

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____ В.И. Гузеев
_____ 2019 г.

Разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления де-
тали «Вал мотора генератора МГ12-1С»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР

Нормоконтролер
_____ А.В. Выбойщик
_____ 2019 г.

Руководитель работы,
ктн., доцент
_____ В.Л. Кулыгин
_____ 2019 г.

Автор работы,
студент группы МС-452
_____ А.А. Дюрягин
_____ 2019 г.

АННОТАЦИЯ

Дюрягин А.А. Разработка
 конструкторско-технологического
 обеспечения изготовления детали «Вал
 мотора генератора МГ12-1С».
 Выпускная квалификационная работа –
 Челябинск: ЮУрГУ, 2019, 115 стр., 72
 илл., 28 табл., 2 прил., библиографический список –
 16 наим.

В выпускной квалификационной работе проведен анализ действующего технологического процесса детали «Вал мотора генератора МГ12-1С». На основе данного анализа разработан новый технологический процесс, подобрано новое основное и вспомогательное оборудование, режущий инструмент и измерительное оборудование, рассчитаны нормы времени и режимы резания. Разработана планировка участка механической обработки для спроектированного технологического процесса. Рассмотрены мероприятия по созданию и поддержанию безопасных и безвредных условий труда, мероприятия по электробезопасности и пожарной безопасности.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления детали «Вал мотора генератора МГ12-1С»	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Дюрягин А.А.					2	115	
Провер.	Кульгин В.Л.					ЮУрГУ Кафедра ТАМ		
Рук.	Кульгин В.Л.							
Н. Контр.	Выбойщик А.В.							
Утверд.								

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ	6
1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия.....	6
1.2 Служебное назначение детали «вал мотора-генератора МГ12-1С» и технические требования, предъявляемые к детали	8
1.3 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для соответствующих отраслей машиностроения.	9
1.4 Формирование целей и задач проектирования.....	10
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	11
2.1 Анализ существующей на предприятии документации по конструкторско-технологической подготовке действующего производства .	11
2.1.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса.....	11
2.1.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента.....	15
2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса.....	22
2.1.4 Выводы по разделу	24
2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «вал мотора-генератора МГ12-1С».....	25
2.2.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки.....	25
2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования	27
2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта технологического процесса	33
2.2.4 Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса.....	37
2.2.5 Расчет режимов резания и норм времени на все операции проектного варианта технологического процесса	41
2.2.6 Выводы по разделу	52
3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	53
3.1 Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки	53
3.2 Проектирование и расчет специального станочного приспособления ..	56
3.2.1 Анализ проектного технологического процесса	56
3.2.2 Обоснование базирования	56
3.2.3 Силовая схема	56
3.2.4 Расчет приспособления на точность	57
3.2.5 Расчет силы резания	60
3.2.6 Расчет сил зажима.....	60
3.2.7 Силовая схема с указанием привода.....	61

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

3.2.8	Расчет привода	62
3.2.9	Расчет на прочность слабого звена	63
3.3	Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента.....	64
3.4	Проектирование и расчет специального режущего инструмента	70
3.5	Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля	75
4	АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	80
4.1	Разработка структурных схем гибкого производственного участка.....	84
4.1.1	Определение состава и числа оборудования станочного комплекса ГПС	84
4.2	Определение структуры и состава автоматической транспортно-складской системы ГПС	85
4.2.1	Определение характеристик стеллажа-накопителя	85
4.2.2	Расчет числа позиций загрузки и разгрузки	86
4.2.3	Расчет числа позиций контроля	87
4.2.4	Проектирование предварительной компоновки ГПС	88
4.2.5	Определение числа подвижных транспортных механизмов АТСС	93
4.3	Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы.....	95
4.4	Базирование заготовки, полуфабриката, готовой детали в промышленном роботе, станке, промежуточном накопителе	97
4.5	Анализ производительности автоматизированной системы	101
5	ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ	102
6	БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ	104
6.1	Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда	104
6.2	Мероприятия по электробезопасности	107
6.3	Мероприятия по пожарной безопасности.....	108
7	ВЫВОДЫ ПО КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ.....	111
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	112
	ПРИЛОЖЕНИЕ А (размерная схема базового техпроцесса)	114
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б (размерная схема проектного техпроцесса)	115

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

ВВЕДЕНИЕ

Технология машиностроения – комплексная инженерная и научная дисциплина, которая тесно связана с разработками многих других дисциплин, таких как: теория резания, металлорежущие станки, допуски и технические измерения, материаловедение, высшая математика, физика, теплотехника и др. Благодаря этой дисциплине, возможно изготавливать машины требуемого качества в определённом количестве и в заданный период времени при наименьшей себестоимости (замена механизации автоматизацией).

Технологический процесс является основой организации всего производства. По разработанному технологическому процессу определяется количество необходимого оборудования, режущего инструмента и приспособлений, число персонала для выполнения заданной программы выпуска деталей. Он связывает между собой все звенья производства. Поэтому точное соблюдение технологического процесса является важным условием правильной организации производства.

Технологический процесс разделяют на технологические операции – законченные части технологического процесса, выполняемые на одном рабочем месте. По операциям определяют трудоемкость процесса, необходимые материалы, необходимое количество персонала.

Необходимость развития подходов в проектировании и анализе технологических процессов для достижения и поддержания требуемых уровня и динамики конкурентоспособности машиностроительных предприятий обуславливает актуальность темы дипломной работы – разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления детали «вал мотора-генератора МГ12-1С» для условий современного конкурентоспособного производства.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия

Генератор МГ12-1С предназначен для работы в качестве источника электроэнергии в составе автономного энергоагрегата с дизельным двигателем. Он состоит из высоковольтных электродвигателей и генераторов, от которых во время рекуперации питаются обмотки возбуждения тяговых двигателей постоянного тока. Якоря двигателя и генератора смонтированы на общем валу и вращаются в однокорпусном агрегате закрытого исполнения с самовентиляцией. Основные параметры мотора-генератора зависят от принятой системы рекуперативного торможения и характеристик тяговых двигателей. Генератор изготавливают с параллельным или смешанным возбуждением, чаще всего с питанием обмотки независимого возбуждения от цепи управления при преобладающем влиянии движущей силы этой обмотки. Двигатель выполняют с последовательным или смешанным возбуждением и питанием обмотки независимого возбуждения от источника низкого напряжения.



Рисунок 1 – Генератор МГ12-1С

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

В таблице 1 приведены технические характеристики генератора.

Таблица 1 – Технические характеристики генератора МГ12-1С

Параметры генераторного режима при работе на трехфазный <u>двухполупериодный</u> выпрямитель	
Номинальная частота вращения	3000 об/мин
Действующее значение выпрямленного напряжения на холостом ходу при номинальной частоте вращения	от 24,5 до 25,5 В
Номинальная мощность	12,5 кВт, не менее
Ток	от 800 до 820 А
Действующее значение выпрямленного напряжения при номинальной мощности и номинальной частоте вращения	15 В, не менее
Параметры двигательного режима	
Номинальное напряжение питания	27 В
Частота вращения	от 3180 до 2800 об/мин
Номинальная мощность	6 кВт, не менее
Вращающий момент на валу	от 18 до 20,5 Нм
Режим работы	продолжительный
Система охлаждения	жидкостная
Конструктивное исполнение	пылезащищенное и брызгозащищенное
Рабочее положение	<u>горизонтальное</u> (ось вала генератора горизонтальна по отношению к плоскости установки на объекте)
Масса	54 кг

1.2 Служебное назначение детали «вал мотора-генератора МГ12-1С» и технические требования, предъявляемые к детали

Вал генератора предназначен для приема вращательного движения от двигателя, посредством которого в генераторе создается напряжение. Чем выше частота вращения вала генератора, тем больше напряжение, создаваемое последним. Кроме того, поверхность вала служит основой для первичной обмотки.

Рассмотрим технические требования, предъявляемые к поверхностям детали.

Шейки вала под подшипники выполняются со следующими техническими требованиями:

- размерная точность по IT6;
- шероховатость поверхности Ra 0,63 мкм;
- биение относительно оси центров 0,05 мм.

Шейка вала под первичную обмотку выполняется со следующими техническими требованиями:

- размерная точность по IT8;
- шероховатость поверхности Ra 1,25 мкм;
- биение относительно оси центров 0,05 мм.

Шлицы выполняются со следующими техническими требованиями:

- размерная точность наружного диаметра по IT7;
- размерная точность ширины шлица по IT9;
- шероховатость наружного диаметра Ra 0,4 мкм;
- шероховатость боковых стенок шлицов Ra 3,2 мкм;
- допуск симметричности шлица 0,012 мм на сторону.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

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

Одной из важнейших задач, встающих перед промышленностью на современном этапе, является эффективное применение инновационных решений.

Основной целью развития машиностроительной отрасли России в ближайшее время является обеспечение растущего спроса на ее высококачественную продукцию на внутреннем и мировом рынке на основе ускоренного инновационного обновления отрасли, повышения ее экономической эффективности, ресурсо- и энергосбережения, конкурентоспособности продукции.

В настоящее время отечественное машиностроение проигрывает по развитию аналогичным отраслям зарубежного машиностроения. В европейских странах машиностроительная отрасль почти полностью автоматизирована, что нельзя сказать об отечественных отраслях. Однако в последнее время в России ежегодно создается около 300 технологий машиностроения. Из числа созданных за последние пять лет технологий машиностроения около 12% не имеет аналогов в мире, столько же соответствует лучшим зарубежным образцам и потенциально могут быть конкурентоспособными.

Распространение новых технологий происходит крайне медленно и внедряется лишь на немногих предприятиях. Некоторые технологии и оборудование Российского производства экспортируются, но остаются не востребованными в отечественном машиностроении. Зарубежные передовые технологии в еще меньшей степени востребованы отечественной промышленностью.

На машиностроительных предприятиях слабы научно-технические, технологические и конструкторские структуры. На многих из них вообще нет специализированных научно-исследовательских подразделений, а разработкой инновационных подходов занимаются, как правило, маркетинговые службы.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

1.4 Формирование целей и задач проектирования

Цель: разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления детали «вал мотора-генератора МГ12-1С».

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать действующий технологический процесс механической обработки;
- составить проектный вариант технологического процесса механической обработки;
- выбрать оборудование, технологическую оснастку и режущий инструмент;
- выбрать измерительное оборудование и оснастку для операций технического контроля;
- спроектировать специальный режущий инструмент и специальное станочное приспособление;
- спроектировать несколько вариантов структурных схем автоматизации проектируемого участка;
- разработать планировку участка механической обработки с учетом возможности его автоматизации;
- рассмотреть безопасность технологического цикла изделия.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

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

Операционные карты технологического процесса оформлены в соответствии с ГОСТ 3.1105-2011. Указаны номера операций, наименования и модели станков, станочных приспособлений, содержание переходов, наименования режущего инструмента, режимы резания, время, затрачиваемое на обработку, а также СОС.

При анализе карт эскизов найдены ошибки. На всех операционных эскизах указаны шероховатость и допуски на размеры; на токарных и шлифовальных операциях указаны допуски биения; на зубофрезерных операциях указан допуск параллельности. Обрабатываемые поверхности выделены утолщенными линиями.

На токарно-винторезной операции 015 (рисунок 2) используется комплект баз: двойная направляющая, опорная. Размеры проставлены от базы.

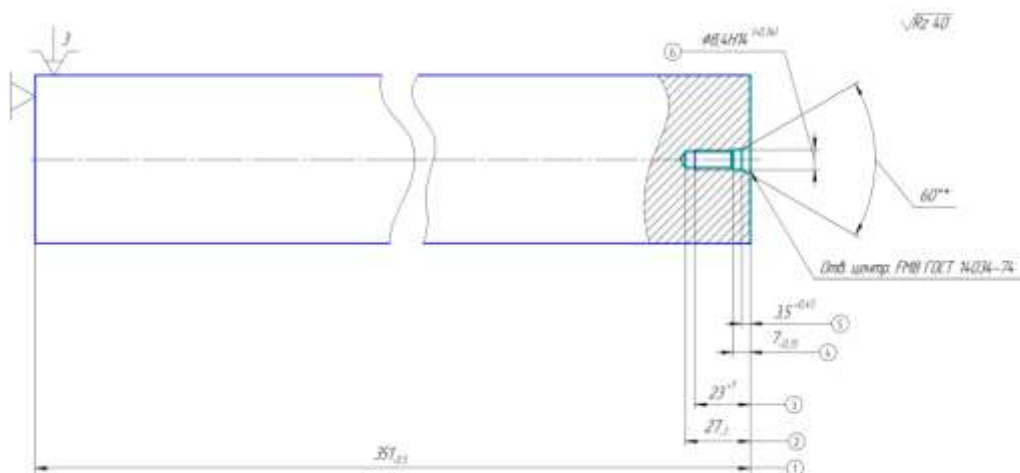


Рисунок 2 – Эскиз токарно-винторезной операции 015

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

На токарно-винторезной операции 020 (рисунок 3) используется комплект баз: двойная направляющая, опорная. Размеры проставлены от базы.

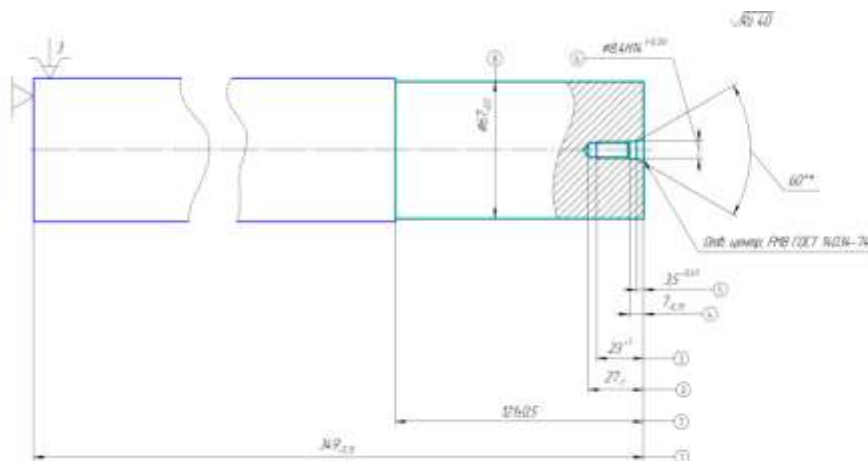


Рисунок 3 – Эскиз токарно-винторезной операции 020

На токарной операции 030 (рисунок 4) используется комплект баз: двойная направляющая, опорная, центровое отверстие. Размеры проставлены от поверхности, не являющейся базовой.

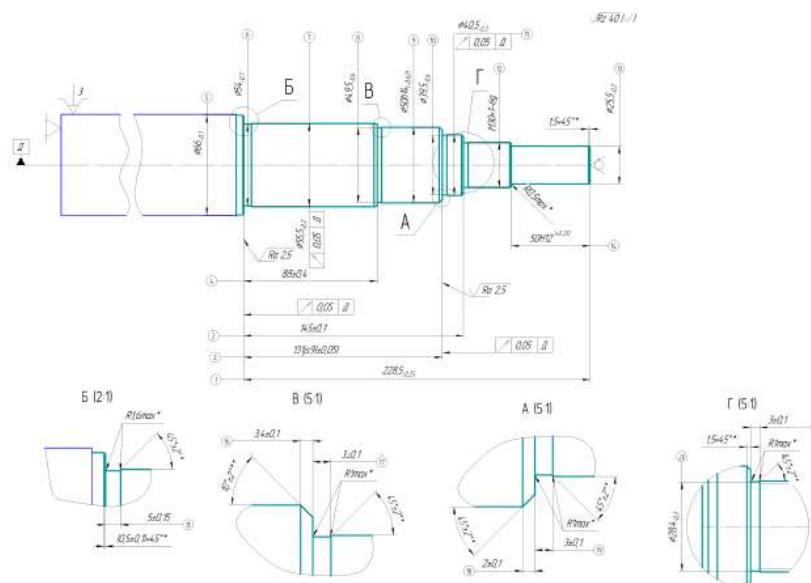


Рисунок 4 – Эскиз токарной операции 030

На токарной операции 040 (рисунок 5) используется комплект баз: двойная направляющая, опорная, центровое отверстие. Размеры проставлены от базы.

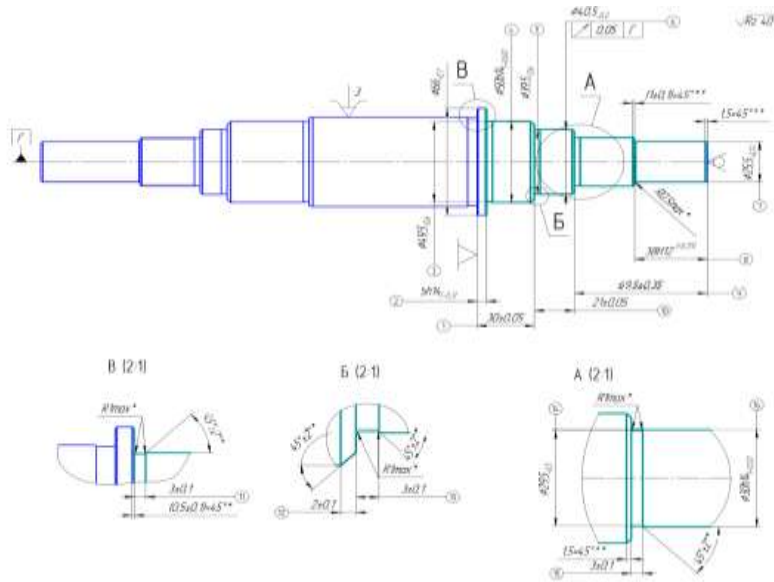


Рисунок 5 – Эскиз токарной операции 040

На шлифовальных операциях 045, 050, 090, 095, 100, 105, 110 (рисунок б) используется комплект баз: два центровых отверстия.

