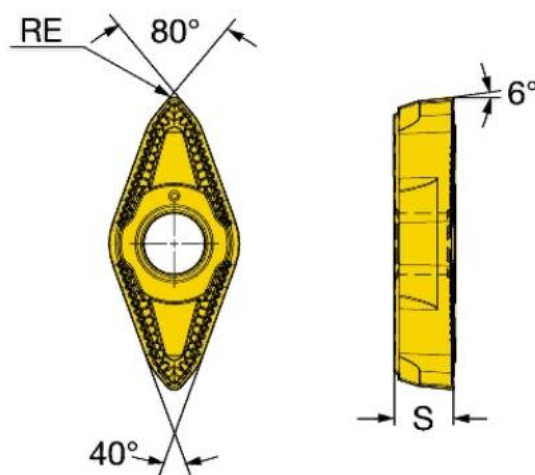


Рисунок 1.6 – Режущая пластина для точения N123G2-0300-0003-TF 4125
($RE = 0.794$, $S = 5$)

3.3.2 Выбор режущего инструмента для обработки отверстий

При сверлении отверстий на торцах вала можно применить комбинированный режущий инструмент сверло CoroDrill 860.1-0850-044A0-GM

X1BM (рисунок 1.7), а также , которое обеспечит необходимый размер и требования.

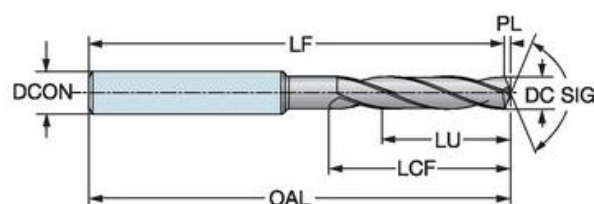


Рисунок 1.7 – Сверло CoroDrill 860.1-0850-044A0-GM X1BM ($M8, D_c = 8,5, LU = 44, SIG = 140, PL = 1.547, OAL = 103, LF = 101,453, LCF = 61$)

Для фрезерно-центральной операции выбираем центровочное комбинированное сверло 8А 2317-0010 ГОСТ 14952-75 (Рисунок 1.8).

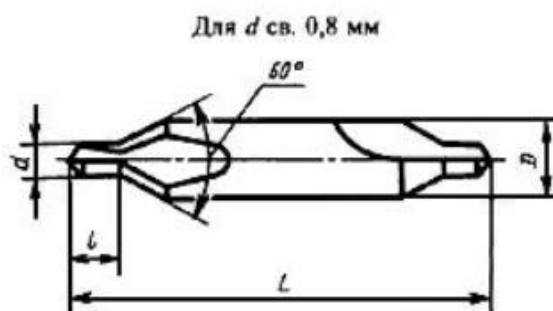


Рисунок 1.8 - сверло 8А 2317-0010 ГОСТ 14952-75 ($d = 8; D = 20; l = 11.5; L = 83$).

3.3.3 Выбор фрезерного инструмента

Для фрезерно-центральной операции выбираем торцевую фрезу по ГОСТ 9304-69 «Фрезы торцовые насадные. Типы и основные размеры» 2210-0073 (рисунок 1.9)

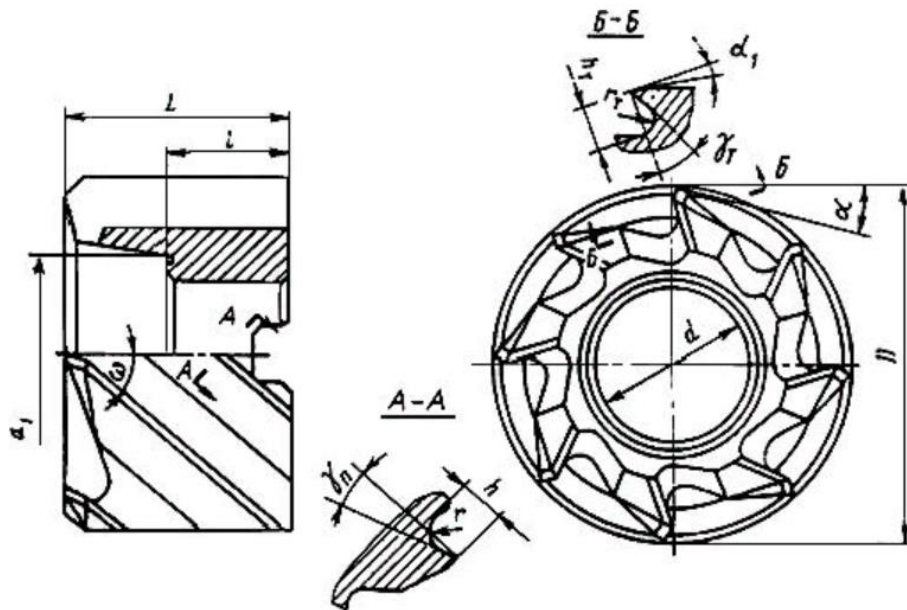


Рисунок 1.9 – Фреза 2210-0073 ГОСТ 9304-69 ($D = 80$; $d = 32$; $d_1 = 45$; $L = 45$; $l = 25$; $z = 16$)

3.3.4 Выбор резьбонарезного режущего инструмента

Для нарезания резьбы воспользуемся метчиком со спиральными стружечными канавками E212M10 (рисунок 1.10).

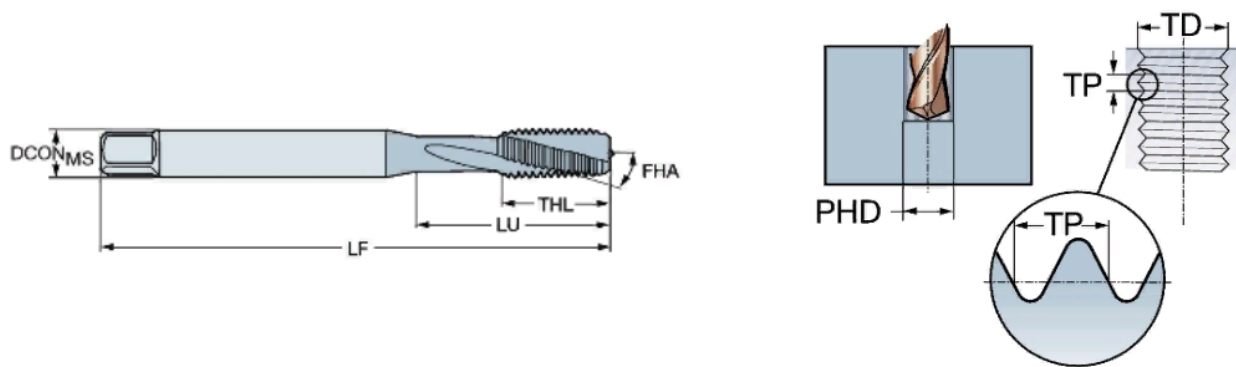


Рисунок 1.10 - Метчик со спиральными стружечными канавками E212M10
 (TDZ = M10, TP = 1.5, TD = 10, PHD = 8.5, TCTR = 6H, LU = 39,
 DCON = 10, LF = 100, FHA = 15°, THL = 20)

3.4 Проектирование и расчёт специального режущего инструмента

Требуется разработать режущий инструмент для нарезания шлицев, изображённых на рисунке 3.5.