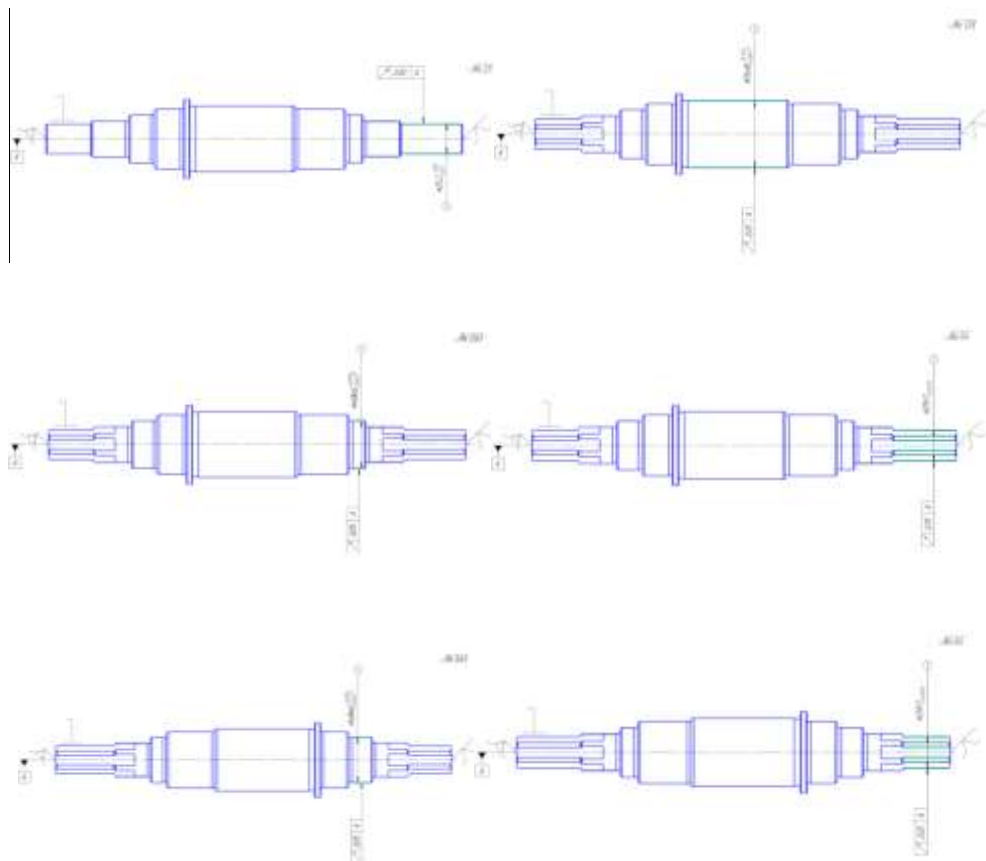


Рисунок 6 – Эскизы шлифовальных операций

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

ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР

Лист

13

На зубофрезерной операции 060 (рисунок 7) используется комплект баз:
два центровых отверстия. Размеры проставлены от базы.

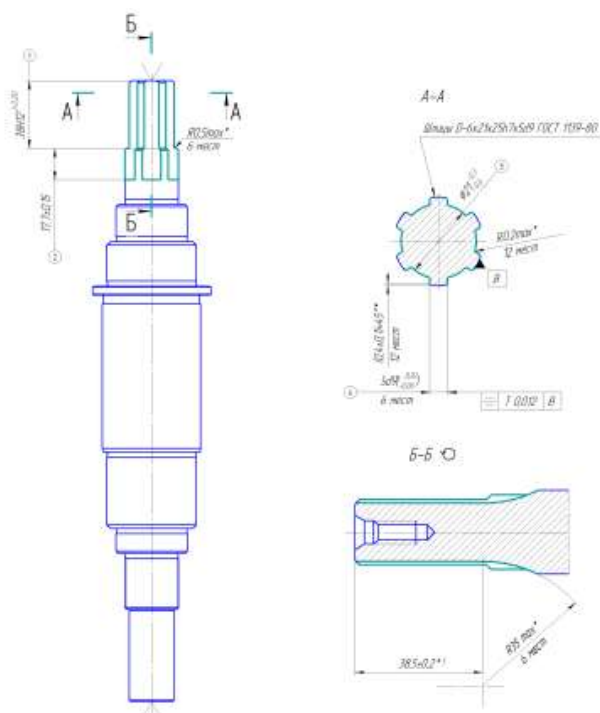
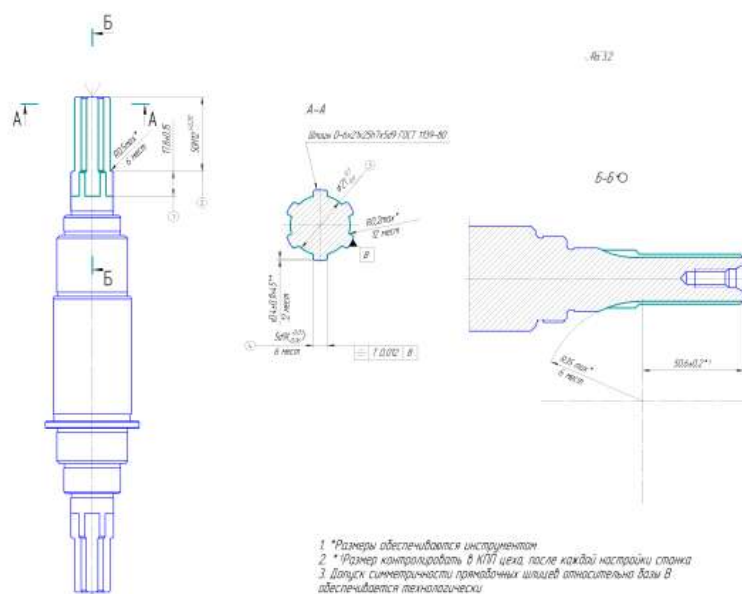


Рисунок 7 – Эскиз зубофрезерной операции 060

На зубофрезерной операции 075 (рисунок 8) используется комплект баз:
два центровых отверстия. Размеры проставлены от базы.



- 1 *Размеры обеспечиваются инструментом
- 2 *Размер контролировать в АТТ цена после каждой настройки станка
- 3 Допуск симметричности прачебных шлицев относительно базы В. обеспечивается технологически

Рисунок 8 – Эскиз зубофрезерной операции 075

На фрезерной операции 115 (рисунок 9) используется комплект баз: двойная направляющая, опорная. Размер длины пазы указан от базы, а размер глубины паза – от поверхности, не являющейся базовой.

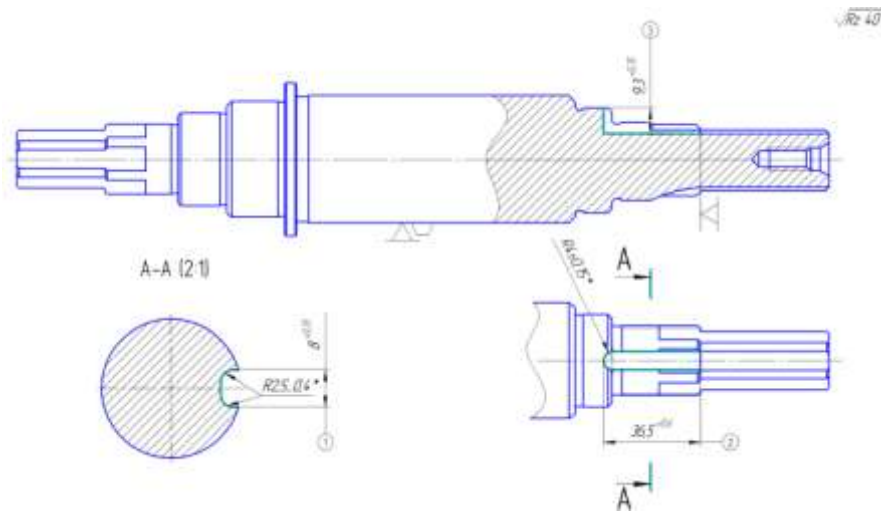


Рисунок 9 – Эскиз фрезерной операции 115

2.1.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента

Для выполнения операций механической обработки применяется различное технологическое оборудование, оснастка и режущий инструмент.

На слесарной операции 010 используется верстак типа ВМ, а в качестве инструмента – 2820 0017 напильник плоский тупоносый ГОСТ 1465-80.

На токарно-винторезной операции 015 подрезается торец и обрабатывается центровое отверстие. Тип центрального отверстия: FM8 ГОСТ 14034-74. Обработка производится на токарно-винторезном станке ФТ-11 (рисунок 10). Деталь устанавливается в патрон 7100-0010 ГОСТ 2675-80. В качестве режущего инструмента используются специальный режущий инструмент – проходной резец НИ 531-П-4 (рисунок 11), твердосплавные сверла $\varnothing 15$ В1 и В, $\varnothing 6,8$ и $\varnothing 8,5$ ГОСТ 10903-77 и метчик EV10210160 M8 компании Freisa. Сверла и метчик устанавливаются в переходную втулку 6100-0142 (6100-0146) ГОСТ 13598-85. Метчик устанавливается через

						ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			15

оправку 6039-0015 ГОСТ 2682-86 в резьбонарезной патрон 16 В18 ГОСТ 8522-79.



Рисунок 10 – Токарно-винторезный станок ФТ-11

Применяемый измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ-II-250-630-0,1 ГОСТ 166-89; штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89; калибр-пробка 7Н В 8133-1831 6,7+0,26 ОСТ 3-2645-75; пробка 8,4+0,36 КР 8133-7627; пробка 7Н 8221-3036 8 ГОСТ 17758-72; НМ-85-9 калибр для проверки глубины резьбы М8; набор образцов шероховатости поверхности 0,4-12,5 Т ГОСТ 9378-93.

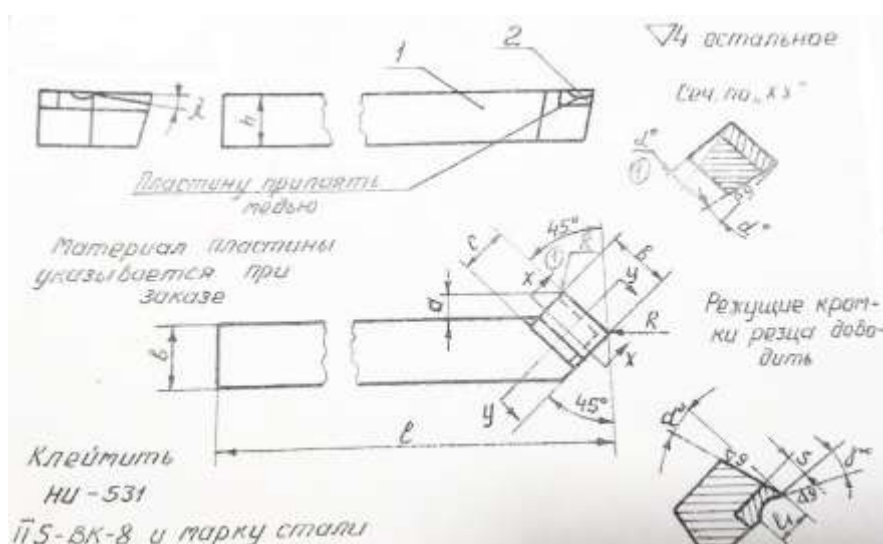


Рисунок 11 – Чертеж проходного резца НИ 531-II-4

Переточка резца осуществляется по шаблону К-52183 (рисунок 12).

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

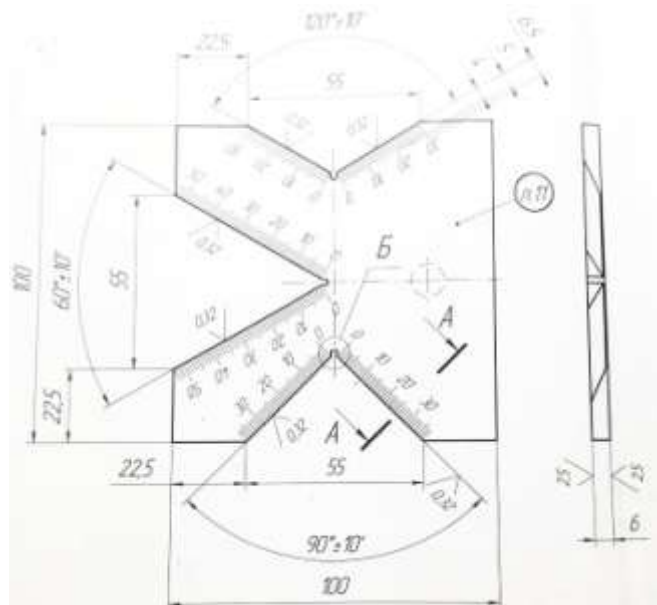


Рисунок 12 – Чертеж шаблона К-52183

На токарно-винторезной операции 020 подрезается торец, обрабатывается наружная поверхность и сверлится центровое отверстие. Тип центрального отверстия: FM8 ГОСТ 14034-74. Обработка производится на токарно-винторезном станке ФТ-11. В качестве режущего инструмента используются специальный режущий инструмент – резец НИ 531-II-4, твердосплавные сверла $\varnothing 15$ В1 и В, $\varnothing 6,8$ и $\varnothing 8,5$ ГОСТ 10903-77 и метчик EV10210160 M8 компании Freisa. Измерительный инструмент аналогичен операции 015.

На токарной операции 030 производится обработка наружных поверхностей, подрезка торцов, нарезание резьбы. Обработка производится на токарном станке с ЧПУ TRENS SE 520 numeric (рисунок 13). Деталь устанавливается в патрон 250/3/B8 и поджимается задним центром А-1-5-Н ГОСТ 8742-75. В качестве режущего инструмента используются резцы: проходной резец PCLNR 2020 K12 с пластижкой CNMG 120408-DR YBC252, резец SDJCR 2020 K11 с пластижкой DCMT 11T302HF YBC251, резьбонарезной резец SWR 2020 K16 с пластижкой RT16.01W-1.00GM YBG201 компании ZCC. Применяемый измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89; штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89; В 8114-0129 6g калибр-скоба 29,89-0,1 ОСТ 3-2651-75; 8113-

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

0140 h14 калибр-скоба 50h14(-0,62) ГОСТ 18360-93; КР 8113-5396 скоба 55,5-0,2; 8211-0113 6g кольцо М30х1 ПР, НЕ ГОСТ 17763-72; набор образцов шероховатости поверхности 0,4-12,5 Т ГОСТ 9378-93.



Рисунок 13 – Токарный станок с ЧПУ TRENS SE 520 numeric

На токарной операции 040 производится обработка наружных поверхностей, подрезка торцов. Обработка производится на токарном станке с ЧПУ TRENS SE 520 numeric. Деталь устанавливается в патрон 250/3/B8 и поджимается задним центром А-1-5-Н ГОСТ 8742-75. В качестве режущего инструмента используются резцы: проходной резец PCLNR 2020 K12 с пластиной CNMG 120408-DR YBC252, резец SDJCR 2020 K11 с пластиной DCMT 11T302HF YBC251 компании ZCC. Измерительный инструмент аналогичен операции 030.

На круглошлифовальных операциях 045, 050, 90, 95, 100, 105, 110 производится шлифование наружных поверхностей. Обработка ведется на круглошлифовальном универсальном станке 3А151 повышенной точности (рисунок 14). Деталь устанавливается в центрах: полуцентре 7032-0073 ГОСТ 2576-79 и заднем центре I-4-Н ГОСТ 8742-75. Используется специальный хомутик НП-177-4 (рисунок 15). В качестве инструмента используется шлифовальный круг 1600х63х304,8 15А F24 N5 ГОСТ Р 52781-2007. Применяемый измерительный инструмент: МК 50-1 микрометр ГОСТ 6507-90; СР 50 скоба ГОСТ 11098-75; 8113-0117 h7 калибр-скоба 25h7(-0,021) ГОСТ

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

18360-93; индикатор ИЧ 10 кл.1 ГОСТ 577-68; ПБМ-500 прибор для контроля биения ТУ2-034-543-81; набор образцов шероховатости 0,05-3,2 ШЦ ГОСТ 9378-93.

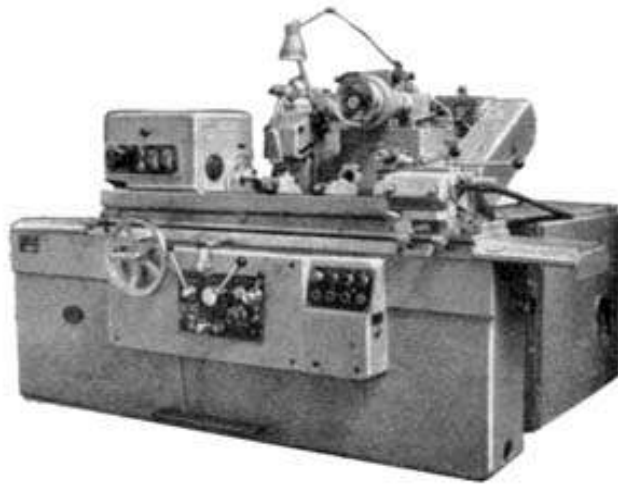


Рисунок 14 – Круглошлифовальный станок 3А151

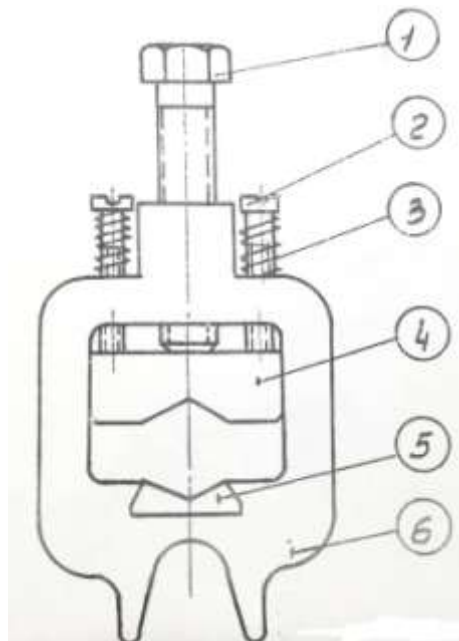


Рисунок 15 – Чертеж хомутика НП-177-4

На зубофрезерной операции 060 и 075 производится фрезерование шлицев. Обработка ведется на вертикальном зубофрезерном полуавтомате 5К310 для цилиндрических колес (рисунок 16). Деталь устанавливается в приспособление КР 7220-4250 (рисунок 17).