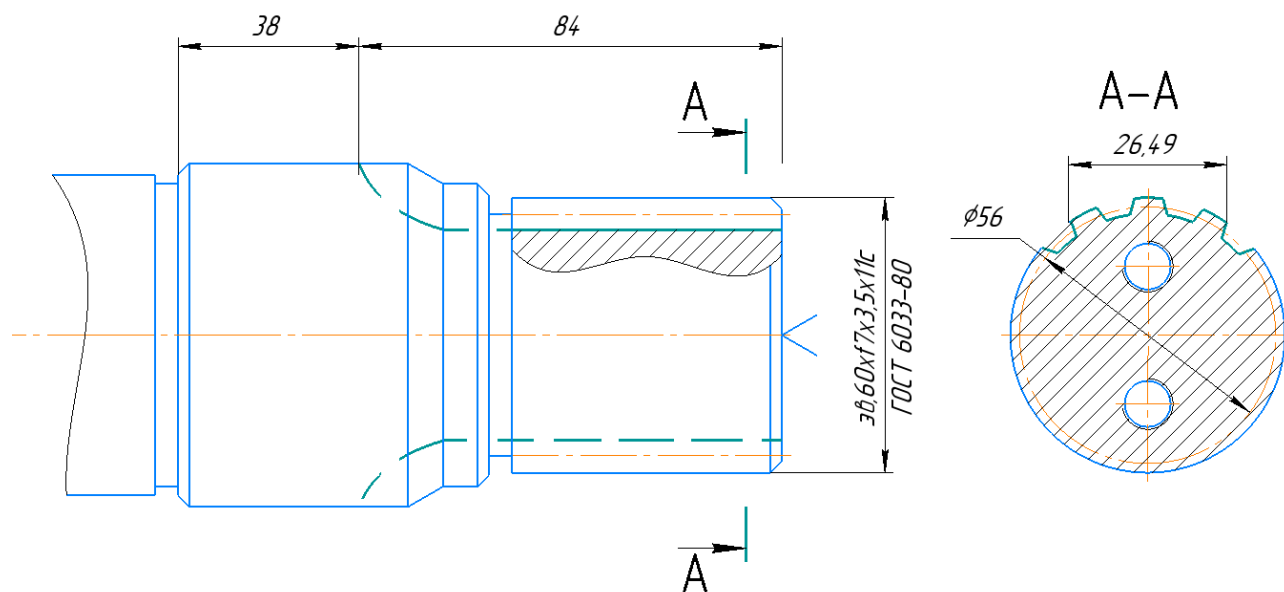


Рисунок 3.5 – Эскиз выполняемых шлицев

3.4.1 Исходные данные

Фреза чистовая.

Шлицевой вал 60xf7x3.5x11c (центрирование по наружному диаметру)
 ГОСТ 6033-80.

- 1) Модуль: 3.5 мм;
- 2) Число шлицев: 16;
- 3) Наружный диаметр: $D = 60$;
- 4) Угол профиля: $\alpha = 30^\circ$;
- 5) Центрирование по наружному диаметру.

3.4.2 Проектирование червячной фрезы для обработки эвольвентных шлицев

Расчет параметров исходного производящего червяка фрезы:

- 1) Нормальный угол профиля

$$\alpha_{n0} = \alpha = 30^\circ$$

- 2) Число витков (заходов) производящего червяка

$$z_0 = 1$$

- 3) Делительный угол подъема витков производящего червяка

$$\gamma_0 = 2^\circ$$

- 4) Высота делительной головки витка производящего червяка (зуба фрезы)

$$h_{a0} = m_n(h_a^* + c^*) = 2.45$$

- 5) Высота витка производящего червяка (зуба фрезы)

$$h_0 = h_1 + 0.3m_n = 4.90$$

- 6) Делительный диаметр производящего червяка (фрезы) расчетный

$$d'_0 = \frac{m_n z_0}{\sin \gamma_0} = \frac{3.5 * 1}{\sin 2} = 100.3$$

- 7) Диаметр поверхности вершин производящего червяка (фрезы), кратно 0.5

$$d_{a0} = d'_0 + 2h_{a0} = 100.3 + 2 * 2.45 = 105.2 \Rightarrow d_{a0} = 106$$

- 8) Действительный делительный диаметр производящего червяка (фрезы)

$$d_0 = d_{a0} - 2h_{a0} = 106 - 2 * 2.45 = 101.1$$

- 9) Делительный диаметр подъема витков исходного производящего червяка уточненный

$$\gamma_0 = \arcsin\left(\frac{m_n z_0}{d_0}\right) = \arcsin\left(\frac{3.5 * 1}{101.1}\right) = 1.984^\circ$$

10) Нормальный шаг исходного производящего червяка

$$p_{n0} = p_{n1} = \pi m_n = 10.996$$

11) Осевой шаг производящего червяка

$$p_{x0} = \frac{p_{n0}}{\cos \gamma_0} = \frac{10.996}{\cos 1.984^\circ} = 11.003$$

12) Ход витков производящего червяка

$$p_{z0} = p_{x0} z_0 = 11.003$$

Расчет параметров профиля зуба фрезы:

13) Нормальная делительная толщина зуба

$$S_{n0} = 0.5 p_{n0} \pm \Delta S = 0.5 * 10.996 - 0.036 = 5.462$$

14) Осевая делительная толщина зуба

$$S_{x0} = \frac{S_{n0}}{\cos \gamma_0} = \frac{5.462}{\cos 1.984^\circ} = 5.465$$

15) Угол профиля на окружности вершин

$$\alpha_{ta1} = \arccos\left(\frac{d_{b1}}{d_{a1}}\right) = \arccos\left(\frac{d_1 \cos \alpha_t}{d_1 + 2m_n(h_a^* + c^*)}\right) = 37.569^\circ$$

Расчет параметров режущей части:

16) Число зубьев фрезы

$$z = \frac{2.6b\pi}{\varphi} = 22$$

$$\varphi = \arccos\left(\frac{d_{a0} - 2h_1}{d_{a0}}\right) = \arccos\left(\frac{106 - 2 * 3.85}{106}\right) = 0.384$$

17) Задний угол на вершине зуба

$$\delta_a = 10^\circ$$

18) Величина первого затылования

$$k_1 = \frac{\pi d_{a0} t d \delta_a}{z} = 3$$

Величина второго затылования

$$k_2 = 1.5k_1 = 4.5$$

19) Действительный задний угол при вершине зуба

$$\delta_a = \operatorname{arctg} \left(\frac{k_1 z}{\pi d_{a0}} \right) = 11.2^\circ$$

20) Диаметр расчетный начальной поверхности винтовых стружечных канавок

$$d_{\text{рас}} = d_{a0} - 2h_{a0} - 2\sigma k_1 = 106 - 2 * 2.45 - 2 * 0.1 * 3 = 100.5$$

21) Угол наклона стружечных канавок

$$\omega = \operatorname{arctg} \left(\frac{m_n z_0}{d_{\text{рас}} \cos \gamma_0} \right) = 1.996^\circ$$

22) Шаг винтовых стружечных канавок

$$T = \frac{P_{z0}}{\operatorname{tg}^2 \omega} = 9059$$

23) Осевой угол профиля

$$\alpha_{x0R} = \operatorname{arcctg} \left(\operatorname{ctg} \alpha_0 \cos \gamma_0 + \frac{k_1 z_0}{T} \right) = 30.010^\circ$$

$$\alpha_{x0L} = \operatorname{arcctg} \left(\operatorname{ctg} \alpha_0 \cos \gamma_0 - \frac{k_1 z_0}{T} \right) = 30.019$$

24) Радиус закругления профиля вершины зуба фрезы

$$\rho_{a0} = \frac{C}{(1 - \sin \alpha_0)} = \frac{c^* m}{1 - \sin \alpha_0} = 1.75$$

25) Радиус закругления профиля ножки зуба фрезы

$$\rho_{f0} = 0.3 m_n = 1.05$$

26) Высота зуба фрезы

$$H = h_0 + 0.5(k_1 + k_2) + r = 4.90 + 0.5(3 + 4.5) + 2 = 10.65$$

27) Диаметр посадочного отверстия

$$d_{\text{отв}} = d_{a0} - 2(H + t) = 63.7$$

$$t = 3m_n = 10.5 \text{ – для фрез с продольным шпоночным пазом}$$

$$\text{Выбираем по ГОСТ 9472-90 } d_{\text{отв}} = 60$$

$$\text{Диаметр выточки в отверстии фрезы } d_1 = 1.05 d_{\text{отв}} = 63$$

$$\text{Ширина паза } b = 14C11$$

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

Высота паза от противоположной стороны $C_1 = 64.2H12$

28) Диаметр буртиков фрезы

$$D_6 = d_{a0} - 2H - 1.5 = 83$$

29) Длина нарезанной части фрезы

$$l_\phi = \left(\frac{h_1}{2tg\alpha_0} \right) + \sqrt{(d_{a1} - h_1)h_1} + (n + 1)p_{x0} = 83$$

30) Длина фрезы

$$L = l_\phi + 2l_6 = 83 + 2 * 4 = 91$$

Длина шлифованной части посадочного отверстия

$$t_1 = 0.2L = 18.2$$

31) Угол профиля стружечной канавки

$$\varepsilon = 18^\circ$$

Готовый чертеж фрезы, спроектированной по расчетам выше представлен на рисунке 3.6

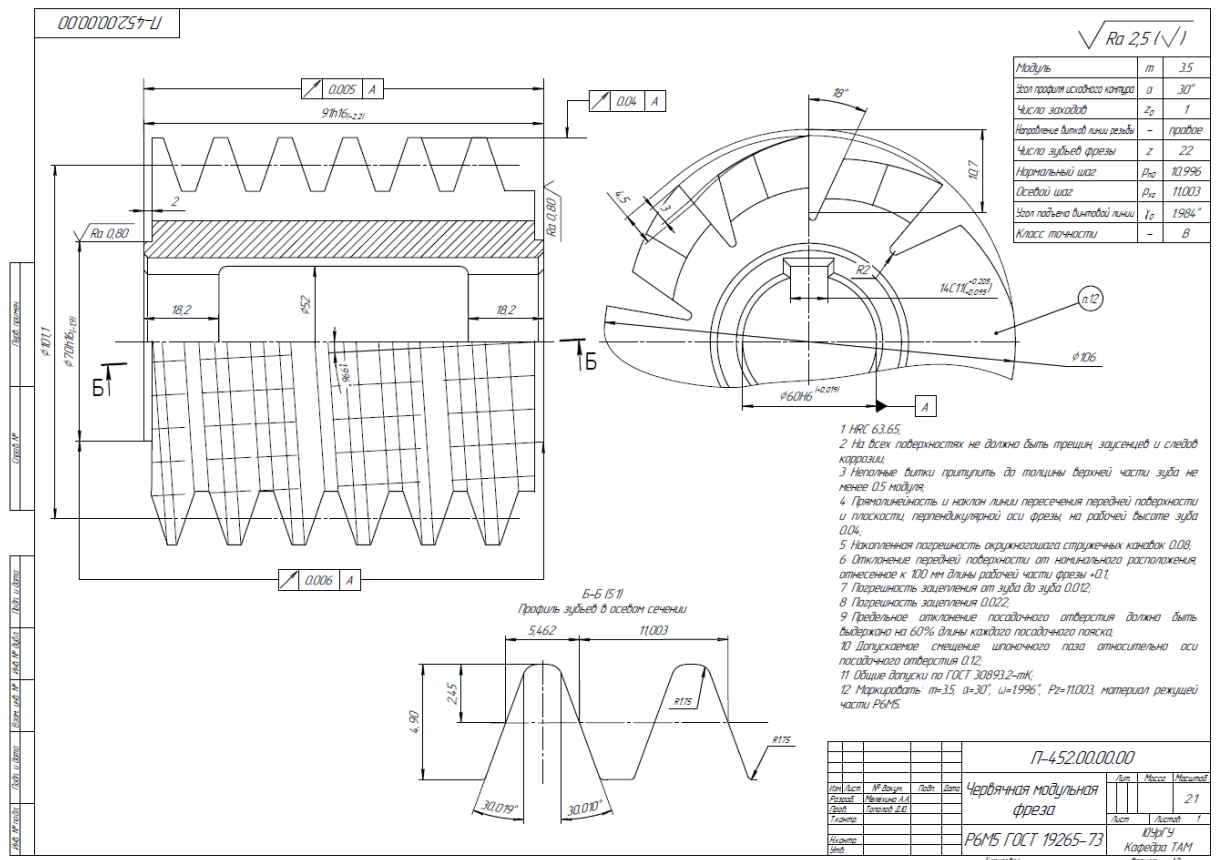


Рисунок 3.6 – Чертеж фрезы

3.5 Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля

Для контроля используются такие средства, как пробки, скобы, штангенциркули и штангенглубиномеры (показаны на рисунках 3.7 – 3.12).



Рисунок 3.7 – Штангенглубиномер ШГ-250-0.1 ГОСТ 162-90



Рисунок 3.8 – Штангенциркуль ШЦ-Ш-300-0.1 ГОСТ 166-89

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ

Лист

69



Рисунок 3.9 – Калибр-скоба 8113-0142 55f7 ГОСТ 18360-93

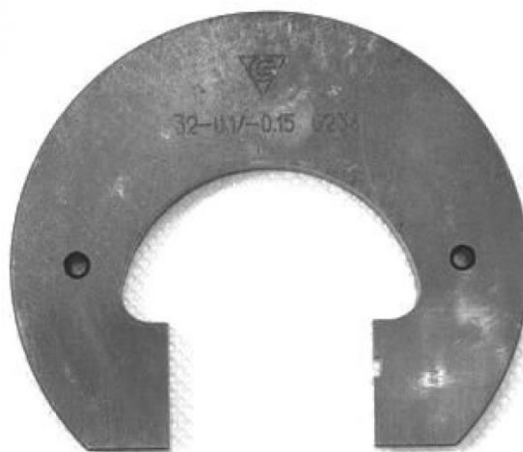


Рисунок 3.10 - Калибр-скоба 8113-0144 60f7 ГОСТ 14810-69



Рисунок 3.11 - Калибр-кольцо РС-1235

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



Рисунок 3.12 – Пробка 8221-3036 8x1.25-7H ГОСТ 17758-72

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

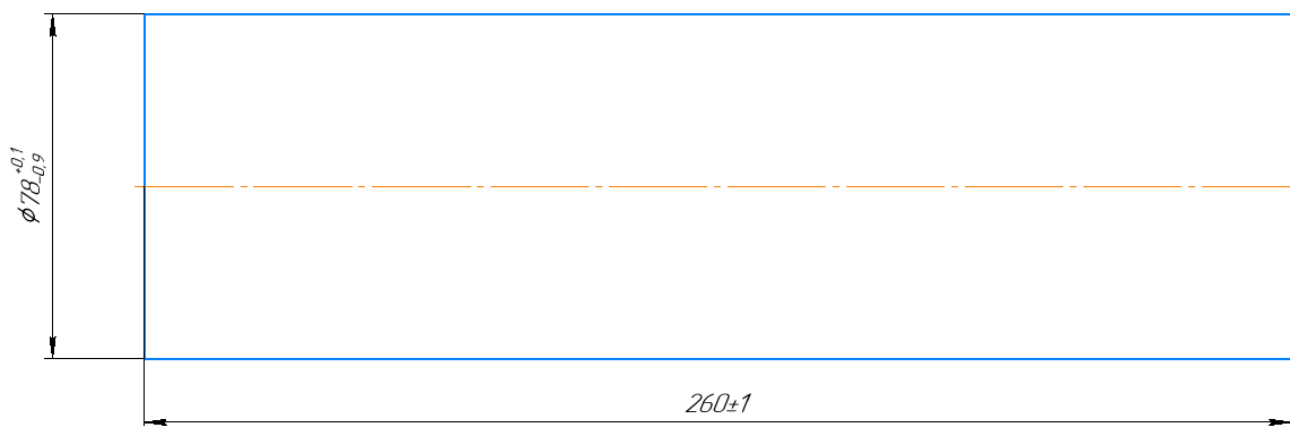


Рисунок 4.2 – Чертеж заготовки

Габаритные размеры готовой детали представлены на рисунке 4.3.

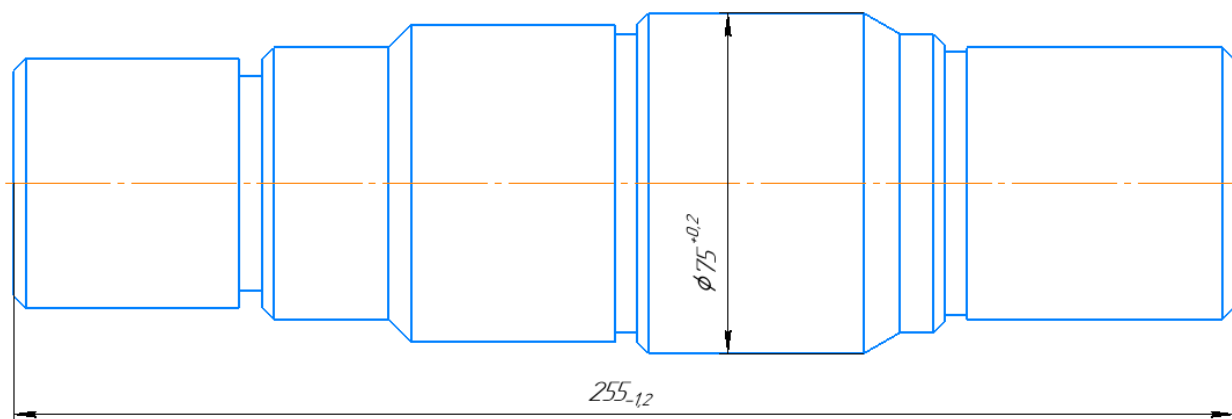


Рисунок 4.3 – Чертеж с габаритными размерами детали

Поверхностью для захвата могут служить шейки вала с размером $\phi 70k6(+0,021/+0,002)$ или с размером $\phi 75^{+0,2}$, которые выделены на рисунке 4.4.