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19



Рисунок 16 – Вертикальный зубофрезерный полуавтомат 5К310

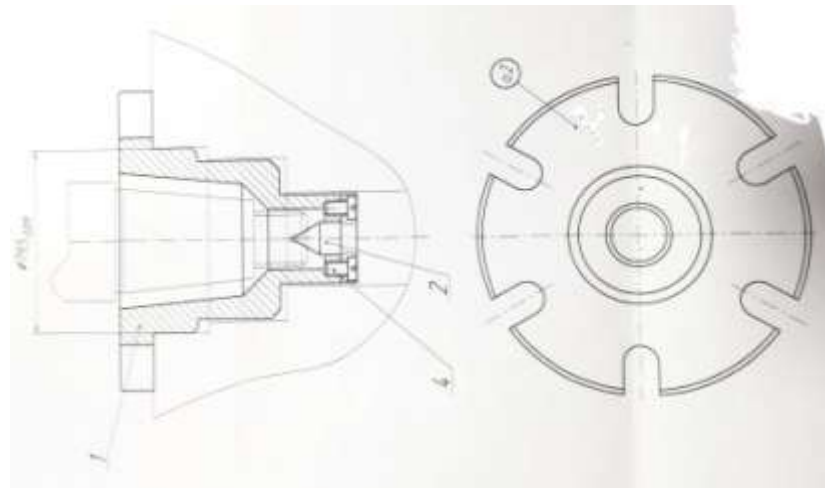


Рисунок 17 – Чертеж приспособления КР 7220-4250

В качестве инструмента используется шлицевая червячная фреза $\varnothing 70$ А; В; С ГОСТ 8027-86. Фреза устанавливается на оправку КР 6224-4008. Применяемый измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89; 8316-0486 d9 калибр-скоба 5d9(-0,03; -0,06) ГОСТ 24966-81.

На слесарных операциях 065 и 080 притупляются острые кромки и зачищаются заусенцы. Обработка ведется на верстаке типа ВМ. В качестве инструмента используется лезвие E200. Оно устанавливается в адаптер E 3LE, который закрепляется в держателе Mango 3S1E-VIP.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

На операции 085 производится промывка детали в мойке тупиковой 400-70-01 ЗЭМ.

На фрезерной операции 115 фрезеруется шпоночный паз. Обработка ведется на вертикальном консольном шпоночно-фрезерном станке 692Р (рисунок 18). Деталь устанавливается в тиски. В качестве инструмента используется твердосплавная концевая фреза 512 080Z2.0-SIRON-A \varnothing 8 компании SecoTools. Фреза устанавливается в цангу КР 6113-4070 в цанговый патрон КР 6151-4040. Применяемый измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89; набор образцов шероховатости поверхности 0,4-12,5 ФТ ГОСТ 9378-93.

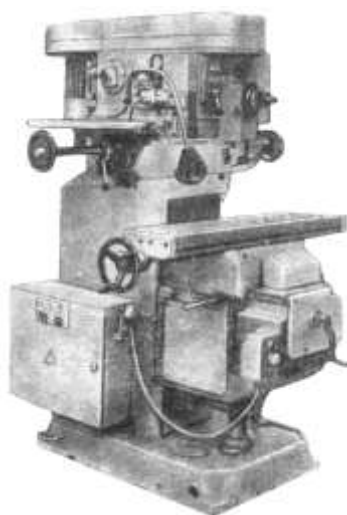


Рисунок 18 – Вертикальный консольный шпоночно-фрезерный станок 692Р

На слесарной операции 120 притупляются острые кромки и зачищаются заусенцы. Обработка ведется на верстаке типа ВМ. В качестве инструмента используется лезвие E200. Оно устанавливается в адаптер E 3LE, который закрепляется в держателе Mango 3S1E-VIP.

На токарно-винторезной операции 125 калибруется резьба на наружной поверхности детали. Калибровка ведется на токарно-винторезном станке ФТ-11. Деталь устанавливается в патрон 7100-0010 ГОСТ 2675-80. Резьба калибруется плашкой \varnothing 30 2650-2381 ГОСТ 9740-71, которая устанавливается

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

в вороток 6910-0166 ГОСТ 22395-77. Применяемый измерительный инструмент: 8211-0113 6g кольцо М30х1 ПР, НЕ ГОСТ 17763-72.

2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса

Одним из инструментов определения рациональности конструкторских решений является анализ размерных связей. В проектировании технологического процесса необходимо, чтобы назначенные припуски были минимальными и достаточными. Припуски не должны быть чрезмерно большими, чтобы не удорожать обработку, и чрезмерно маленькими, чтобы не было «черноты».

В приложении А представлена размерная схема действующего технологического процесса изготовления вала.

В размерном анализе рассчитываются припуски на обработку и сравниваются с минимально необходимыми припусками.

Минимально необходимый припуск для любой операции рассчитывается по формуле:

$$Z_{min} = Df + Rz,$$

где Df – величина дефектного слоя, мм;

Rz – шероховатость с предыдущей операции, мм.

Для горячекатаного проката (операция 015, 020): $Df = 0,1$ мм, $Rz = 0,08$ мм. Тогда

$$Z_{min} = 0,1 + 0,08 = 0,18 \text{ мм.}$$

Фактический припуск равен:

$$[207 \dots 206] = (206 \dots 16) - (16 \dots 207) = 353_{-0,5} - 351_{-0,5} = 2 \pm 0,5 \text{ мм.}$$

Минимально необходимый припуск для данной операции равен:

$$Z = Z_{min} + \frac{T_Z}{2} - \Delta_0 Z,$$

где T_Z – допуск замыкающего звена, мм;

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

$\Delta_0 Z$ – координата середины поля допуска замыкающего звена, мм.

$$Z = 0,18 + \frac{1}{2} - 0 = 0,68 \text{ мм.}$$

2 мм > 0,68 мм – припуск завышен.

$$[17 \dots 16] = (16 \dots 207) - (207 \dots 17) = 351_{-0,5} - 349_{-0,35} = 2_{-0,5}^{+0,35} \text{ мм.}$$

Минимально необходимый припуск для данной операции равен:

$$Z = 0,18 + \frac{0,85}{2} + 0,075 = 0,68 \text{ мм.}$$

2 мм > 0,68 мм – припуск завышен.

Для точения (операция 030, 040): $Df = 0,03$ мм, $Rz = 0,02$ мм. Тогда

$$Z_{min} = 0,03 + 0,02 = 0,05 \text{ мм.}$$

Фактический припуск для операции 030 равен:

$$[208 \dots 207] = (207 \dots 17) - (17 \dots 108) - (108 \dots 208),$$

$$[208 \dots 207] = 349_{-0,35} - 121 \pm 0,5 - 228,5_{-0,25} = -0,5_{-0,85}^{+0,75} \text{ мм.}$$

Припуск получился отрицательный. В результате этого может быть то, что инструмент не снимает слой металла, а идет «по воздуху».

Минимально необходимый припуск для данной операции равен:

$$Z = 0,05 + \frac{1,6}{2} + 0,05 = 0,9 \text{ мм,}$$

Фактический припуск для операции 040 равен:

$$[18 \dots 17] = (17 \dots 108) - (108 \dots 78) - (78 \dots 58) - (58 \dots 18),$$

$$[18 \dots 17] = 121 \pm 0,5 - 30 \pm 0,05 - 21 \pm 0,05 - 65,5 \pm 0,35 = 4,5 \pm 0,95 \text{ мм.}$$

Минимально необходимый припуск для данной операции равен:

$$Z = 0,05 + \frac{1,9}{2} - 0 = 1,13 \text{ мм,}$$

4,5 мм > 1,13 мм – припуск завышен.

Проверим выполнение размера $[209 \dots 19] = 349$ мм, который не выполняется на операциях и является замыкающим звеном.

$$[209 \dots 19] = (18 \dots 58) + (58 \dots 78) + (78 \dots 108) + (108 \dots 208),$$

$$[209 \dots 19] = 65,5 + 21 + 30 + 228,5 = 345 \text{ мм.}$$

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Из расчетов видно, что размер [209 ... 19] при обработке не выполняется и на 4 мм меньше конструкторского, что приведет к браку.

Брак, получившийся вследствие обработки, может являться следствием завышенных припусков.

В ходе расчетов выявлено, что некоторые припуски являются большими, а один припуск занижен, и один размер не выполнен по номиналу, что привело к неисправимому браку.

2.1.4 Выводы по разделу

В качестве заготовки на предприятии используется горячекатаный прокат, коэффициент использования материала при этом равен 0,55, что свидетельствует о том, что половина материала идет в стружку. Можно сделать вывод, что производство не экономно использует материал, и это отражается на себестоимости детали.

В ходе размерного анализа выявлено, что габаритный размер детали не выполняется (получается меньше указанного на чертеже), что свидетельствует о неправильном назначении припусков и операционных размеров.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «вал мотора-генератора МГ-12.1С»

2.2.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки

Известно, что в себестоимости машиностроительной продукции большую долю составляют затраты на материалы. Для их снижения стремятся в максимальной степени приблизить размеры и форму заготовок к габаритам и форме готовых деталей. Поэтому в современном производстве одним из основных направлений развития технологии механической обработки является использование заготовок с экономичными конструктивными формами, обеспечивающими обработку с наибольшей производительностью и наименьшими отходами материалов.

Для изготовления детали вал мотора-генератора рассмотрим два способа получения заготовок: горячекатаный прокат и многоручьевая штамповка. На рисунке 19 представлен эскиз заготовки из горячекатаного проката.

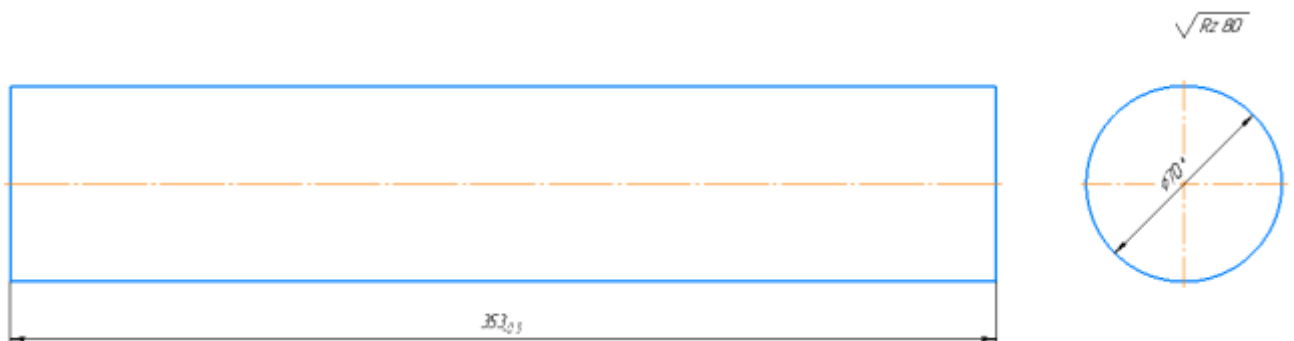


Рисунок 19 – Эскиз заготовки из горячекатаного проката

На рисунке 20 представлен эскиз заготовки штамповки.

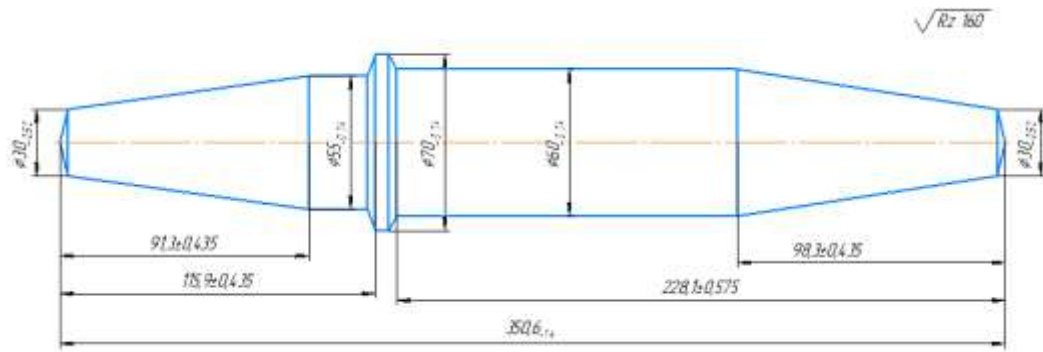


Рисунок 20 – Эскиз заготовки штамповки

Преимущество штамповки заключается в том, что можно получить заготовку, максимально приближенную по форме к детали.

Для обоих случаев рассчитываем коэффициент использования материала:

$$\text{КИМ} = \frac{m_{\text{дет}}}{m_{\text{заг}}},$$

где $m_{\text{дет}}$ – масса готовой детали, кг

$m_{\text{заг}}$ – масса заготовки, кг.

Так как плотность материала заготовки и детали одинакова и они имеют простую форму, то для облегчения расчетов воспользуемся площадями поперечных сечений. Площадь поперечного сечения детали равна 13720 мм^2 , площадь поперечного сечения проката равна 24710 мм^2 , площадь поперечного сечения штамповки равна 16194 мм^2 .

КИМ при обработке из прутка равен:

$$\text{КИМ} = \frac{13720}{24710} = 0,55.$$

КИМ при обработке из штамповки равен:

$$\text{КИМ} = \frac{13720}{16194} = 0,85.$$

Таким образом, в качестве заготовки принимаем штамповку потому, что она имеет меньший КИМ.

2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования

Для фрезерно-центровальной операции будем использовать фрезерно-центровально-обточной полуавтомат 2Г942 (рисунок 21).



Рисунок 21 – Фрезерно-центровально-обточной полуавтомат 2Г942

Станки 2Г942 применяются для механической обработки торцов деталей типа валов в серийном и массовом производстве со встройкой автоматических загрузочных устройств и в составе автоматических линий.

Технические характеристики полуавтомата представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики 2Г942

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

Параметр	Значение
Пределы длины обрабатываемых деталей, мм	100...1000
Пределы диаметров устанавливаемых в тиски деталей, мм	20...160
Наибольшее усилие зажима детали, Н	25500
Наибольший диаметр сверления, мм	16
Наибольший диаметр фрезерования, мм	150
Наибольший диаметр устанавливаемой фрезы, мм	160
Диаметры применяемых центровочных сверл, мм	
Стандартные центровочные сверла типа А и R	3,15...10,12
Стандартные центровочные сверла типа В	2...8
Специальные центровочные сверла	до 12

Окончание таблицы 2

Шпиндели	
Количество шпинделей	4
Пределы частот вращения сверлильного шпинделя, об/мин	290...2300
Пределы частот вращения фрезерного шпинделя, об/мин	125...712
Пределы бесступенчатых подач, мм/мин	20...2000
Ход пиноли сверлильного шпинделя, мм	100
Привод	
Питающая электросеть, В	380±38
Количество электродвигателей на станке	8
Суммарная мощность установленных электродвигателей, кВт	36,28

Для токарной обработки выбираем станок TRENSE SE 320 numeric (рисунок 22). Данный станок прост и удобен в обслуживании, имеет длительный срок эксплуатации с сохранением точностных характеристик. Привод шпинделя оснащен ременной передачей, в результате система имеет низкий уровень вибраций, неблагоприятно влияющих на обработку. Возможность автоматического управления передачами прямо в течение цикла.

Технические характеристики станка представлены в таблице 3.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28



Рисунок 22 – Токарный станок с ЧПУ TRENS SE 320 numeric

Таблица 3 – Технические характеристики станка TRENS SE 320 numeric

Параметр	Значение
Наибольший диаметр обработки, мм	320
Наибольший диаметр обработки над суппортом, мм	170
Расстояние между центрами, мм	750
Высота оси шпинделя над станиной, мм	150
Пределы частот вращения шпинделя, об/мин	880...3500
Рабочий ход по оси X, мм	183
Рабочий ход по оси Y, мм	790
Количество позиций инструмента	8
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	11
Крутящий момент, Нм	210...285

Для обработки шлицев используем универсальный вертикальный зубофрезерный станок 5310 (рисунок 23). Универсальный зубофрезерный станок 5310 предназначен для нарезания цилиндрических прямозубых, косозубых, червячных колес и шлицев в условиях единичного и серийного производства. Обработка производится по способу обкатки червячной фрезы

и обрабатываемой заготовки попутным или встречным методами фрезерования. Станок работает по замкнутому циклу и по циклу наладки.

В таблице 4 представлены технические характеристики станка 5310.



Рисунок 23 – Универсальный вертикальный зубофрезерный станок 5310

Таблица 4 – Технические характеристики станка 5310

Параметр	Значение
Наибольший модуль нарезаемого колеса, мм	3
Диаметр нарезаемых цилиндрических прямозубых колес, мм	60...200
Длина венца нарезаемых цилиндрических прямозубых колес, мм	180
Расстояние от оси шпинделя до направляющих суппорта, мм	150
Диаметр стола, мм	150
Частота вращения фрезы, об/мин	63...318
Пределы продольных подач фрезы на один оборот стола, мм/об	0,25...4
Пределы радиальных подач на один оборот стола, мм/об	0,1...1
Количество электродвигателей на станке	3
Электродвигатель главного привода, кВт	1,7
Электродвигатель ускоренного хода, кВт	1
Электродвигатель насосного охлаждения, кВт	0,12
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	2,82

Для фрезерования шпоночного паза выбираем универсальный горизонтальный фрезерный станок Ruhla UMF FUW 351/III (рисунок 24).

Станок предназначен для выполнения разнообразных фрезерных работ цилиндрическими, торцевыми, концевыми, фасонными и другими фрезами. Применяется для обработки горизонтальных и вертикальных плоскостей, пазов, рамок, углов, зубчатых колес, спиралей, моделей штампов, пресс-форм и других деталей из стали, чугуна, цветных металлов, их сплавов и других материалов.

Технические характеристики станка представлены в таблице 5.



Рисунок 24 – Фрезерный станок Ruhla UMF FUW 351/III

Таблица 5 – Технические характеристики станка Ruhla UMF FUW 351/III

Параметр	Значение
Рабочая поверхность стола, мм	400x710
Нагрузка на стол, кг	150
Продольное перемещение стола (ручн/авт), мм	500/485
Поперечное перемещение стола (ручн/авт), мм	280
Вертикальное перемещение (ручн/авт), мм	430/330
Мощность, кВт	7,4
Конус шпинделя	ISO 40
Частота вращения шпинделя, об/мин	38-1800
Продольные и поперечные подачи, мм/мин	6,3-1250
Вертикальная подача, мм/мин	3,15-625

Для круглошлифовальной операции выбираем станок с ЧПУ R-Grind 2160 CNC (рисунок 25). Жесткая конструкция шпинделя в совокупности с высокой точностью подшипников обеспечивает максимальную стабильность шпинделя. Это гарантирует высокую точность наружного и внутреннего шлифования диаметра, а так же торцевого шлифования. Шпиндельная бабка имеет привод от асинхронного сервомотора с возможностью программного и ручного регулирования скорости вращения.