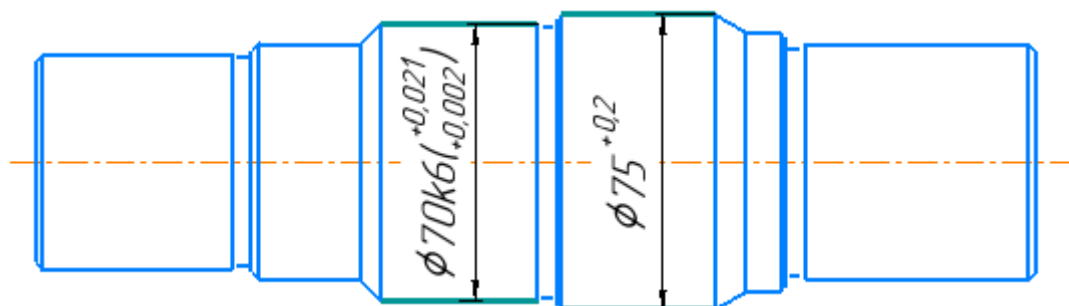


Рисунок 4.4 – Эскиз с предполагаемыми поверхностями захвата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Анализ возможности автоматизации показал, что проектный вариант технологического процесса обработки детали «Вал механизма поворота» возможно частично автоматизировать. Присутствие человека необходимо на операции контроля, сверлильной и шлицефрезерной операциях.

4.2 Разработка структурной схемы гибкого производственного участка

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:

$$K = \frac{C_{\text{ср}}}{T_{\text{ср}}}, \quad (4.1)$$

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

Средний такт выпуска деталей определяется по формуле:

$$T_{\text{ср}} = \frac{60\Phi_0 K_{\text{исп}}}{N_{\text{год}}}, \quad (4.2)$$

где $\Phi_0 = 4025$ ч – годовой фонд времени оборудования при двухсменном режиме работы; $K_{\text{исп}} = 0,85$ – коэффициент использования оборудования по машинному времени; $N_{\text{год}} = 500$ шт – годовая программа выпуска деталей.

Средний такт по формуле (4.2) равен:

$$T_{\text{ср}} = \frac{60 \cdot 4025 \cdot 0,85}{500} = 410,55 \text{ мин.}$$

Определим число станков по виду оборудования по формуле 4.1:

$$K = \frac{8,557}{410,55} = 0,021 \approx 1 \text{ шт.}$$

Определение характеристик стеллажа-накопителя.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

Определим вместимость стеллажа, которая определяется исходя из числа спутников, необходимого для полной загрузки станков во время работы комплекса.

Максимальное число деталиустановок различных наименований, которые могут быть отработаны на комплексе в течение месяца:

$$K_{\text{наим}} = \frac{60\Phi_{\text{ст}}n_{\text{ст}}}{t_{\text{об}}N}, \quad (4.3)$$

где $\Phi_{\text{ст}} = 305$ ч – месячный фонд отдачи станка; $n_{\text{ст}} = 4$ – число станков, входящих в ГПС; $t_{\text{об}} = 8$ – средняя трудоемкость обработки одной деталиустановки, мин; $N = 42$ – средняя месячная программа выпуска деталей одного наименования.

Максимальное число деталиустановок найдем по формуле 4.3:

$$K_{\text{наим}} = \frac{60 \cdot 305 \cdot 4}{8 \cdot 42} = 217,86 \text{ шт}$$

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

$$K_{\text{зп}} = (1 + 0,1)K_{\text{наим}} = 239,64 \approx 240 \text{ шт}$$

Расчет числа позиций загрузки и разгрузки.

Расчет необходимого числа позиций загрузки и разгрузки производят по формуле 4.4:

$$n_{\text{поз}} = \frac{tK_{\text{дет}}}{60\Phi_{\text{поз}}}, \quad (4.4)$$

где $t = 8$ мин – средняя трудоемкость операций на позиции; $K_{\text{дет}}$ – число деталиустановок, проходящих через позицию в течение месяца (формула 4.5);

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

$$K_{\text{дет}} = K_{\text{наим}}N, \quad (4.5)$$

где $N = 42$ шт – средняя месячная программа выпуска деталей одного наименования $K_{\text{наим}}$.

Получаем, подставляя значения в формулу 4.5:

$$K_{\text{дет}} = 240 \cdot 42 = 10080 \text{ шт.}$$

Для расчетов используем следующие значения трудоемкостей операций по загрузке ($t_z = 5$ мин) и разгрузке ($t_p = 3$ мин).

$$n_{\text{поз}} = \frac{8 \cdot 10080}{60 \cdot 305} = 4,4 \Rightarrow 5 \text{ шт.}$$

Расчет числа позиций контроля.

Необходимое число позиций контроля в ГПС рассчитывается по формуле:

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{t_{\text{к}} K_{\text{дет.к}}}{\Phi_{\text{поз}} 60}, \quad (4.6)$$

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.

$$K_{\text{дет.к}} = \frac{K_{\text{дет}}}{n}, \quad (4.7)$$

где $K_{\text{дет}}$ – число

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

$$n = \frac{n_1}{k_1 \cdot k_2}, \quad (4.8)$$

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 ($k_1 = 1,15$) и сразу же после установки нового инструмента ($k_2 = 1,05$).

Время контроля одной деталиустановки:

$$t_{\text{к}} = t_{\text{к}_1} + t_{\text{к}_2} + \dots + t_{\text{к}_i}, \quad (4.10)$$

где $t_{\text{к}_1}, t_{\text{к}_2}, \dots, t_{\text{к}_i}$ – соответственно время контроля поверхностей детали после обработки на 1, 2 и т.д. i -м станках комплекса.

Для расчетов время каждого промежуточного контроля (после неполной обработки поверхностей на станках комплекса) можно принимать $t_{\text{п}} = 5$ мин, а время окончательного контроля всех поверхностей детали $t_{\text{к.ок}} = 30$ мин.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	Лист
						76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Следовательно, оперируя формулами 4.6 – 4.10, получим:

$$n = \frac{5}{1,15 \cdot 1,05} = 4,14 \approx 5 \text{ шт.},$$

$$K_{\text{дет.к}} = \frac{10080}{5} = 2016 \text{ шт.},$$

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{35 \cdot 2016}{305 \cdot 60} = 3,86 \approx 4 \text{ шт.}$$

Проектирование предварительной компоновки ГПС.

Для последующего анализа спроектируем предварительную компоновку ГПС (рисунок 4.5), в котором расположение оборудования осуществлено по ходу выполнения технологического процесса.

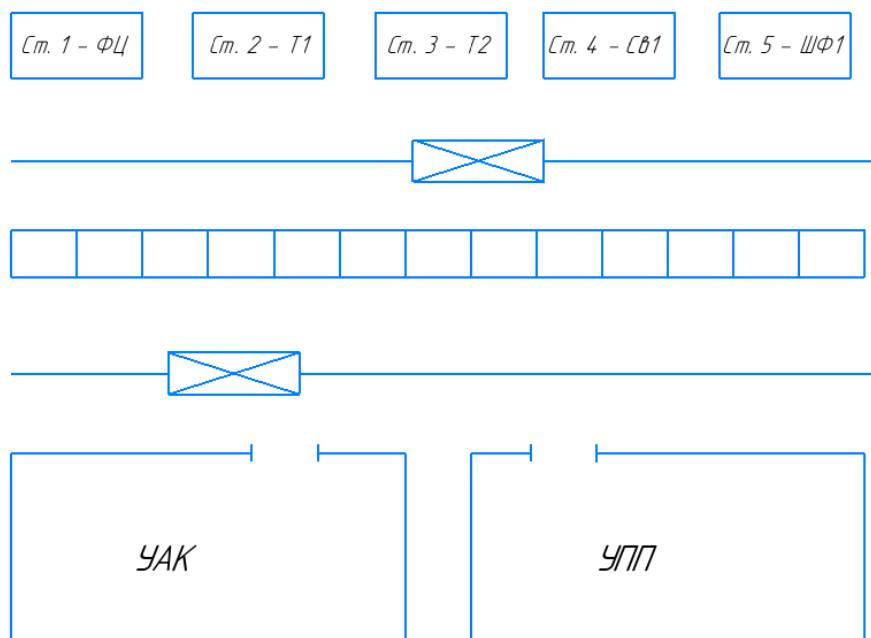


Рисунок 4.5 – Предварительная компоновка ГПС

Для выявления всех перемещений ТС и последующего расчета суммарных перемещений составим матрицы и графы перемещений подвижных механизмов АТСС.

В соответствии с разработанной ранее циклограммой станочной системы ГПС (рисунок 4.6) и учетом «норм технологического проектирования 18 предприятий машиностроения, приборостроения и металлообработки» (ОНТП14-93) построим матрицу перемещений деталиустановок (таблица 4.1).

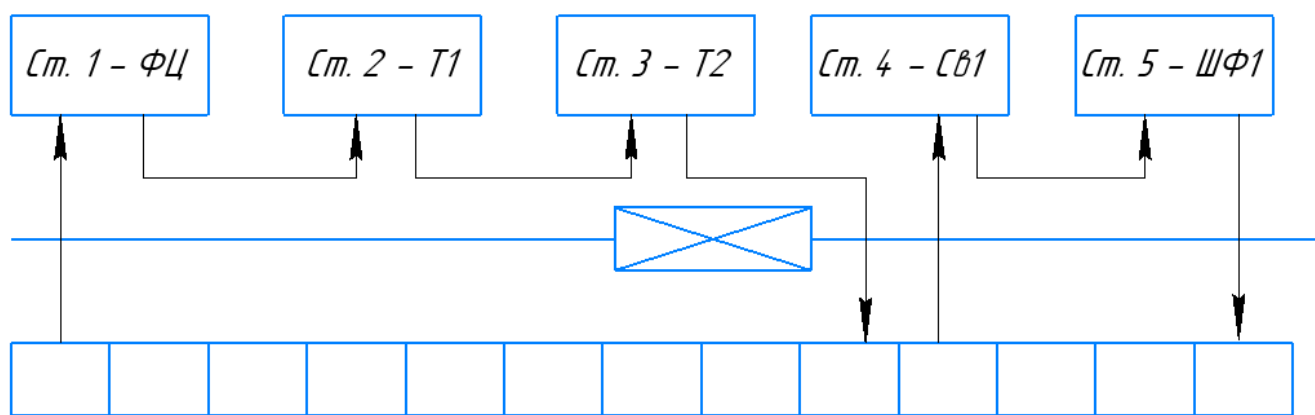


Рисунок 4.6 – Циклограмма станочной системы ГПС с расположением основного оборудования по ходу выполнения технологического процесса

Таблица 4.1 – Матрица перемещений деталиустановок для ГПС с расположением основного оборудования по ходу выполнения технологического процесса

Оборудование, к которому движется транспортное средство	Оборудование, от которого движется транспортное средство					
	ФЦ1	Т1	Т2	Св1	ШФ1	Стеллаж
	Расстояние, пройденное транспортным средством, м					
ФЦ1	-	-	-	-	-	5
Т1	4	-	-	-	-	-
Т2	-	3,5	-	-	-	-
СВ1	-	-	-	-	-	5
ШФ1	-	-	-	3,5	-	-
Стеллаж	-	-	5	-	8	-

Анализ показал, что суммарное перемещение транспортного механизма в компоновке с расположением основного оборудования по ходу выполнения технологического процесса составляет 34 м.

Граф перемещений транспортного механизма представлена на рисунке 4.7.

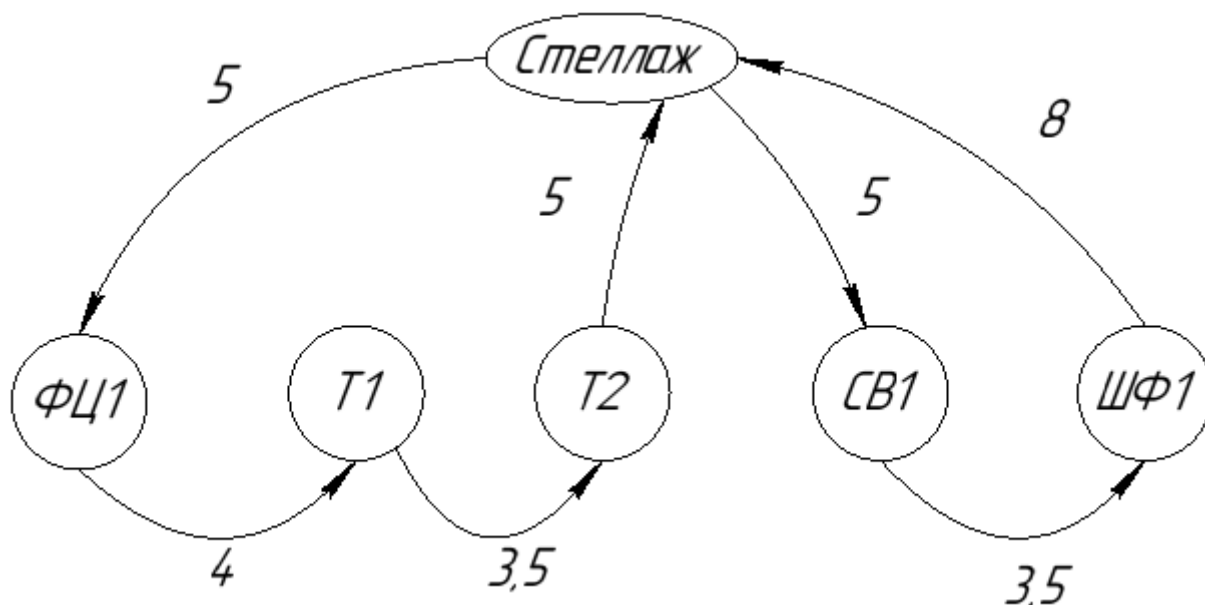


Рисунок 4.7 – Граф перемещений транспортного механизма в ГПС с расположением основного оборудования по ходу выполнения технологического процесса

Определение числа подвижных транспортных механизмов АТСС.

Транспортный механизм, расположенный со стороны станков, должен обеспечить передачу спутника с заготовками со стеллажа на станок, со станка на станок и со станка на стеллаж. Передача может осуществляться как непосредственно на станок, так и через промежуточные накопители, приемораздаточные столы.

Рассчитаем суммарное время $T_{\text{обсл}}$ работы робота со стороны станков:

$$T_{\text{обсл}} = \frac{K_{\text{стел-ст}} t_{\text{стел-ст}} + K_{\text{ст-ст}} t_{\text{ст-ст}}}{60}, \quad (4.11)$$

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

Время выполнения штабелером одной передачи спутника равно:

$$t_{\text{стел-ст}} = t_{\text{ст-ст}} = t_1 + t_2, \quad (4.12)$$

где t_1 – время обработки кадра "Подойти и взять ящик", мин; t_2 – время обработки кадра "Подойти и поставить ящик", мин.

$$t_1 = t_k + t_{\text{под}} + t_{\text{в.с}}, \quad (4.13)$$

$$t_2 = t_k + t_{\text{под}} + t_{\text{п.с}}, \quad (4.14)$$

где t_k – время расчета и передачи кадра команды от ЭВМ в устройство ЧПУ робокара, мин ($t_k = 1,5 \dots 10$ с); $t_{\text{под}}$ – время подхода робокара к заданной точке, мин; $t_{\text{в.с}}$ – время работы цикловой автоматики по выполнению команды "Взять ящик", мин; $t_{\text{п.с}}$ – то же "Поставить ящик", мин ($t_{\text{в.с}} = t_{\text{п.с}} = 0,15 \dots 0,25$ мин).