В таблице 6 представлены технические характеристики станка.



Рисунок 25 – Шлифовальный станок с ЧПУ R-Grind 2160 CNC

Таблица 6 – Технические характеристики станка R-Grind 2160 CNC

Параметр	Значение
Высота центров, мм	210
Диаметр шлифования над столом, мм	420
Расстояние между центрами, мм	400
Максимальный вес заготовки в центрах, кг	150
Размеры шлифовального круга, мм	355x50x152,4
Линейная скорость перемещения, м/с	30
Частота вращения круга, об/мин	1783
Ускоренная подача шлифовальной бабки, м/мин	6
Ускоренная подача стола, м/мин	6
Мощность двигателя шлифовального круга, кВт	3,7
Мощность двигателя шпиндельной бабки, кВт	0,8
Мощность двигателя подачи шлифовальной бабки, кВт	1,2
Мощность двигателя подачи стола, кВт	1,8

2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта технологического процесса

Проектный вариант технологического процесса обработки детали «вал мотора-генератора МГ12-1С» имеет следующую последовательность операций:

- 000 Заготовительная операция (многоручьева штамповка);
- 005 Фрезерно-центровальная операция (фрезерно-центровально-обточной полуавтомат 2Г942);
- 010 Токарная с ЧПУ (TRENS SE 320 numeric);
- 015 Токарная с ЧПУ (TRENS SE 320 numeric);
- 020 Зубофрезерная операция (зубофрезерный станок 5310);
- 025 Зубофрезерная операция (зубофрезерный станок 5310);
- 030 Фрезерная операция (фрезерный станок Ruhla UMF FUW 351/III);
- 035 Термическая операция (закалка ТВЧ 40...42 HRC_Э);
- 040 Круглошлифовальная операция (R-Grind 2160 CNC);

045 Круглошлифовальная операция (R-Grind 2160 CNC);

050 Контроль.

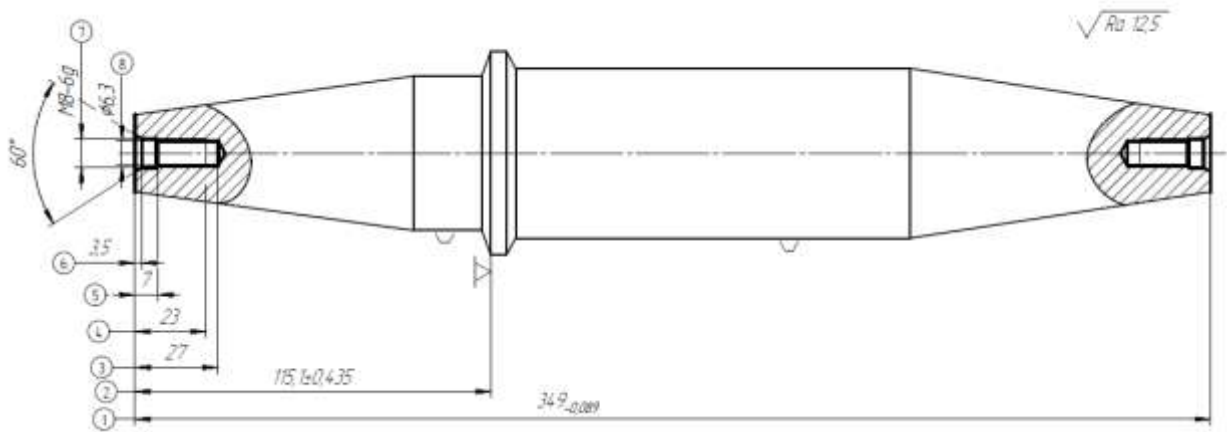


Рисунок 26 – Фрезерно-центровая операция 005

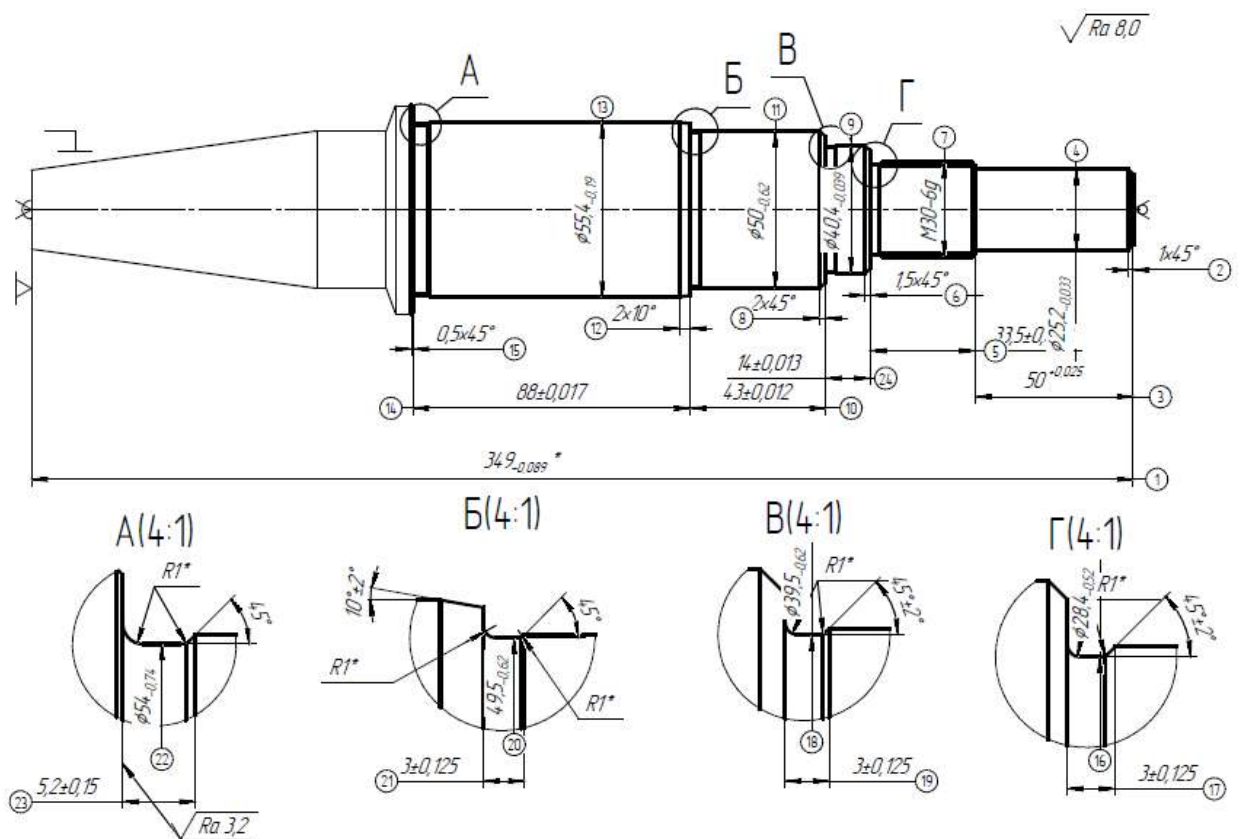


Рисунок 28 – Токарная с ЧПУ 010

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

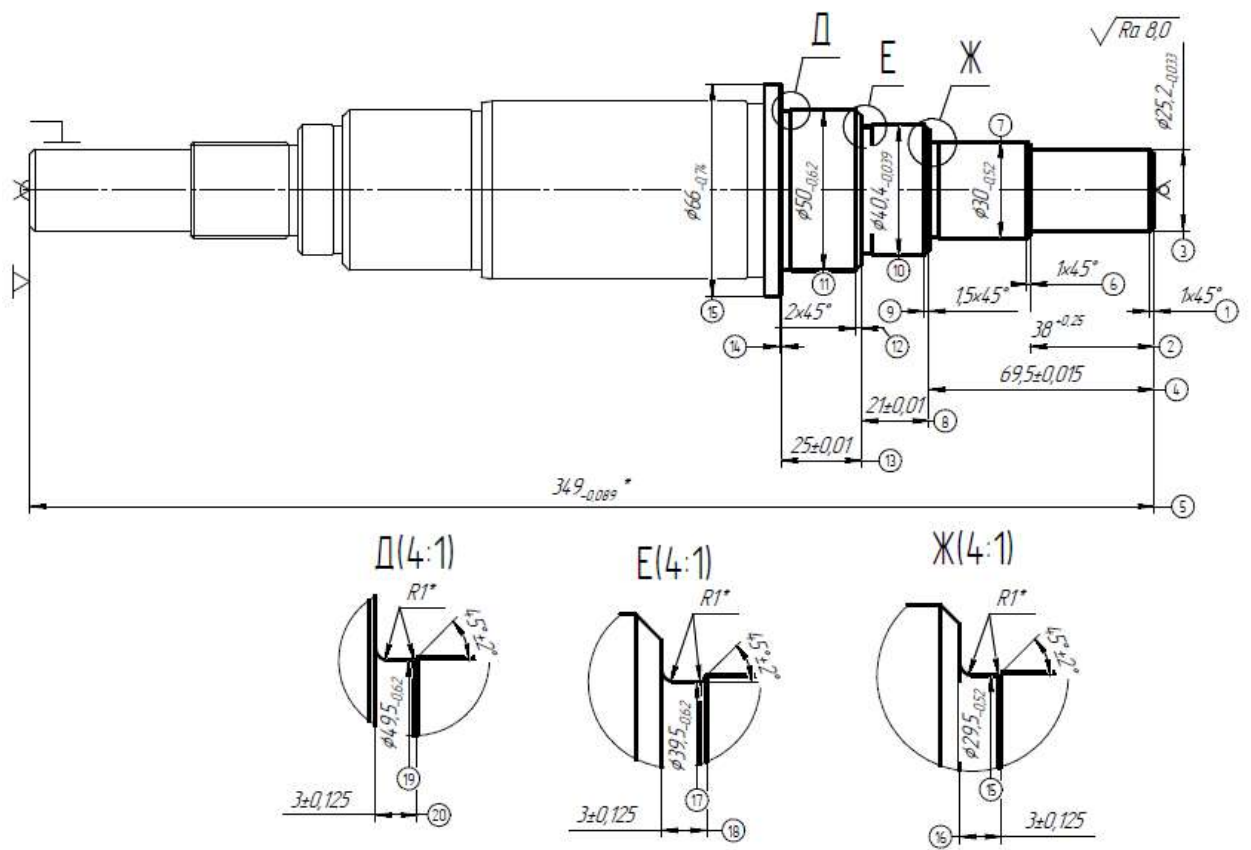


Рисунок 29 – Токарная с ЧПУ 015

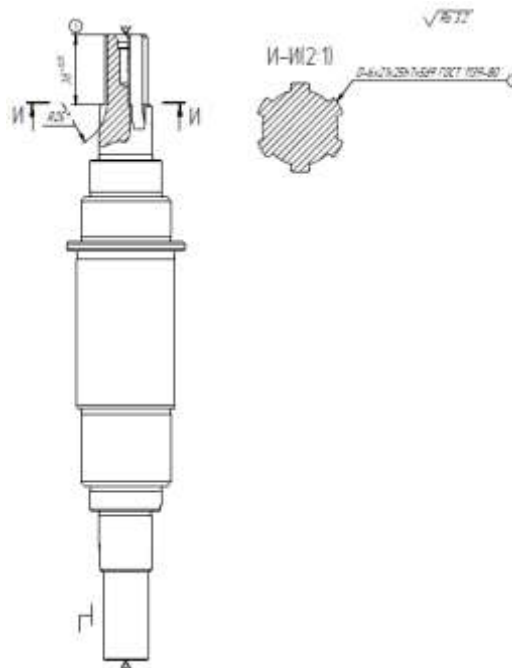


Рисунок 30 – Зубофрезерная операция 020

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

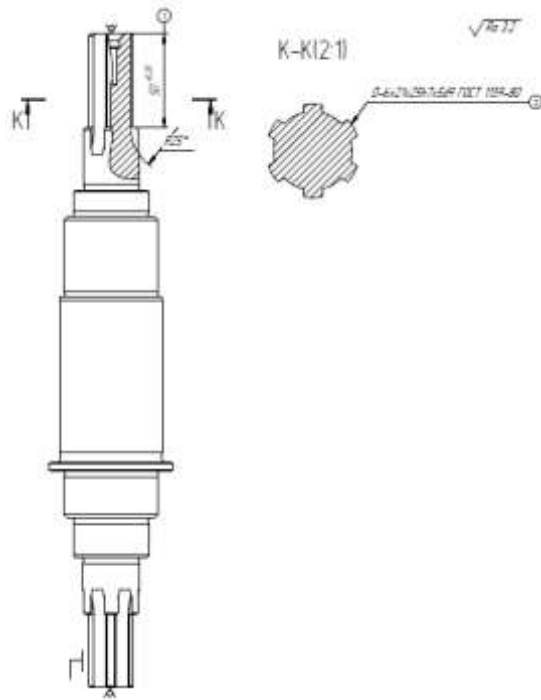


Рисунок 31 – Зубофрезерная операция 025

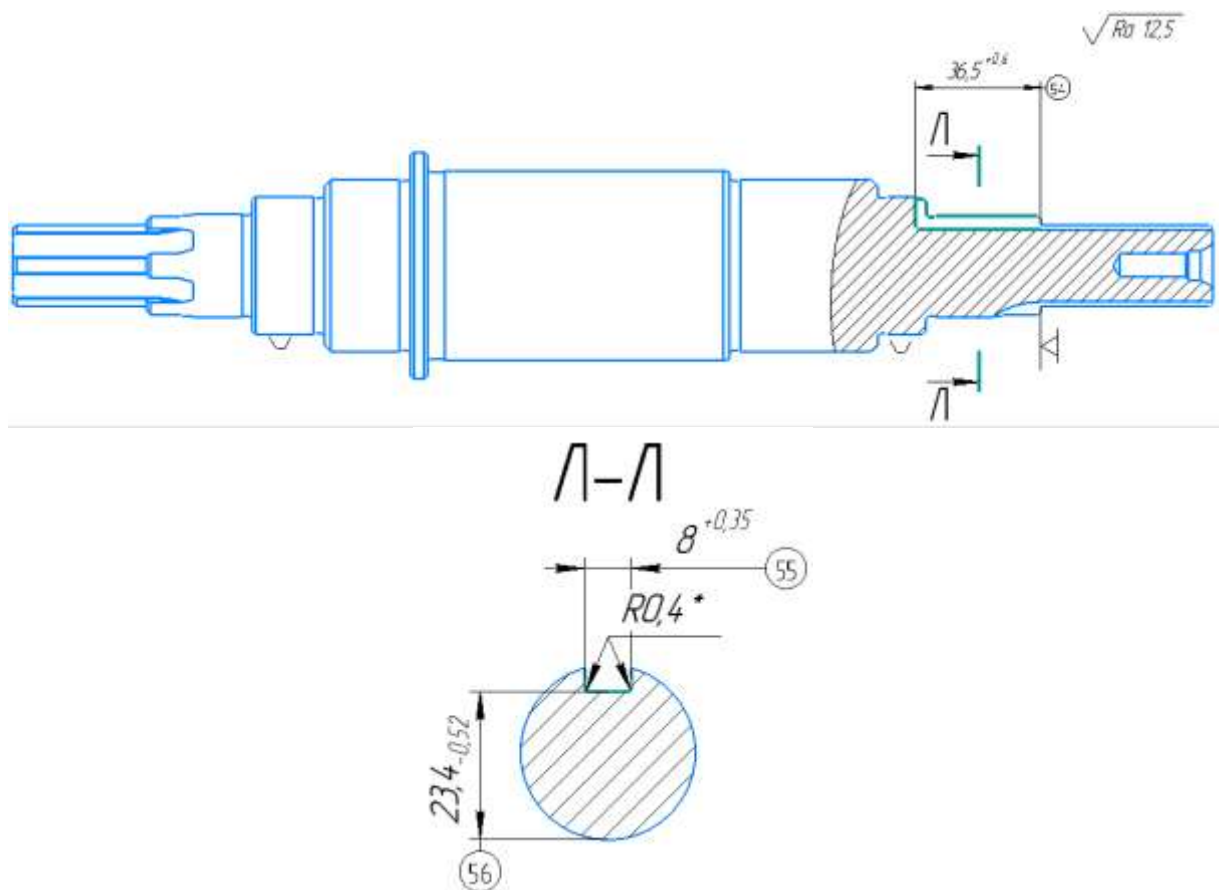
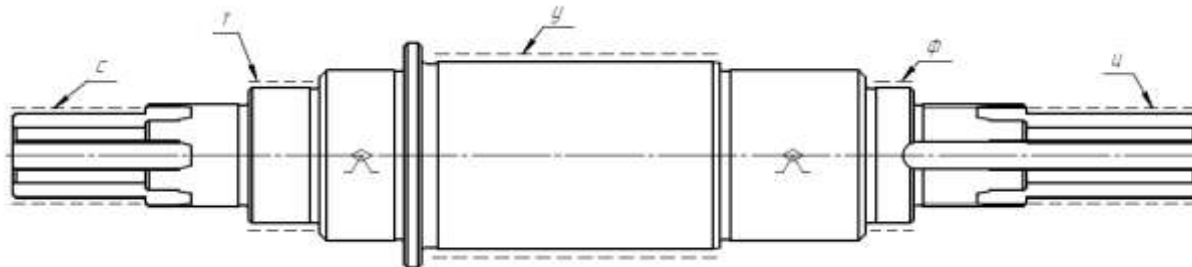


Рисунок 32 – Фрезерная операция 030

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



Поверхности С, Т, У, Ф, Ц ТВЧ h 0,75..2 40..42 HRC,

Рисунок 33 – Термическая операция 035

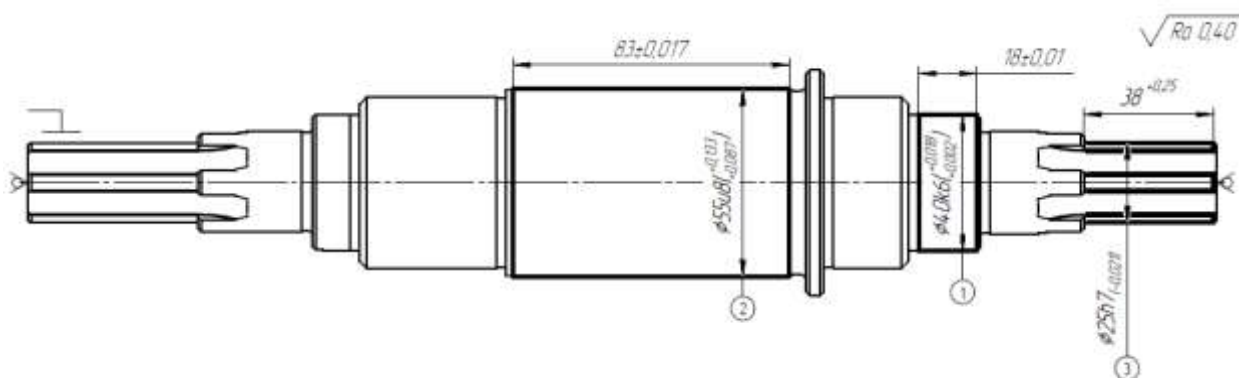


Рисунок 34 – Круглошлифовальная операция 040

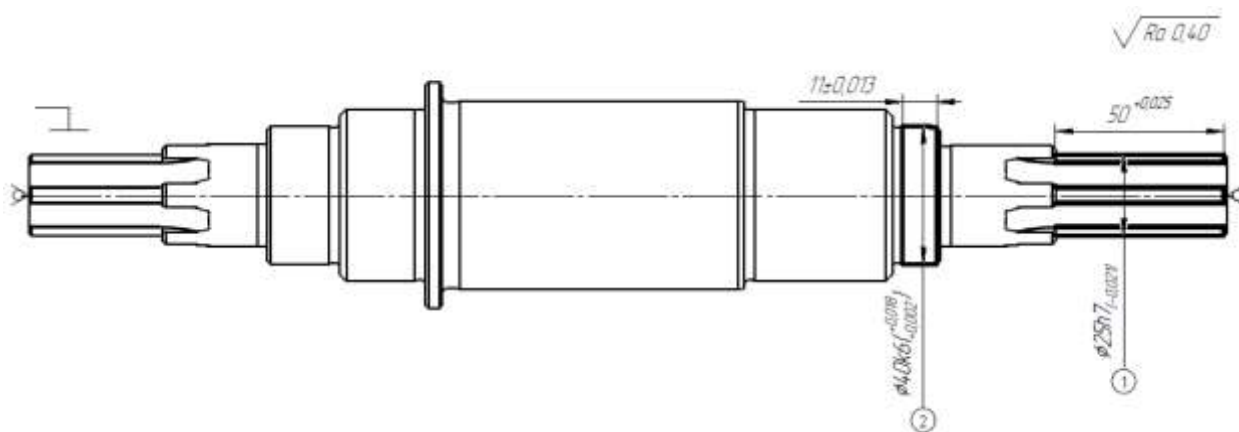


Рисунок 35 – Круглошлифовальная операция 045

2.2.4 Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса

Уравнение замыкающего звена:

$$[108...148]=(148...128)+(128...108).$$

Определим число единиц допуска по формуле:

$$k = \frac{T}{\sum i}$$

где T – допуск замыкающего звена, мкм

$\sum i$ – сумма единиц допусков составляющих звеньев.

Подставив числовые значения, получим:

$$k = \frac{100}{2,17 + 1,56} = 26,8.$$

Точность размеров лежит в пределах 8 и 9 качества.

Находим такую сумму допусков, чтобы запас был минимальным. Минимальный запас по точности получается, если оба размера назначить по 8 качеству.

$$131=88+(128...108),$$

$$(128...108)=131-88=43 \text{ мм},$$

$$131\pm 0,027+43\pm 0,0195=131\pm 0,0465=131\pm 0,046 \text{ мм}.$$

Запас по точности с обеих сторон по 0,004 мм. Выполнение конструкторского размера обеспечено.

Уравнение замыкающего звена:

$$[108...178]=(178...148)+(148...128)+(128...108)$$

Определим число единиц допуска по формуле:

$$k = \frac{T}{\sum i}$$

Подставив числовые значения, получим:

$$k = \frac{250}{2,17 + 1,56 + 1,08} = 51,9.$$

Точность размеров лежит в пределах 9 и 10 качества.

Находим такую сумму допусков, чтобы запас был минимальным. Запас в результате получается большим, поэтому назначаем по 11 качеству.

Размер (178...148) определяется следующим образом:

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

$$145=88+43+(178\dots148),$$

$$(178\dots148)=145-88-43=14 \text{ мм},$$

$$14\pm 0,055+88\pm 0,027+43\pm 0,019=145\pm 0,101 \text{ мм}.$$

Запас по точности с обеих сторон по 0,024 мм. Выполнение конструкторского размера обеспечено.

Так как размеры на конструкторском чертеже проставлены неправильно, мы не можем составить цепочку, поэтому размер (178...208) назначаем самостоятельно:

$$(178\dots208)=33,5\pm 0,05 \text{ мм}.$$

Уравнение замыкающего звена:

$$[98\dots108]=-(108\dots128)-(128\dots148)-(148\dots178)-(178\dots208)- \\ (208\dots218)+(218\dots18)-(18\dots58)-(58\dots78)-(78\dots98).$$

Определим число единиц допуска по формуле:

$$k = \frac{T}{\sum i}$$

Подставив числовые значения, получим:

$$k = \frac{300}{1,87 + 2 \cdot 1,31 + 3,54 + 1,08 + 2,17 + 3 \cdot 1,56} = 18,8.$$

Точность размеров лежит в пределах 7 и 8 качества. Чтобы конструкторский размер выполнялся, необходимо ужесточать допуски.

$$349-69,5-21-25-88-43-14-50-33,5=5 \text{ мм}.$$

Конструкторский размер выполняется.

Уравнение припуска:

$$[98\dots97]=-(97\dots18)+(18\dots58)+(58\dots78)+(78\dots98).$$

Величина припуска находится исходя из величины шероховатости и дефектного слоя на предыдущей операции.

$$Z_{min} = Rz + Df = 0,15 + 0,2 = 0,35 \text{ мм}.$$

Допуск замыкающего звена равен сумме допусков составляющих звеньев:

$$T = 0,14 + 0,03 + 0,02 + 0,02 = 0,21 \text{ мм}.$$

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

Середина поля допуска равна нулю, так как размеры имеют симметричные отклонения.

Подставив значения в формулу, найдем величину припуска:

$$Z = 0,35 + \frac{0,21}{2} - 0 = 0,455 \rightarrow 0,4 \text{ мм},$$
$$0,4 = -(97 \dots 18) + 69,5 + 21 + 25,$$
$$(97 \dots 18) = 69,5 + 21 + 25 - 0,4 = 115,1 \text{ мм}.$$

Уравнение припуска:

$$[17 \dots 18] = -(18 \dots 97) + (97 \dots 17)$$

Минимальный припуск равен:

$$Z_{min} = Rz + Df = 0,15 + 0,2 = 0,35 \text{ мм}.$$

Допуск припуска равен сумме допусков составляющих звеньев:

$$T = 0,14 + 0,87 = 1,01 \text{ мм}.$$

Припуск равен

$$Z = 0,35 + \frac{1,01}{2} - 0 = 0,855 \rightarrow 0,8 \text{ мм},$$
$$0,8 = -115,1 + (97 \dots 17),$$
$$(97 \dots 17) = 0,8 + 115,1 = 115,9 \text{ мм}.$$

Габаритный размер заготовки равен

$$(17 \dots 217) = 349 + 2 \cdot 0,8 = 350,6 \text{ мм}.$$

Уравнение припуска:

$$[217 \dots 218] = -(218 \dots 208) - (208 \dots 178) - (178 \dots 148) + (148 \dots 217)$$

$$Z = 0,35 + \frac{0,945}{2} + 0,0125 = 0,835 \rightarrow 0,8 \text{ мм},$$
$$0,8 = -50 - 33,5 - 14 + (148 \dots 217),$$
$$(148 \dots 217) = 0,8 + 50 + 33,5 + 14 = 98,3 \text{ мм}.$$

Уравнение припуска:

$$[108 \dots 107] = -(107 \dots 217) + (217 \dots 218) + (218 \dots 208) + (208 \dots 178) + (178 \dots 148) +$$
$$+(148 \dots 128) + (128 \dots 108).$$

Минимальный припуск равен 0,35 мм. Так как звеньев больше 5, то расчет будем вести по вероятностному методу.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

Допуск при вероятностном методе определяется по формуле:

$$T = k \sqrt{\sum (\lambda_i \cdot T_i)^2},$$

где $k = 3$ – коэффициент риска;

$\lambda_i = \frac{1}{\sqrt{6}}$ – коэффициент типа производства.

Таким образом, допуск замыкающего звена равен 1,82 мм.

Припуск равен:

$$Z = 0,35 + \frac{1,82}{2} - 0 = 1,26 \rightarrow 1,2 \text{ мм},$$

$$1,2 = -(107...217) + 0,8 + 50 + 33,5 + 14 + 43 + 88.$$

Габаритный размер равен:

$$(107...217) = 0,8 + 50 + 33,5 + 14 + 43 + 88 - 1,2 = 228,1 \text{ мм}.$$

Уравнение припуска:

$$[17...18] = -(18...58) - (58...78) + (78...17),$$

$$[17...18] = -69,5 \pm 0,015 - 21 \pm 0,01 + (78...17) \pm 0,435 \text{ мм}.$$

Допуск замыкающего звена равен 0,95 мм.

Координата середины поля допуска равна 0.

Припуск равен:

$$Z = 0,35 + \frac{0,95}{2} - 0 = 0,825 \rightarrow 0,8 \text{ мм},$$

$$0,8 = -69,5 - 21 + (78...17).$$

Габаритный размер равен:

$$(78...17) = 0,8 + 69,5 + 21 = 91,3 \text{ мм}.$$

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

Расчет режимов резания для фрезерно-центровальной операции.

Исходные данные:

Деталь:

– вал;

– материал – сталь 40Х (210...230 НВ);

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

– параметр шероховатости поверхности $Ra=10$ мкм.

Заготовка:

- штамповка 14 квалитет точности;
- масса: 4,59 кг;
- состояние поверхности: с коркой;
- припуск на обработку: 0,8 мм.

Оборудование: фрезерно-центровально-обточной полуавтомат 2Г942.

Паспортные данные:

- частота вращения сверлильного шпинделя: 290...2300 об/мин;
- частота вращения фрезерного шпинделя: 125...712 об/мин.

Операция:

- приспособление: призма;
- содержание операции: фрезеровать поверхности 1 и 2 и обработать в них центровые отверстия типа FM8.

Размер между обработанными торцами соответствует 8 квалитету. По карте 54 [1] определяем, что для получения размера $349h8_{(-0,089)}$ необходимо выполнение отделочной стадии обработки.

Из приложения 3, 10, 11 [1] выбираем следующие параметры инструмента: фреза торцовая $D=50$ мм, материал режущей части T15K6, число зубьев $z=5$, главный угол в плане $\varphi=75^\circ$.

Выбор подачи:

Подача на зуб для отделочной стадии выбирается по карте 59 [1]:
 $S_{Zt} = 0,07$ мм/зуб.

Выбираем поправочные коэффициенты для подачи [1, карты 60 и 66] в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала $K_{S_M} = 0,9$;
- материала режущей части фрезы $K_{S_{И}} = 1,0$;
- отношения фактической ширины фрезерования к нормативной $K_{S_B} = 1,3$;
- главного угла в плане $K_{S_\varphi} = 0,85$;

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

- способа крепления пластины $K_{Sp} = 1,0$;
- схемы установки фрезы $K_{Sc} = 0,5$;
- выбранного критерия износа фрезы $K_{Shз} = 1,35$;
- группы обрабатываемости материала $K_{So} = 0,95$.

С учетом поправочных коэффициентов подачу определяют по следующей формуле:

$$S_Z = S_{Zt} K_{SM} K_{Si} K_{Sb} K_{S\phi} K_{Sp} K_{Sc} K_{Shз} K_{So}$$

Подставив числовые значения, получим:

$$S_Z = 0,07 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1,35 \cdot 0,95 = 0,05 \text{ мм/зуб.}$$

Для последней стадии обработки проводят проверку выбранной подачи по обеспечению требуемой шероховатости поверхности. Подача, допустимая по шероховатости поверхности $S_Z = 0,19$ мм/зуб [1, карта 61]. С учетом поправочного коэффициента в зависимости от твердости обрабатываемого материала ($K_{SM} = 1$) подача по шероховатости равна $S_Z = 0,19 \cdot 1 = 0,19$ мм/зуб. Для отделочной стадии обработки окончательно принимают минимальное значение подачи $S_Z = 0,05$ мм/зуб.

Выбор скорости резания:

Скорость резания выбирают по карте 65 [1]: $V_T = 352$ м/мин.

Выбранные скорости резания корректируют с учетом поправочных коэффициентов в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала $K_{VM} = 0,9$;
- материала режущей части фрезы $K_{Vi} = 1$;
- состояния поверхности $K_{Vп} = 0,8$;
- главного угла в плане $K_{V\phi} = 0,95$;
- отношения ширины фрезерования к диаметру фрезы $K_{Vb} = 1,3$;
- периода стойкости режущей части фрезы $K_{Vt} = 1$;
- способа крепления пластины $K_{Vp} = 1$;
- наличия охлаждения $K_{Vж} = 1$;

– группы обрабатываемости материала $K_{V_0} = 0,85$.

С учетом поправочных коэффициентов скорость резания равна:

$$V = V_T K_{V_M} K_{V_{И}} K_{V_{П}} K_{V_{\phi}} K_{V_B} K_{V_T} K_{V_P} K_{V_{Ж}} K_{V_0}$$

Подставив числовые значения, получим:

$$V = 352 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,95 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,85 = 266 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

$$n = \frac{1000V}{\pi D}$$

Подставив числовые значения, получим:

$$n = \frac{1000 \cdot 266}{3,14 \cdot 50} = 1694 \text{ об/мин.}$$

Максимальная частота фрезерного шпинделя станка составляет 712 об/мин. Тогда фактическая скорость резания равна:

$$V = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 712}{1000} = 111,7 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача равна:

$$S_m = S_z Z n.$$

Подставив числовые значения, получим:

$$S_m = 0,05 \cdot 5 \cdot 712 = 178 \text{ мм/мин.}$$

Проверку по мощности привода главного движения выполняют только для черновой стадии обработки.

Норма основного времени определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L}{S_m},$$

где L – длина обработки, мм;

S_m – минутная подача, мм/мин.

Таким образом, основное время при фрезеровании торцев равно:

$$T_0 = \frac{30 + 5 + 4}{178} = 0,22 \text{ мин.}$$

Рассчитаем режимы резания для центрования отверстий.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Выбор подачи, скорости, мощности и осевой силы резания осуществляют по карте 46 [1] для ближайшего большего табличного значения диаметра инструмента. Таким образом, для диаметра отверстия 6,8 мм:

$$S_{от} = 0,14 \text{ мм/об},$$

$$V_T = 26 \text{ м/мин},$$

$$P_T = 1498 \text{ Н},$$

$$N_T = 0,44 \text{ кВт}.$$

Для отверстия диаметром 8,5 мм:

$$S_{от} = 0,25 \text{ мм/об},$$

$$V_T = 24 \text{ м/мин},$$

$$P_T = 2755 \text{ Н},$$

$$N_T = 0,9 \text{ кВт}.$$

Для отверстия диаметром 15 мм:

$$S_{от} = 0,39 \text{ мм/об},$$

$$V_T = 19,4 \text{ м/мин},$$

$$P_T = 6124 \text{ Н},$$

$$N_T = 1,64 \text{ кВт}.$$

Подачу корректируют по формуле:

$$S_o = S_{от} K_{S_M}.$$

Коэффициент K_{S_M} выбирают по карте 53, лист 1 [1], $K_{S_M} = 0,72$.

С учетом поправки подача равна:

$$S_{o1} = 0,14 \cdot 0,72 = 0,1 \text{ мм/об},$$

$$S_{o2} = 0,25 \cdot 0,72 = 0,18 \text{ мм/об},$$

$$S_{o3} = 0,39 \cdot 0,72 = 0,28 \text{ мм/об}.$$

Поправочные коэффициенты для скорости выбираем по карте 53 [1] в зависимости от:

– обрабатываемого материала $K_{V_M} = 0,72$;

– применения охлаждения $K_{V_Ж} = 1$;

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

- состояния поверхности заготовки $K_{V_w} = 0,8$;
- инструментального материала $K_{V_{и}} = 1$;
- формы заточки инструмента $K_{V_3} = 1$;
- длины рабочей части сверла $K_{V_l} = 1$;
- покрытия инструментального материала $K_{V_{п}} = 1$;
- отношения фактического и номинального периода стойкости $K_{V_T} = 1$.

Таким образом скорость резания равна:

$$V_1 = 26 \cdot 0,72 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 14,97 \text{ м/мин,}$$

$$V_2 = 24 \cdot 0,72 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 13,82 \text{ м/мин,}$$

$$V_3 = 19,4 \cdot 0,72 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 11,17 \text{ м/мин.}$$

Тогда частота вращения равна:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 14,97}{3,14 \cdot 6,8} = 701,1 \text{ об/мин,}$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 13,82}{3,14 \cdot 8,5} = 517,8 \text{ об/мин,}$$

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 11,17}{3,14 \cdot 15} = 237,2 \text{ об/мин.}$$

Выбранные режимы резания удовлетворяют паспорту станка.

Назначим режимы резания для обработки резьбы М8.

Выбор подачи, скорости, мощности и осевой силы резания осуществляют по карте 50 [1]. Таким образом:

$$V_T = 10,7 \text{ м/мин,}$$

$$P_T = 5 \text{ Н,}$$

$$N_T = 0,16 \text{ кВт,}$$

$$M_{KPT} = 0,4 \text{ Нм,}$$

$$M_{PT} = 2,2 \text{ Нм.}$$

С учетом поправочных коэффициентов скорость резания равна:

$$V = 10,7 \cdot 0,72 \cdot 1 = 7,7 \text{ м/мин.}$$

Выбранные режимы резания удовлетворяют паспорту станка.

Рассчитаем основное время для обработки отверстий:

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

$$T_o = \frac{33}{70,11} + \frac{29}{7700} + \frac{12}{93,2} + \frac{8,5}{66,4} = 0,73 \text{ мин.}$$

Норма штучного времени определяется по формуле:

$$T_{шт} = (T_o + T_B) \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{обс} + \alpha_{от.л}}{100}\right),$$

где T_o – основное время, мин;

T_B – вспомогательное время, мин;

$\alpha_{обс}$, $\alpha_{от.л}$ – время на обслуживание, отдых и личные надобности, назначается в процентах к оперативному времени ($\alpha_{обс} + \alpha_{от.л} = 7\%$), %.