Время подхода транспортного механизма к заданной точке:

$$t_{\text{под}} = \frac{L_x}{V_x} + \frac{L_y}{V_y}, \quad (4.15)$$

где L_x и L_y – соответственно длина перемещения штабелера по осям x и y , м; V_x и V_y – соответственно скорость перемещения штабелера по осям x и y , м/мин (Принимаем $V_x = 60$ м/мин, $V_y = 6$ м/мин).

Получаем, оперируя формулами 4.12 – 4.15:

$$t_{\text{под}} = \frac{15}{60} + \frac{8}{6} = 1,58 \text{ мин};$$

$$t_1 = t_2 = 3 + 1,58 + 0,2 = 4,78 \text{ мин};$$

$$t_{\text{стел-ст}} = t_{\text{ст-ст}} = 9,56 \text{ мин};$$

$$T_{\text{обсл}} = \frac{4 * 9,56 + 3 * 9,56}{60} = 1,12 \text{ мин.}$$

Рассчитав суммарное время обслуживания станков, определим число транспортных механизмов для выполнения этой работы:

$$K_{\text{ТМ1}} = \frac{T_{\text{обсл}}}{\Phi_{\text{ТМ}} 60}, \quad (4.16)$$

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

$$K_{\text{ТМ1}} = \frac{1,12}{60 * 305} = 6 * 10^{-5} \approx 1 \text{ шт.}$$

Следовательно, для выполнения работы по перемещению заготовок и готовых деталей требуется один кран-штабелер.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

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

Промышленный робот – автоматическая машина, стационарная или передвижная, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, и перепрограммируемого устройства программного управления для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций.

Целесообразность применения того или иного ПР в производственных условиях определяется с учетом ряда требований:

1. Соответствие грузоподъемности ПР массе (весу) объекта манипулирования. При этом следует иметь в виду, что в грузоподъемность робота, кроме массы (веса) объекта, входит и масса (вес) захватного устройства.

2. Соответствие технологических возможностей ПР, определяемых во многом видом системы управления, содержанию необходимых манипуляций с объектом. Так, роботы с позиционной системой управления, которые преимущественно применяются для автоматизированной металлорежущих станков, осуществляют перемещения рабочих органов по сложным траекториям с большим количеством точек программирования. Робот с адаптивной системой управления, оснащенный 3D-сенсорами, позволяет «видеть», распознавать и выполнять сложные манипуляции с объектами. Такой робот, например, может загружать станки расположенными в обычной таре заготовками.

3. Соответствие числа степеней подвижности ПР минимально необходимому их числу для выполнения требуемых операций. Современные роботы имеют от четырех до шести и выше управляемых осей.

4. Соответствие размеров рабочей зоны ПР размерам, форме и расположению рабочих зон обслуживаемого оборудования.

5. Соответствие скоростей перемещения рабочих органов ПР требуемой производительности; соответствие погрешности позиционирования ПР требованиям по точности выполнения основных или вспомогательных операций.

Ниже приведем сведения об обрабатываемой детали необходимые для правильного выбора ПР:

- деталь типа вал с размерами: $D = 78$ мм, $L = 258$ мм;
- масса детали: 5.9 кг (конструкторский чертеж);
- масса заготовки: 9.6 кг;
- производство: мелкосерийное.

Принимаем промышленный робот KUKA KR 16-2 (рисунок 6.1) с грузоподъёмностью 16кг, технические характеристики которого представлены в таблице 6.1.



Рисунок 7.1 – Промышленный робот KUKA KR 16-2

Таблица 6.1 – Технические характеристики робота KUKA KR 16-2

Полезная нагрузка	16 кг
Дополнительная нагрузка	10 кг
Максимальный радиус действия	1610 мм
Количество осей	6
Стабильность повторяемости	$< \pm 0,05$ мм
Вес	135 кг
Монтажное положение	на полу, потолке
Система управления	KR C4

Обоснование выбора робота:

1. у данного робота необходимое количество степеней свободы;
2. с учетом массы заготовки и самого захватного устройства (2.51 кг) данный робот подходит по грузоподъемности;
3. возможность монтирования так на полу, так и на потолке;
4. центр тяжести захватываемого устройства удовлетворяет требованиям зависимости его положения от грузоподъемности (рисунок 6.2).

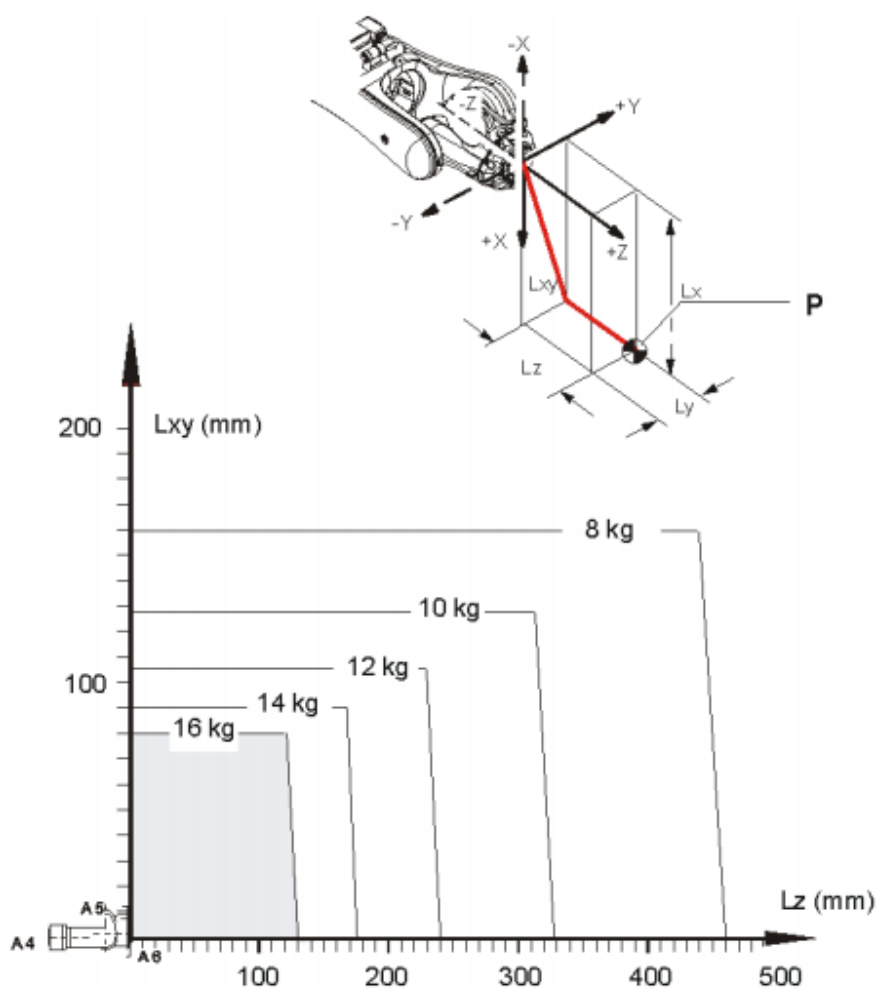


Рисунок 7.2 – Диаграмма полезной нагрузки робота KUKA KR 16-2

Для установки и снятия заготовки на операциях необходим рабочий орган – схват, объемная модель которого представлена на рисунке 7.3.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