Подставив числовые значения, получим:

$$T_{шт} = (0,95 + 1,19) \cdot \left(1 + \frac{7}{100}\right) = 2,29 \text{ мин.}$$

Назначим режимы резания для токарной операции с ЧПУ 010.

По карте 1 [1] назначают необходимые стадии обработки. Поверхность 1 будет обрабатываться в три стадии: получистовую, чистовую и отделочную. По карте 2 определяю необходимую глубину резания для отделочной и чистовой стадий обработки. Для отделочной стадии обработки: для поверхности 1, которой соответствует интервал размеров 18...30 мм, рекомендуется $t=0,4$ мм, для чистовой стадии $t=1,6$ мм. Глубину резания для получистовой стадии определяют исходя из общего припуска на обработку и суммы глубин резания на чистовой и отделочной стадиях обработки. Значит $t=7$ мм.

Для получистовой стадии обработки значение подачи определяем по карте 4 $S_{от} = 0,35$ мм/об.

По карте 5 выбираем поправочные коэффициенты в зависимости от:

- сечения державки резца $K_{S_d} = 0,95$;
- прочности режущей части $K_{S_h} = 1$;
- механических свойств обрабатываемого материала $K_{S_M} = 0,9$;
- схемы установки заготовки $K_{S_y} = 1$;
- состояния поверхности заготовки $K_{S_{п}} = 0,85$;

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

– геометрических параметров резца $K_{S\varphi} = 1,2$;

– жесткости станка $K_{Sj} = 0,7$.

Таким образом подача для получистовой стадии равна:

$$S = 0,35 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1,2 \cdot 0,7 = 0,21 \text{ мм/об.}$$

Аналогично находим подачи для чистовой и отделочной стадий обработки: $S = 0,28 \text{ мм/об.}$

Для отделочной стадии обработки рекомендуется подача $S = 0,04 \text{ мм/об}$, для чистовой стадии с учетом поправочного коэффициента $S = 0,108 \text{ мм/об}$, для получистовой стадии с учетом поправочного коэффициента $S = 0,176 \text{ мм/об}$.

Рассчитаем скорость резания.

Рекомендуемую скорость резания для получистовой стадии обработки выбирают по карте 21 [1] $V_T = 131 \text{ м/мин}$, поправочный коэффициент в зависимости от инструментального материала $K_{Vi} = 1$.

По карте 23 выбираем остальные поправочные коэффициенты на скорость резания для получистовой стадии обработки для измененных условий в зависимости от:

– группы обрабатываемости материала $K_{Vc} = 1$;

– вида обработки $K_{Vo} = 1$;

– жесткости станка $K_{Vj} = 0,7$;

– механических свойств обрабатываемого материала $K_{Vm} = 0,8$;

– геометрических параметров резца $K_{V\varphi} = 1,2$;

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

– наличия охлаждения $K_{Vж} = 1$.

С учетом поправочных коэффициентов скорость резания равна:

$$V_{п/ч} = 131 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 88,03 \text{ м/мин.}$$

Аналогично определяем скорость резания для чистовой и отделочной стадий обработки $V_c = 135,7 \text{ м/мин}$, $V_{отд} = 218,2 \text{ м/мин}$.

Частота вращения шпинделя:

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

$$n_{п/ч} = \frac{1000 \cdot 88,03}{3,14 \cdot 25} = 1121,4 \text{ об/мин,}$$

$$n_{ч} = \frac{1000 \cdot 135,7}{3,14 \cdot 25} = 1728,6 \text{ об/мин,}$$

$$n_{отд} = \frac{1000 \cdot 218,2}{3,14 \cdot 25} = 2779,6 \text{ об/мин.}$$

Основное время для обработки поверхности 1 равно:

$$T_o = \frac{50}{197,4} + \frac{50}{186,7} + \frac{50}{111,2} = 0,95 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время выбирается из справочника [6].

Таким образом, норма штучного времени равна:

$$T_{шт} = (0,95 + 0,15) \cdot \left(1 + \frac{7}{100}\right) = 1,2 \text{ мин.}$$

Аналогично рассчитываем режимы резания и нормы времени для всех операций механической обработки.

В таблице 7 представлены режимы резания для всех операций спроектированного технологического процесса.

Таблица 7 – Режимы резания

Опера ция	Переход	t, мм	S_o, S_z мм/об, мм/зуб	S_m , мм/мин	n, об/мин	V, м/мин
005	фрезерование торца	0,8	0,05	178	712	55,89
	сверление $\varnothing 6,8$		0,1	70,1	701,1	14,97
	сверление $\varnothing 8,5$		0,18	93,2	517,8	13,82
	сверление $\varnothing 15$		0,28	66,4	237,2	11,17
	резьба М8		1			7,7
010	Точение $\varnothing 25_{-0,033}$	7	0,176	197,4	1121,4	88
		1,6	0,108	186,7	1728,6	135,7
		0,4	0,04	111,2	2779,6	218,2
	Точение $\varnothing 30_{-0,033}$	6,6	0,11	113,7	1034,3	108,8
		0,7	0,108	150,4	1392,7	146,5

		0,3	0,036	74,6	2073,4	218,1
	Точение $\varnothing 40,4_{-0,039}$	6,7	0,11	95,3	866,2	108,8
		2,1	0,108	109,4	1012,7	127,2
		1	0,036	47,5	1319,7	165,7
		5	0,21	176,9	842,6	132,3
	Точение $\varnothing 55,4_{-0,046}$	1,5	0,3	245,1	817	141,1
		0,7	1,198	154	778,2	134,4
		0,3	0,063	79,5	1262,8	218,1
	Точение канавки	0,25	0,09	134,3	1507,1	134,4
	Точение канавки	0,25	0,09	134,3	1507,1	134,4
	Точение канавки	0,5	0,11	96,5	1083,6	111,2

Окончание таблицы 7

	Точение канавки	0,8	0,11	97,3	819,7	111,2	
	Резьба М30		1		2000	187,7	
015	Точение $\varnothing 30_{-0,52}$	9,5	0,079	85,6	1083,8	102,1	
	Точение $\varnothing 25,2_{-0,033}$	1,4	0,108	186,7	1728,6	135,7	
		0,7	0,108	150,4	1392,7	146,5	
		0,3	0,04	111,2	2779,6	218,2	
	Точение $\varnothing 40,4_{-0,039}$	6,3	0,11	95,3	866,2	108,8	
		0,7	0,108	109,4	1012,7	127,2	
		0,3	0,036	74,6	2073,4	218,1	
		Точение $\varnothing 50_{-0,62}$	2,5	0,122	125,9	1031,5	161,2
		Точение $\varnothing 66_{-0,74}$	2	0,15	124	781,4	161,9
		Точение канавки	0,25	0,089	230,2	1450,9	134,4
		Точение канавки	0,25	0,089	172	1083,6	134,4
	Точение канавки	0,25	0,089	137,2	864,6	134,4	
020	Фрезерование шлицев	4	0,63		125	9,9	
025	Фрезерование шлицев	4	0,63		125	9,9	
030	Фрезерование паза	3,1		100	2000	50,2	
040	Шлифование $\varnothing 40k6$	0,2	0,032		147	0,79	
	Шлифование $\varnothing 55u8$	0,2	0,028		113	2500	
	Шлифование $\varnothing 25h7$	0,1	0,036		190	0,42	

045	Шлифование $\phi 25h7$	0,1	0,036		190	0,42
	Шлифование $\phi 40k6$	0,2	0,032		147	0,79

В таблице 8 представлены нормы времени на все операции технологического процесса.

Таблица 8 – Нормы времени

Операция	T_0 , мин	T_B , мин	$T_{шт}$, мин
005	0,95	1,19	2,29
010	4,76	1,1	6,27
015	2,73	1,08	4,1
020	2,4	0,48	3,08
025	3,36	0,48	4,1

Окончание таблицы 8

030	3,65	3,5	7,65
040	1,1	0,85	2,09
045	0,35	0,46	0,87

В таблице 9 представлены нормы времени базового технологического процесса.

Таблица 9 – Нормы времени базового технологического процесса

Операция	T_0 , мин	T_B , мин	$T_{шт}$, мин
015	3,67	2,1	6,17
020	5,25	2,2	7,97
030	35	2,05	39,64
040	28	2,05	32,15
045	0,35	2,1	2,62
050	0,35	2,1	2,62
060	6	2,5	9,1
075	7	2,5	10,17
090	0,47	1,5	2,1
095	0,47	1,5	2,1
100	0,33	1,03	1,46

105	0,47	1,03	1,6
110	0,33	1,03	1,46
115	2,4	1,1	3,75

2.2.6 Выводы по разделу

Проектный вариант технологического процесса обработки детали «вал мотора-генератора МГ-12.1С» был усовершенствован за счет уменьшения операций механической обработки. Так же был выбран другой способ получения заготовки, вместо горячекатаного прутка – штамповка, другое оборудование, и рассчитаны режимы резания, что позволило уменьшить время на обработку. Для обработки шпоночного паза и шлицев были выбраны универсальные станки, так как на станках с ЧПУ трудно получить заданную точность. Проведен размерный анализ и рассчитаны нормы времени на все операции технологического процесса.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки

Технологическая оснастка играет немаловажную роль в эффективности работы предприятия, так как правильно подобранные элементы способны значительно расширить функционал оборудования и повысить качество изготавливаемой продукции.

На токарных операциях в качестве оснастки используем центр вращающийся (рисунок 36), центр плавающий (рисунок 37) и поводковый патрон (рисунок 38).



Рисунок 36 – Центр вращающийся



Рисунок 37 – Центр плавающий



Рисунок 38 – Поводковый патрон

На токарном станке TRENS SE 320 numeric используется револьверная головка SAUTER с диском VDI (рис. 39).



Рисунок 39 – Револьверная головка SAUTER

И каталога компании Ирлен Инжиниринг выберем резцедержатели.

Так как резцы DCLNR 2525M12-M, SVJBR 2525M11 и 16 ER 1.0ISO имеют одинаковое сечение, то выберем для них резцедержатель В5-40×25 (рис. 40). Размеры резцедержателя представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Размеры резцедержателя

D,мм	B1,мм	B2,мм	B3,мм	H1,мм	H2,мм	H3,мм	H4,мм	L1,мм	L2,мм
40	118	76	12,5	25	35	48	32,5	44	22

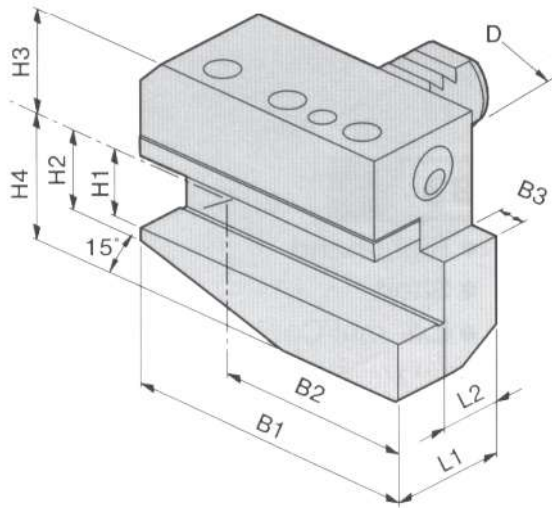


Рисунок 40 – Резцедержатель В5-40×25

Для установки червячной фрезы на шлицефрезерной операции используем оправку (рисунок 41).



Рисунок 41 – Оправка для червячной фрезы

При фрезеровании шпоночного паза на шпоночно-фрезерной операции используем фрезерный патрон (рисунок 42).



Рисунок 42 – Фрезерный патрон

3.2 Проектирование и расчет специального станочного приспособления

3.2.1 Анализ проектного технологического процесса

Проанализировав, действующий технологический процесс изготовления вала, было решено, что необходимо спроектировать зажимное станочное приспособление для обработки шпоночного паза в призме, чтобы снизить погрешности при его обработке.

3.2.2 Обоснование базирования

Базированием называют придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат станка. В нашем случае базирование выполняется в призме по двойной направляющей базе. В данном случае преимущество базирования в призме заключается в том, что этим мы обеспечим совпадение конструкторской и технологической базы. А это в свою очередь, сократит время на пересчет размеров и не приведет к появлению дополнительной погрешности.

3.2.3 Силовая схема

На рисунке 43 представлена силовая схема, на которой изображены силы, действующие в процессе обработки шпоночного паза.

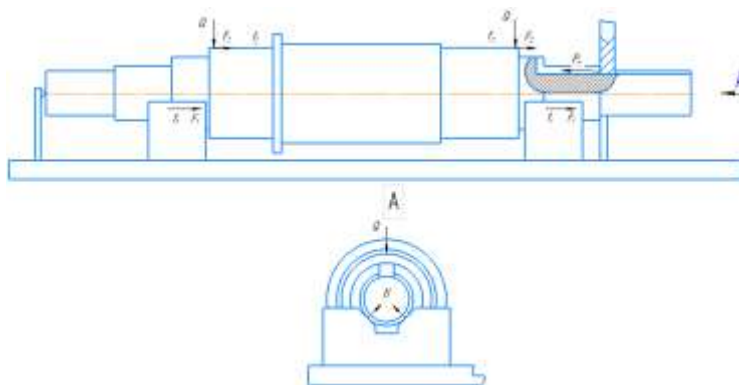


Рисунок 43 – Силовая схема

3.2.4 Расчет приспособления на точность

Заданная точность приспособления определяется допуском изделия. Суммарная погрешность должна быть много меньше допуска.

$$\sum \omega_{\text{пр}} \leq T_{\text{п}}$$
$$\sum \omega_{\text{пр}} =$$
$$= 1,2 \cdot \sqrt{\omega_{\text{м}}^2 + \omega_{\text{ув}}^2 + \omega_{\text{б}}^2 + \omega_{\text{з}}^2 + \omega_{\text{изн}}^2 + \omega_{\text{изг}}^2 + \omega_{\text{уст}}^2 + \omega_{\text{рег}}^2 + \omega_{\text{изм}}^2 + \omega_{\text{смещ}}^2}$$
$$+ \Delta_{\text{с}} + \Delta_{\text{инст}} - \Delta_{\text{т}} + \Delta_{\text{д}}.$$

Проведем расчет всех составляющих погрешностей:

- Погрешность станка

Погрешность станка определяется по формуле:

$$\Delta_{\text{с}} = \frac{l \cdot T}{L},$$

где $l = 86,5$ мм – длина обработки;

$L = 400$ мм – длина, на которой определяется погрешность T ;

$T = 0,02$ мм – погрешность на длине обработки L .

Подставив числовые значения, получим

$$\Delta_{\text{с}} = \frac{86,5 \cdot 0,02}{400} = 0,0043 \text{ мм.}$$

- Погрешность, связанная с термическими деформациями

Для фрезерования термическая деформация варьируется в пределах от 0,005 мм до 0,025 мм. Принимаем среднее значение 0,016 мм.

- Погрешность износа инструмента

Погрешность износа инструмента определяется по формуле:

$$\Delta_{\text{изн}} = U_{\text{изн}} \cdot \text{tg} \alpha.$$

Подставив числовые значения, получим

$$\Delta_{\text{изн}} = 0,45 \cdot \text{tg} 18^\circ = 0,146 \text{ мм.}$$

После подналадки для уменьшения износа погрешность равна

$$\Delta'_{\text{изн}} = \frac{\Delta_{\text{изн}}}{m + 1} = \frac{0,146}{3} = 0,049 \text{ мм.}$$

- Мгновенное рассеивание

По таблице 7.3 [2] мгновенное рассеивание для фрезерной группы принимаем равным 0,02 мм.

- Погрешность, связанная с уводом инструмента

Погрешность, связанная с уводом инструмента равна 0 мм, так как в приспособлении отсутствуют направляющие элементы.

- Погрешность базирования

Погрешность базирования в призме определяется по формуле (таблица 3.1 [2]):

$$\omega_{\text{баз}} = \frac{\delta_D}{2} \cdot \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right),$$

Подставив числовые значения, получим:

$$\omega_{\text{баз}} = \frac{0,020}{2} \cdot \left(\frac{1}{\sin 30^\circ} + 1 \right) = 0,015 \text{ мм.}$$

- Погрешность закрепления

Погрешность закрепления зависит от того, каким устройством создается зажимное усилие. В нашем случае силовым устройством является пневмонасос, следовательно, из справочника [12]:

$$\omega_3 = 0,01 \text{ мм.}$$

- Погрешность износа установочных элементов

Погрешность износа установочных элементов определяется по формуле:

$$\omega_{\text{изн}} = \beta_2 \cdot \sqrt{N},$$

где $\beta_2 = 0,5$ мкм (таблица 7.7 [2]);

$N = 1000$ шт – количество установок в приспособлении и снятий с него в год.

Подставив числовые значения, получим:

$$\omega_{\text{изн}} = 0,5 \cdot \sqrt{1000} = 0,5 \cdot 31,6 = 15,8 \text{ мкм} = 0,016 \text{ мм.}$$

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

- Погрешность установки на столе станка

Погрешность установки на столе станка определяется в зависимости от допуска на расстояние между направляющими стола. Таким образом, погрешность равна:

$$\omega_y = 0,002 \text{ мм.}$$

- Погрешность регулирования

Погрешность регулирования зависит от точности регулировочных средств. В нашем случае регулировка происходит по лимбу. Погрешность лимба варьируется в диапазоне от 0,01 до 0,05 мм (таблица 7.8 [2]). Принимаем наихудший вариант.

$$\omega_{\text{рег}} = 0,05 \text{ мм.}$$

- Погрешность измерения

Погрешность измерения принимается равной предельной погрешности универсального измерительного инструмента при настройке (таблица П12-П13 [2]);

$$\omega_{\text{изм}} = 0,01 \text{ мм.}$$

- Погрешность смещения центра группирования размеров пробных заготовок относительно среднего поля рассеивания

Погрешность может учитываться только по пробным заготовкам.

Она определяется по формуле:

$$\omega_{\text{см}} = \frac{\omega_m}{\sqrt{m}}$$

где m – число пробных заготовок.

$$\omega_{\text{см}} = \frac{0,02}{\sqrt{4}} = 0,01 \text{ мм.}$$

Таким образом,

$$\Delta_{\text{изг.пр}} \leq 0,201 \text{ мм.}$$

3.2.5 Расчет силы резания

Сила резания при фрезеровании паза определяется по следующей формуле (таблица 6.1 [2]):

$$P_Z = C_p t^{0,86} B Z S_z^{0,72} D^{-0,86},$$

где $C_p = 682$ – коэффициент, зависящий от свойств материала заготовки и инструмента;

$t = 0,3$ мм – глубина резания;

$B = 8$ мм – ширина фрезерования;

$Z = 2$ – число зубьев фрезы;

$S_z = 0,1$ мм – подача на зуб;

$D = 8$ мм – диаметр фрезы.

Подставив числовые значения, получим

$$P_Z = 682 \cdot 0,3^{0,86} \cdot 8 \cdot 2 \cdot 0,1^{0,72} \cdot 8^{-0,86} = 2370 \text{ Н.}$$

3.2.6 Расчет сил зажима

$$F_1 + F_2 = k P_Z,$$

где F_1 и F_2 – силы трения;

k – коэффициент надежности закрепления.

$$F_1 = f_1 N = \frac{f_1 N}{\sin \alpha},$$

$$F_2 = f_2 Q,$$

где $f_1 = 0,15$ и $f_2 = 0,1$ – коэффициенты трения (из таблицы 6.4 [2]);

N – нормальная реакция опоры;

Q – сила зажима.

Откуда

$$Q = \frac{k P_Z}{\frac{f_1}{\sin \alpha} + f_2}.$$

Коэффициент надежности закрепления определяется по формуле:

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

$$k = \prod_{i=0}^6 k_i,$$

где $k_0 = 1,2$ – гарантированный коэффициент запаса;

$k_1 = 1,6$ – коэффициент, учитывающий возрастание сил резания при затуплении инструмента;

$k_2 = 1$ – коэффициент, учитывающий колебания силы резания при окончательной обработке;

$k_3 = 1$ – увеличение силы резания при непрерывистом резании;

$k_4 = 1$ – непостоянство зажимного усилия;

$k_5 = 1$ – степень удобства расположения рукояток в ручных зажимных устройствах;

k_6 – не учитывается, так как нет крутящего момента.

Таким образом, коэффициент надежности закрепления равен

$$k = 1,2 \cdot 1,6 = 1,92.$$

Подставив числовые значения, получим

$$Q = \frac{2 \cdot 2370}{\frac{0,15}{\sin 45^\circ} + 0,1} = \frac{4740}{0,31} = 15290,7 \text{ Н.}$$

3.2.7 Силовая схема с указанием привода

Для наглядности расчета изобразим силовую схему с указанием зажимающего усилия, размеров плеч и мембраны с поршнем, а также силы, действующей со стороны силового механизма (рис. 44).

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

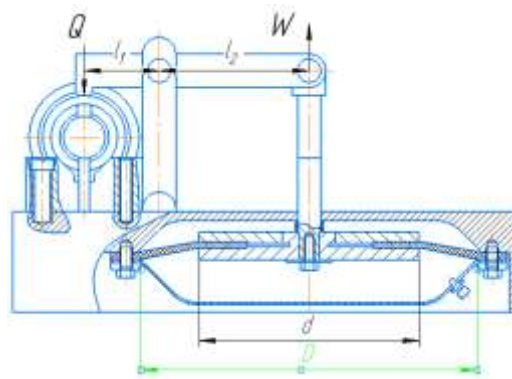


Рисунок 44 – Силовая схема с указанием привода

3.2.8 Расчет привода

Кроме силы зажима и силы резания необходимо рассчитать следующие параметры: силу на штоке (W), длины плеч (l_1 и l_2) и диаметр штока (D).

l_1 и l_2 назначаем конструктивно в зависимости от размеров приспособления: $l_1 = 45$ мм, $l_2 = 90$ мм.

Составим уравнение равновесия относительно оси зажима:

$$Q \cdot l_1 = W \cdot l_2.$$

Откуда

$$W = \frac{Q \cdot l_1}{l_2}.$$

Подставив числовые значения, получим

$$W = \frac{15290,3 \cdot 45}{90} = 7645,15 \text{ Н.}$$

Запишем выражение для определения силы на штоке:

$$W = S \cdot p,$$

где $S = \frac{\pi D^2}{4}$ – площадь штока;

p – давление в пневмоцилиндре, для расчета приспособления давление принимается равным 0,4 МПа.

$$W = \frac{\pi D^2}{4} \cdot p,$$

Откуда

$$D = \sqrt{\frac{4W}{\pi p}}$$

Подставив числовые значения, получим

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 7645,13}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 10^6}} = \sqrt{0,02435} = 0,156 \text{ м} = 156 \text{ мм.}$$

Для обеспечения рассчитанного усилия выбираем диаметр штока из ряда стандартных. Принимаем диаметр, равный 200 мм.

3.2.9 Расчет на прочность слабого звена

Слабым звеном в приспособлении является ось рычага. Она является наиболее нагруженным звеном. Ось воспринимает повышенные нагрузки, связанные с зажимом обрабатываемых заготовок. Направления действия создаваемой силы пневмоцилиндра усиливается за счет зажима заготовки. Ось в отверстиях рычага установлена с зазором и будет работать на срез. Принимаем, что ось изготовлена из стали 20Х с цементацией и закалкой до твердости 57...63 НРС_Э. Вид нагрузки: переменная. По таблице П28 [3] допускаемое напряжение на срез $[\tau_{ср}] = 180 \text{ МПа}$.

Условие прочности при срезе:

$$\frac{P}{F} \leq [\tau_{ср}],$$

где P – сила, действующая на ось;

$$F = \frac{\pi d^2}{4} \text{ – площадь поперечного сечения оси.}$$

Силы P определим из уравнения моментов относительно приложения силы Q .

$$P = \frac{W(l_1 + l_2)}{l_1} = \frac{7645,15 \cdot 135}{45} = 22935,45 \text{ Н.}$$

Тогда минимальный диаметр оси равен:

$$d \geq \sqrt{\frac{4P}{\pi[\tau_{ср}]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 22935,45}{3,14 \cdot 180 \cdot 10^6}} = \sqrt{0,00016} = 0,0126 \text{ м} = 12,6 \text{ мм.}$$

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

Принимаем $d = 14$ мм (рис. 45), чтобы обеспечить надежную работу оси в приспособлении.

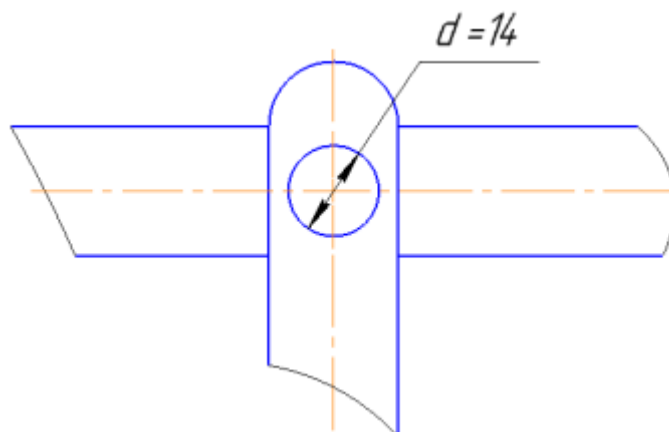


Рисунок 45 – Ось

3.3 Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента

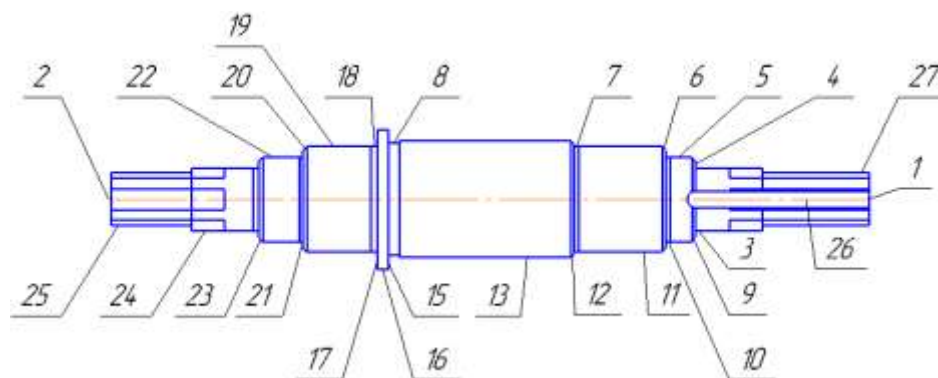


Рисунок 46 – Эскиз детали

Для черной и полустойкой обработки поверхностей типа 4, 5, 6 по каталогу компании SecoTools принимаем пластину CNMG 120412-M5 (рис. 47б), материал пластины TP0501. Вместе с этой пластиной рекомендуется использовать державку DCLNL 2525M12-M (рис. 47а). Размеры представлены в таблице 2.

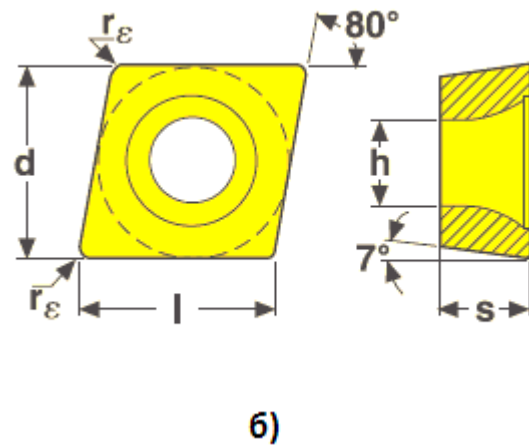
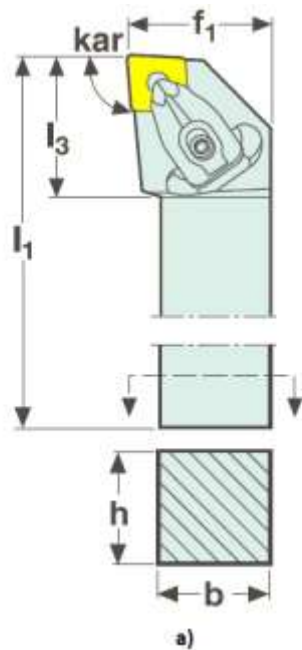


Рисунок 47 – Эскизы а) державки, б) СМП

Таблица 10 – Размеры державки и СМП

Державка					Пластина				
h	b	l_1	f_1	l_3	d	l	s	h	r_ϵ
25	25	150	32,0	32	12,7	12,9	4,76	5,15	1,2

Для чистовой и отделочной стадий обработки поверхностей типа 4, 5 и 6 из каталога компании Sandvik Coromant выбираем пластину VBMT 110202-UF (рис. 48б) и державку к ней SVJBL 2525M11 (рис. 48а). Размеры представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Размеры державки и СМП

Державка							Пластина			
h	b	l_1	f_1	l_3	h_1	K_r	iC	l	s	r_ϵ
25	25	150	32	27	25	93		11	2	0,4

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

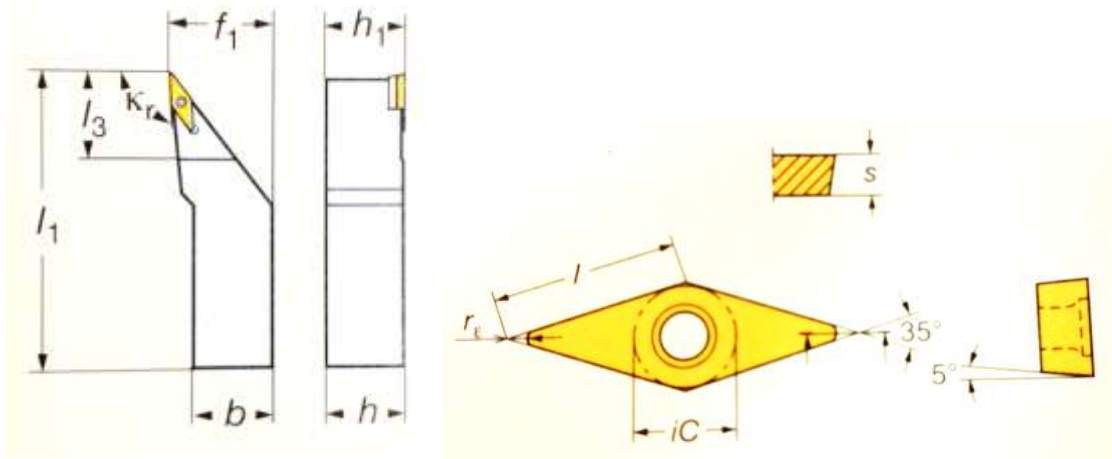


Рисунок 48 – Эскизы а) державки; б) СМП

Для обработки наружной резьбы из каталога компании SecoTools выбираем державку CER2525M16QHD (рис. 49б) и пластину к ней 16 EL 1.0ISO (рис. 49а). Размеры представлены в таблице 12.

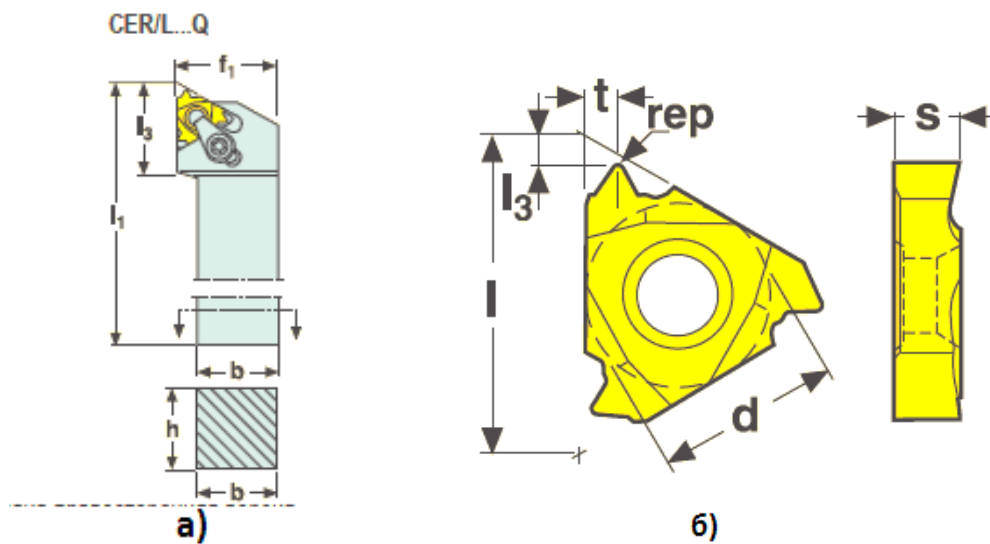


Рисунок 49 – Эскизы а) державки, б) СМП

Таблица 13 – Размеры державки и СМП

Державка					Пластина					
h	b	l_1	f_1	l_3	d	l	s	l_3	rep	t
25	25	150	32	32	9,525	16,5	3,47	0,8	0,14	0,8

Для обработки канавок типа 10 и 7 шириной 3 мм по каталогу компании SecoTools выбираем державку CER2525M14QHD (рисунок 50а) и пластину

14ER1.5D76 (рисунок 50б). Размеры пластины и державки приведены в таблице 14.

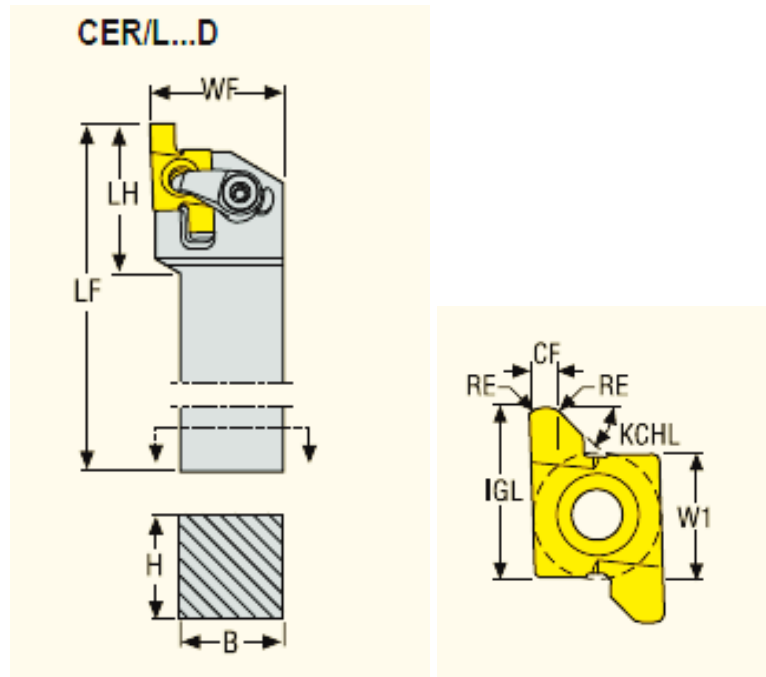


Рисунок 50 – Эскизы а) державки, б) СМП

Таблица 14 – Размеры державки и СМП

Державка					Пластина				
H	B	LF	WF	LH	CF	W1	IGL	RE	KCHL
25	25	150	32	26	3,1	9,525	14	0,75	45 ⁰

Для обработки канавки 8 шириной 5мм выбираем пластину 20ER2.0D76 (рисунок 50б). Размеры пластины приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Размеры державки и СМП

Пластина				
CF	W1	IGL	RE	KCHL
4,5	12,7	20	1	45 ⁰

Для обработки торцевых поверхностей 1 и 2 заготовки из каталога компании SecoTools выбираем торцевую фрезу R220.53-0100-09-10A (рис. 51а) и пластину к ней SEMX09T3AFTN-ME06 (рис. 51б) из материала MP2500. Размеры фрезы и СМП представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Размеры фрезы и СМП

Фреза					Пластина		
APMXS	DCX	DC	DCSFMS	LF	l	s	B
4,5	60	50	50	55	9,52	3,97	1,5

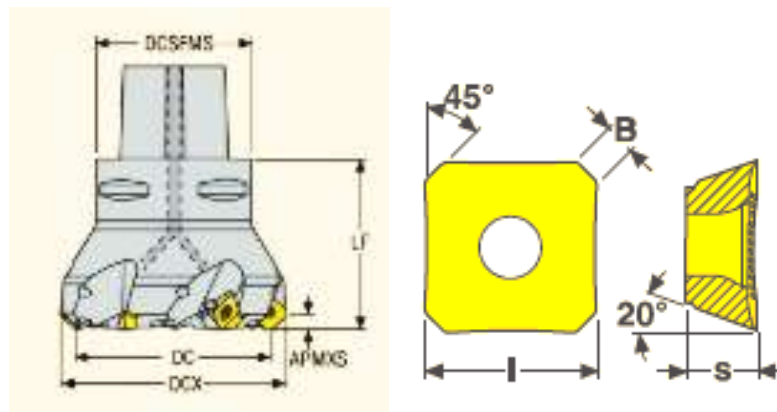


Рисунок 51 – Эскизы а) фрезы; б) СМП

Для обработки шпоночного паза выбираем концевую фрезу. Из каталога фирмы Iscar выберем цельную концевую фрезу EC-A2 08-50C08-150 (рис. 52). Размеры фрезы представлены в таблице 17.