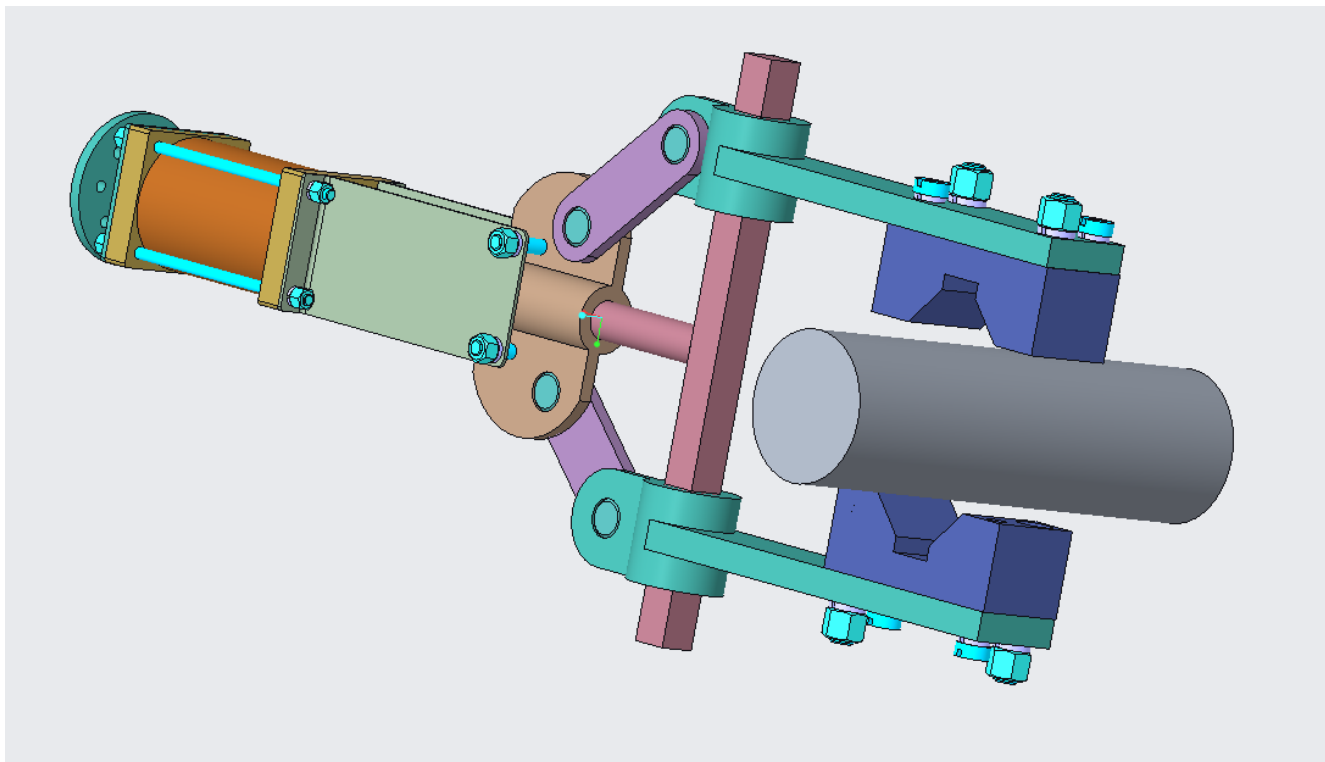


Рисунок 7.3 – Объемная модель схвата

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

Схемы базирования изображены в таблице 8.1 с указанием номеров основных и вспомогательных операций и условных обозначений в соответствии с ГОСТ 3.1107-81 ЕСТД «Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические изображения»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ

Лист

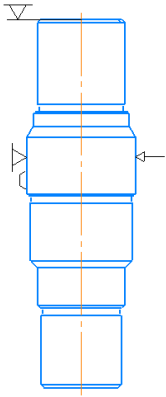
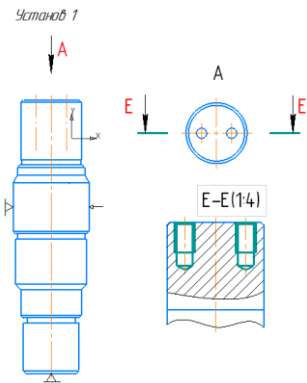
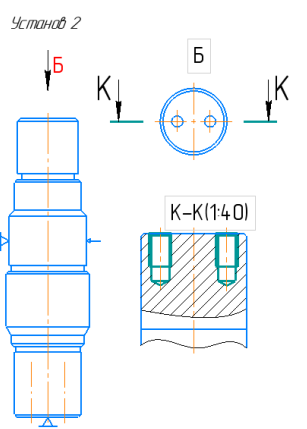
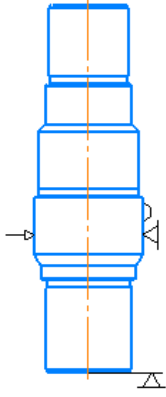
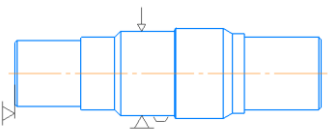
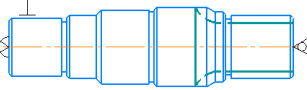
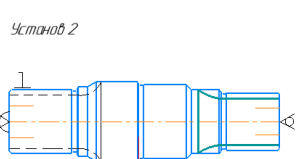
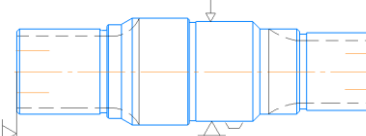
84

Таблица 8.1 – Схемы базирования заготовки

Номер операции	До установки на станок	На станке	При снятии со станка
005 Фрезерно-центровальная операция			
010 Токарная операция с ЧПУ		<p>Установ 1</p> <p>Установ 2</p>	
015 Токарная операция с ЧПУ		<p>Установ 1</p> <p>Установ 2</p>	

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

Окончание таблицы 8.1

<p>020 Сверлильная операция с ЧПУ</p>		<p>Установ 1</p>  <p>Установ 2</p> 	
<p>025 Шлицефрезерная операция</p>		<p>Установ 1</p>  <p>Установ 2</p> 	

4.5 Анализ производительности автоматизированной системы

В разработанной компоновки ГПС для изготовления детали «Вал механизма поворота» основное оборудование расположено по ходу выполнения технологического процесса (рисунок 10.1).

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

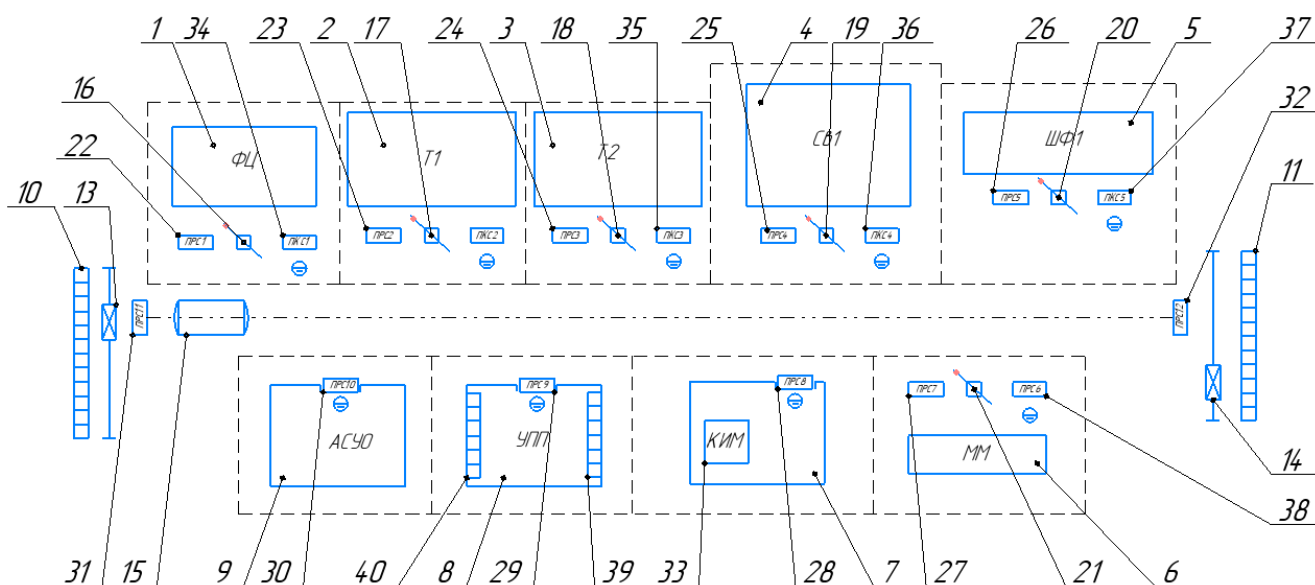


Рисунок 10.1 – Структурная схема ГПС: 1 – фрезерно-центровальный станок МР-73М; 2 – токарный станок СТХ esoline; 3 - токарный станок СТХ esoline; 4 – вертикально-фрезерный станок DMC 650 V; 5 – шлицефрезерный станок 5350А; 6 – моечная машина; 7 – участок контроля; 8 – участок подготовки производства; 9 – автоматизированная система уборки отходов; 10 – склад заготовок; 11 – склад готовой продукции; 13, 14 – кран-штабелер; 15 – робокар; 16 – 21 – промышленный робот; 22 – 32, 38 – приемно-раздаточный стол; 33 – контрольно-измерительная машина; 34 – 37 – промежуточный контрольный стол; 39 – склад режущих инструментов; 40 – склад заготовок.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ

Кран-штабелер 13 достает заготовку детали «Вал механизма поворота» из ячейки склада заготовок 10 и помещает на приемно-раздаточный стол 31. Робокар 15 забирает заготовку со стола и переносит на приемно-раздаточный стол 22. Оттуда промышленный робот 16 устанавливает заготовку на фрезерно-центровальный станок 1. После обработки промышленный робот 16 переносит заготовку на промежуточный контрольный стол 34. Затем робот 16 передает заготовку робокару 15. Аналогично происходит перемещение на токарный станок 2, токарный станок 3, вертикально-фрезерный станок 4, шлицефрезерный станок 5. После окончания механической обработки робокар 15 переносит деталь на приемно-раздаточный стол 26. Оттуда промышленный робот 20 передает деталь на моечную машину 6. После мойки промышленный робот 20 переносит деталь на приемно-раздаточный стол 38. После этого робокар 15 переносит деталь на участок контроля 7. После контроля робокар 15 забирает деталь с приемно-раздаточного стола 28 и переносит ее на приемно-раздаточный стол 32. Со стола 32 кран-штабелер 14 переносит деталь в ячейки склада готовой продукции 11.

Расчет освещения производственного помещения

Световой поток одной лампы на участке рассчитывают по формуле:

$$\Phi_{л} = \frac{100E_{н}SZk}{N\eta}, \quad (5.1)$$

где $E_{н} = 300$ лк – необходимая освещенность рабочих мест; $S = 108000$ м² – площадь освещаемого участка; $N = 33$ шт – количество ламп на участке; $k = 1,5$ – коэффициент запаса; $Z = 1,1$ – коэффициент минимальной освещенности (для люминесцентных ламп); $\eta = 55$ – коэффициент использования светового потока.

$$\Phi_{л} = \frac{100 \cdot 300 \cdot 108 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{33 \cdot 55} = 2,9 \text{ клм.}$$

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		88

6 БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ

6.1 Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда

В условиях научно-технического прогресса создание безопасных и безвредных условий труда, исключающих травматизм и профессиональные заболевания, является важной задачей.

Для поддержания параметров микроклимата на уровне, необходимом для обеспечения комфортности и жизнедеятельности, применяют вентиляцию помещений, где человек осуществляет свою деятельность. Оптимальные параметры микроклимата обеспечиваются системами кондиционирования воздуха, а допустимые параметры – обычными системами вентиляции и отопления.

К нормируемым параметрам микроклимата относятся:

- температура воздуха;
- влажность воздуха;
- скорость движения воздуха.

Эти параметры микроклимата не должны выходить за пределы нормативных величин установленных СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

6.2 Мероприятия по электробезопасности

Электробезопасность должна обеспечиваться:

1) конструкцией электроустановок (согласно требованиям ССБТ, стандартам и ТУ на электротехнические изделия) и организацией их безопасной эксплуатации защитными устройствами:

а) ограждающие – щиты, изолирующие накладки, временные переносные заземления и предупредительные плакаты;

б) изолирующие:

- основные – диэлектрические резиновые перчатки, инструмент с изолированной рукояткой и токоискатели, изолирующие штанги, токоизмерительные клещи и указатели высокого напряжения;

- дополнительные (усилить защитное действие основных) – диэлектрические галоши, коврики и изолирующие подставки.

в) предохранительные защитные очки, противогазы, специальные рукавицы и т.д.

2) техническими способами и средствами защиты (в стандартах и ТУ) применяют отдельно или в сочетании друг с другом:

3) организационными и техническими мероприятиями:

- назначение лиц, ответственных за организацию и безопасность производства работ;

- оформление наряда или распоряжения на производство работ; - осуществление допуска к проведению работ;

- организация надзора за проведением работ; - оформление окончания работы, перерывов в работе, переводов на др. РМ;

- установление рациональных режимов труда и отдыха.

Для обеспечения безопасности работ в электроустановках следует выполнять:

- отключение установки (части установки) от источника питания;
- проверку отсутствия напряжения;
- меры, исключающие возможность ошибочной подачи напряжения к месту работы (механическое запирающее устройство коммутационных аппаратов, снятие предохранителей, отсоединение концов питающих линий);

- заземление отключенных токоведущих частей;

- ограждение РМ или остающихся под напряжением токоведущих частей.

6.3 Мероприятия по пожарной безопасности

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

Пожары на участке возможны по следующим причинам:

- недостатки в эксплуатации технологического оборудования, системы электроснабжения, освещения, вентиляции, отопления главным образом из-за нарушения графиков их обслуживания и ремонта, это может привести к перегрузке оборудования и короткому замыканию в сетях электроэнергии;
- возможные нарушения требований пожарной безопасности в лаборатории, связанные с курением в не установленных местах, проведением сварочных и других работ без предварительной подготовки.

На участке располагаются следующие первичные средства пожаротушения:

- пожарный щит;
- пожарный ящик;
- пожарный кран;
- огнетушитель углекислотный ОУ-5 (1 шт.), применяется для тушения электроустановок.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

7 ВЫВОДЫ ПО КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

При проведении работы был проанализирован действующий технологический процесс, заводская технологическая документация на обработку детали «Вал механизма поворота», а также произведен размерный анализ действующего технологического процесса.

В следствии чего сделаны выводы, что действующий технологический процесс соответствует современным требованиям. Однако, имеются замечания в оформлении документации, чертежей, а также размерный анализ показал, что припуски завышены и операционные размеры необходимо скорректировать. Одним из недостатков также является то, что переустановы разделили по операциям, при выполнении их на одном оборудовании. После анализа действующего технологического процесса можно ввести свои поправки такие, как возможный вариант замены способа установки заготовки, т.е. использовать не трехлапчатый патрон, а базирование цетрах с поводковым патроном.

На основе проделанной работы был спроектирован новый вариант технологического процесса. Способ получения заготовки: прокат горячекатаный с профилем круг. Изменен способ базирования заготовки на токарных операциях. Подобрано технологическое оборудование, под которое выбраны режущий инструмент и оснастка. Разработано специальное приспособление для операции сверления. Также спроектирован специальный режущий инструмент модульная фреза, для нарезания эвольвентных шлицев на шлицефрезерной операции. Произведен размерный анализ проектного технологического процесса и посчитана величина минимального припуска, вследствие чего были предложены более точные операционные размеры и подобран размер заготовки. Рассчитаны и подобраны режимы резания на все операции механической обработки и нормы времени. В результате расчета норм времени получили, что штучное время заводского технологического процесса равно 98,88 минут, а проектного технологического процесса равно 95,4 минут.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	Лист
						92
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Под новый технологический процесс была спроектированная планировка гибкого производственного участка, в котором учтено применяемое технологическое оборудование, элементы автоматизации.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гузеев, В.И. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением / В.И. Гузеев, В.А. Батуев, И.В. Сурков. – Челябинск.: Машиностроение, 2010. – 480 с.
2. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением – М.: Экономика, 1990.
3. Каширин, Н.А. Оформление технологических карт в курсовых и дипломных проектах / Н.А. Каширин, В.А. Батуев, И.М. Морозов. – Челябинск.: Издательство ЮУрГУ, 2006. – 77 с.
4. Кулыгин В.Л. Технология машиностроения / В.Л. Кулыгин, В.И. Гузеев, И.А. Кулыгина. – М.: Издательский Дом «БАСТЕТ», 2011. – 184 с.
5. Батуев В.В. Автоматизация производственных процессов в машиностроении учебное пособие к курсовому проекту / В.В. Батуев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – 40 с.
6. Расчет зуборезных инструментов. Романов В.Ф. - М.: Машиностроение, 1969. – 251 с.
7. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учеб. Пособие для техникумов по предмету «Основы учения о резании металлов и режущий инструмент». – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: «Машиностроение», 1990. – 488с.
8. Попов Л. М. Схваты промышленных роботов: Учебное пособие для курсового проектирования. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2001. – 39 с.
9. Мясников, Ю.И. Автоматизация проектирования технологических приспособлений: учебное пособие / Ю.И. Мясников. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – Ч. 1. – 207 с.
10. Справочник технолога машиностроителя Т.2/ Под ред.А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94