Рисунок 52 – Эскиз концевой фрезы

Таблица 17 – Размеры фрезы

a_p , мм	D, мм	L, мм	d, мм
50	8	150	8

Для обработки центрального отверстия из каталога компании SecoTools выбираем три сверла и метчик. Для обработки диаметра 6,8 мм выбираем сверло SD1105A-0680-043-08R1 (рисунок 53). Размеры сверла представлены в таблице 18.

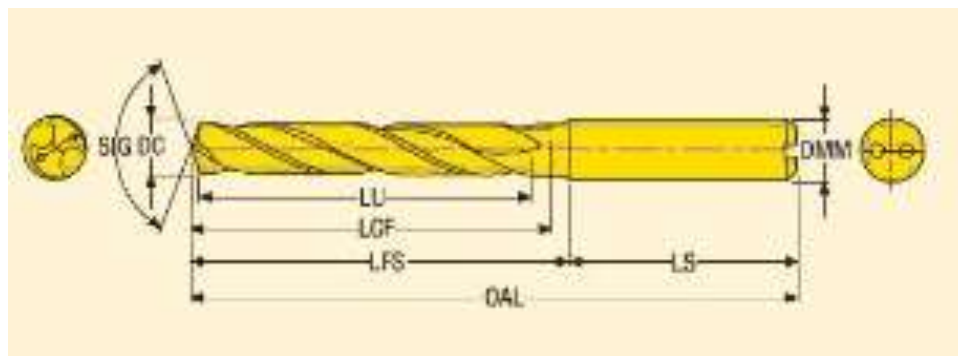


Рисунок 49 – Эскиз сверла SD1105A-0680-043-08R1

Таблица 18 – Размеры сверла SD1105A-0680-043-08R1

DC, мм	LU, мм	OAL, мм	LFS, мм	LS, мм	LCF, мм	DMM, мм
6,8	43	91	55	36	53	8

Для обработки диаметра 8,5 мм выбираем сверло SD1103-0850-035-10R1. Размеры сверла представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Размеры сверла SD1103-0850-035-10R1

DC, мм	LU, мм	OAL, мм	LFS, мм	LS, мм	LCF, мм	DMM, мм
8,5	35	89	49	40	47	10

Для обработки диаметра 15 мм выбираем сверло SD1103-1500-045-16R1. Размеры сверла представлены в таблице 20.

Таблица 19 – Размеры сверла SD1103-1500-045-16R1

DC, мм	LU, мм	OAL, мм	LFS, мм	LS, мм	LCF, мм	DMM, мм
15	45	115	67	48	65	16

Для обработки резьбы М8 выбираем метчик МТН-М8×1.25ISO6Н-ВС-S015 (рисунок 54). Размеры метчика представлены в таблице 20.

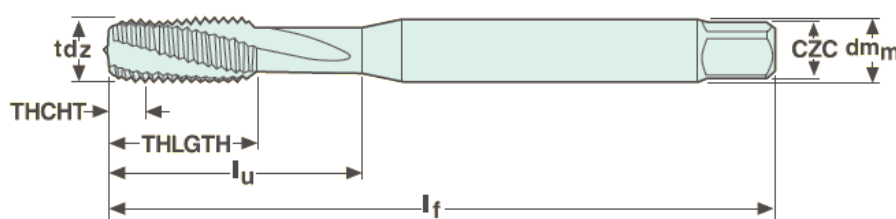


Рисунок 54 – Эскиз метчика

Таблица 20 – Размеры метчика

резьба	шаг	$d_{m,m}$, мм	l_u , мм	$THLGTH$, мм	l_f , мм	CZC , мм
M8	1,25	8,00	35	18	90	8,00×6,20

3.4 Проектирование и расчет специального режущего инструмента

Для обработки шлицев на валу спроектируем червячную шлицевую фрезу. Червячная фреза обеспечивает высокую производительность зубофрезерования, так как наличие у фрезы винтовых канавок позволяет вести процесс непрерывно.

Эскиз шлицев представлен на рисунке 55.

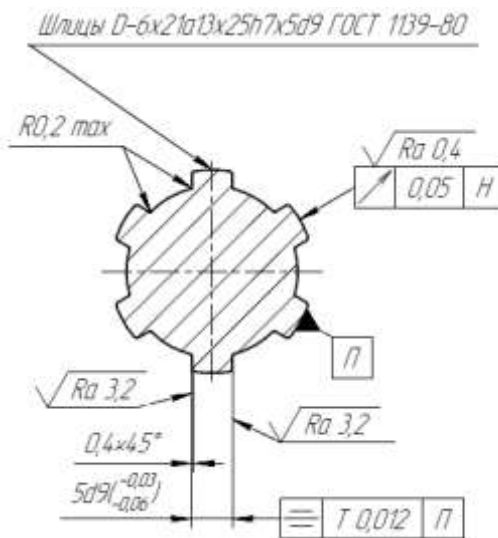


Рисунок 55 – Эскиз шлицев

Исходные данные для проектирования:

- количество шлицев $n = 6$;
- наружный диаметр $D = 25$ мм;
- внутренний диаметр $d = 21$ мм;
- ширина шлица $b = 5$ мм;
- центрирование по наружному диаметру.

Расчетный наружный диаметр шлицевого вала:

$$D_p = D_{max} - 2C_{min} = 25 - 2 \cdot 0,4 = 24,2 \text{ мм.}$$

Расчетный внутренний диаметр шлицевого вала:

$$d_p = d_{min} + 0,25T_d = 20,959 + 0,25 \cdot 0,021 = 20,964 \text{ мм.}$$

Расчетная ширина шлица:

$$b_p = b_{min} + 0,25T_b = 4,94 + 0,25 \cdot 0,03 = 4,948 \text{ мм.}$$

Диаметр начальной окружности вала:

$$d_w = \sqrt{D_p^2 - 0,75b_p^2} = \sqrt{24,2^2 - 0,75 \cdot 4,948^2} = 23,818 \text{ мм.}$$

Угол шлица:

$$\gamma_w = \arcsin \frac{b_p}{d_w} = \arcsin \frac{4,948}{23,818} = \arcsin(0,2077) = 11,99^\circ.$$

Минимальное значение углового параметра:

$$\alpha_a = \arcsin(0,5 \sin \gamma_w) = \arcsin(0,5 \cdot 0,2077) = 5,96^\circ.$$

Максимальное значение углового параметра:

$$\alpha_f = \arccos \frac{\sqrt{d_p^2 - b_p^2}}{d_w} = \arccos \frac{\sqrt{20,964^2 - 4,948^2}}{23,818} = 31,21^\circ.$$

Значение углового параметра для второй точки:

$$\alpha_2 = \gamma_w = 11,99^\circ.$$

Значение углового параметра для третьей точки:

$$\alpha_3 = \frac{\alpha_f + 2\gamma_w}{3} = \frac{31,21^\circ + 2 \cdot 11,99^\circ}{3} = 18,39^\circ.$$

Значение углового параметра для четвертой точки:

$$\alpha_4 = \frac{2\alpha_f + \gamma_w}{3} = \frac{2 \cdot 31,21^\circ + 11,99^\circ}{3} = 24,8^\circ.$$

Абсциссы точек профиля фрезы:

$$X_1 = 0,5d_w(\sin \alpha_a - \sin \gamma_w)(1 - \cos \alpha_a) = -0,0067 \text{ мм;}$$

$$X_2 = 0 \text{ мм;}$$

$$X_3 = 0,5d_w(\sin \alpha_3 - \sin \gamma_w)(1 - \cos \alpha_3) = 0,065 \text{ мм;}$$

$$X_4 = 0,5d_w(\sin \alpha_4 - \sin \gamma_w)(1 - \cos \alpha_4) = 0,232 \text{ мм;}$$

$$X_5 = 0,5d_w(\sin \alpha_5 - \sin \gamma_w)(1 - \cos \alpha_5) = 0,535 \text{ мм.}$$

Ординаты точек профиля фрезы:

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

$$Y_1 = 0,5d_w \sin \alpha_a (\sin \alpha_a - \sin \gamma_w) = -0,12844 \text{ мм};$$

$$Y_2 = 0 \text{ мм};$$

$$Y_3 = 0,5d_w \sin \alpha_3 (\sin \alpha_3 - \sin \gamma_w) = 0,405 \text{ мм};$$

$$Y_4 = 0,5d_w \sin \alpha_4 (\sin \alpha_4 - \sin \gamma_w) = 1,054 \text{ мм};$$

$$Y_5 = 0,5d_w \sin \alpha_5 (\sin \alpha_5 - \sin \gamma_w) = 1,914 \text{ мм}.$$

Абсцисса центра заменяющей окружности:

$$X_0 = \frac{(X_5^2 + Y_5^2)Y_3 - (X_3^2 + Y_3^2)Y_5}{2(X_5Y_3 - X_3Y_5)} = 7,607 \text{ мм};$$

$$Y_0 = \frac{(X_5^2 + Y_5^2)X_3 - (X_3^2 + Y_3^2)X_5}{-2(X_5Y_3 - X_3Y_5)} = -0,898 \text{ мм}.$$

Радиус заменяющей окружности:

$$R_0 = \sqrt{X_0^2 + Y_0^2} = \sqrt{7,607^2 + (-0,898)^2} = 7,659 \text{ мм}.$$

Коэффициенты уравнения заменяющей окружности:

$$A = \frac{0,5d_w \sin \gamma_w + X_0}{d_w + \frac{2}{3}Y_0} = 0,434;$$

$$B = \frac{Y_0}{0,5d_w + \frac{1}{3}Y_0} = -0,0773.$$

Величины углов, соответствующие наибольшим отклонениям:

$$\alpha_{m1} = \arcsin \left(A + \sqrt{A^2 + B} \right) = 61,02^\circ;$$

$$\alpha_{m2} = \arcsin \left(A - \sqrt{A^2 + B} \right) = 0,39^\circ.$$

Абсциссы точек, соответствующих наибольшим отклонениям:

$$X_{m1} = 0,5d_w (\sin \alpha_{m1} - \sin \gamma_w) (1 - \cos \alpha_{m1}) = 4,091 \text{ мм};$$

$$X_{m2} = 0,5d_w (\sin \alpha_{m2} - \sin \gamma_w) (1 - \cos \alpha_{m2}) = 0 \text{ мм}.$$

Ординаты точек, соответствующих наибольшим отклонениям:

$$Y_{m1} = 0,5d_w \sin \alpha_{m1} (\sin \alpha_{m1} - \sin \gamma_w) = 6,95 \text{ мм};$$

$$Y_{m2} = 0,5d_w \sin \alpha_{m2} (\sin \alpha_{m2} - \sin \gamma_w) = 0,0173 \text{ мм}.$$

Наибольшие отклонения точек заменяющей окружности от теоретической кривой:

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

$$\Delta p_1 = \sqrt{(X_{m1} - X_0)^2 + (Y_{m1} - Y_0)^2} - R_0 = 0,941 \text{ мм};$$

$$\Delta p_2 = \sqrt{(X_{m2} - X_0)^2 + (Y_{m2} - Y_0)^2} - R_0 = 0,00279 \text{ мм}.$$

$$\Delta p = |\Delta p_1| + |\Delta p_2| \leq \frac{2}{3} T_b - \text{условие не выполнилось}.$$

Шаг витков фрезы по нормали:

$$P_{no} = \frac{\pi d_w}{z} = \frac{3,14 \cdot 23,818}{6} = 12,465 \text{ мм}.$$

Толщина зуба фрезы по начальной прямой:

$$S = d_w \left(\frac{\pi}{z} - \sin \gamma_w \right) = 23,818 \cdot \left(\frac{3,14}{6} - 0,2077 \right) = 7,518 \text{ мм}.$$

Толщина зуба фрезы для третьей и четвертой точек:

$$S_3 = S - 2X_3 = 7,518 - 2 \cdot 0,065 = 7,388 \text{ мм};$$

$$S_4 = S - 2X_4 = 7,518 - 2 \cdot 0,232 = 7,054 \text{ мм}.$$

Высота головки зуба фрезы:

$$h_a = Y_5 = 1,914 \text{ мм}.$$

Угол фаски:

$$E_\phi = 35^\circ \text{ для } z = 4 \dots 8.$$

Высота фаски:

$$h_\phi = 2C \operatorname{tg} 35^\circ = 2 \cdot 0,4 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ мм}.$$

Величина смещения фаски от начальной прямой:

$$h_f = |Y_1| = 0,128 \text{ мм}.$$

Ширина канавки по дну впадины профиля фрезы:

$$V = P_{no} - S - 4C = 12,465 - 7,518 - 4 \cdot 0,4 = 3,347 \text{ мм}.$$

Глубина фаски:

$$U = 1,5 \dots 4,0 = 1,5 \text{ мм}.$$

Полная высота зуба фрезы:

$$h_0 = h_a + h_f + h_\phi + U = 1,914 + 0,56 + 0,128 + 1,5 = 4,099 \text{ мм}.$$

Передний угол:

$$\gamma = 0^\circ.$$

Задний угол на вершине фрезы:

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

$$\alpha_b = 10^\circ \dots 12^\circ = 10^\circ.$$

Параметр бокового угла:

$$\alpha_n = \arctg \frac{Y_0}{X_0} = \arctg \frac{0,898}{7,607} = 6,73^\circ.$$

Задний угол на боковых сторонах зуба:

$$\alpha_\delta = \arctg(\operatorname{tg} \alpha_b \sin \alpha_n) = 1,179^\circ.$$

Предварительно определяем число зубьев фрезы $Z_u = 14$.

Угол канавки:

$$V \geq 20^\circ = 20^\circ.$$

Радиус закругления канавки:

$$r_5 = 1 \dots 6 = 2,5 \text{ мм.}$$

Величина затылования зуба:

$$K = \frac{\pi D_{eu}}{Z_u} \operatorname{tg} \alpha_\delta \approx 1 \text{ мм;}$$

$$K_1 = (1,4 \dots 1,8)K \approx 1,5 \text{ мм.}$$

Глубина канавки:

$$H = h_0 + \frac{K + K_1}{2} + r_5 = 7,824 \text{ мм;}$$

$$d_{c.\text{рас}} = D_{eu} - 2h_a - (0,2 \dots 0,5)K = 22,318;$$

$$\omega = \arcsin \frac{P_{no}}{\pi d_{c.\text{рас}}} = 10,246^\circ;$$

$$\tau = \omega = 10,246^\circ;$$

$$S_k = \pi d_{c.\text{рас}} \operatorname{ctg} \omega = 387,18 \text{ мм;}$$

$$P_{x0} = \frac{P_{no}}{\cos \tau} = 12,668 \text{ мм.}$$

Диаметр фрезы:

$$D_{eu} \approx 2(H + t + 0,5d_u) = 2(7,824 + 0,5 \cdot 20 + 0,5 \cdot 20) \approx 55 \text{ мм.}$$

Для данного диаметра рекомендуется фреза с числом зубьев $Z_u = 10$.

Угловой шаг зубьев фрезы:

$$\varepsilon = \frac{360^\circ}{10} = 36^\circ.$$

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

Длина фрезы:

$$L = (2 \dots 3)P_{x0} + 6 \dots 7 \approx 45 \text{ мм.}$$

Чертеж фрезы представлен на рисунке 56.

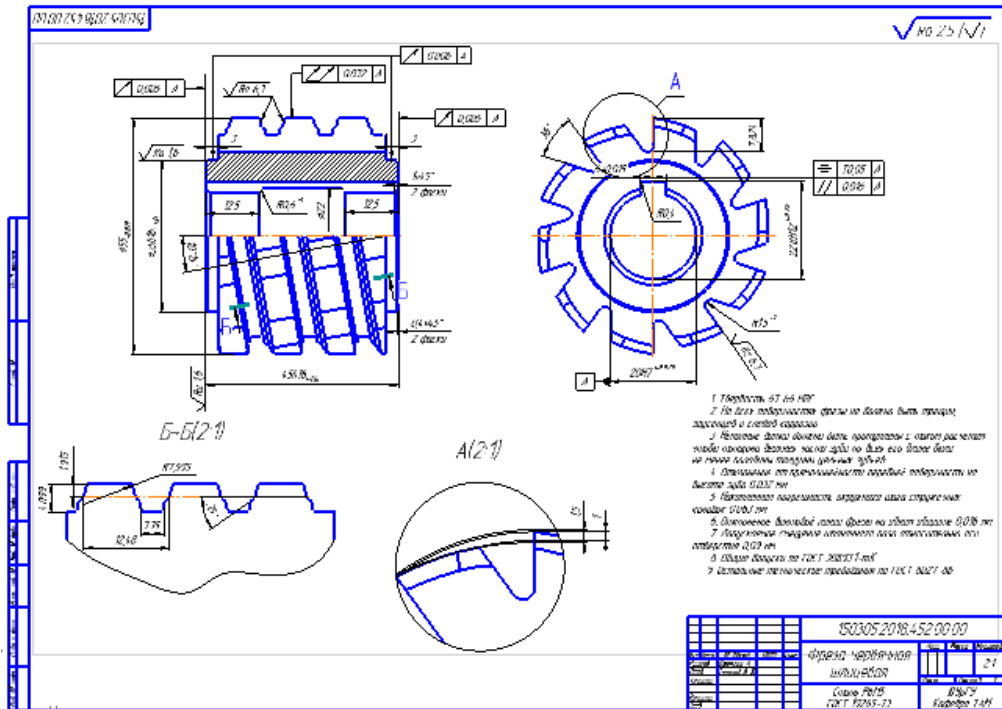


Рисунок 56 – Чертеж фрезы

3.5 Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля

Таблица 21 – Измерительный инструмент для контроля детали

Контролируемый параметр	Измерительный инструмент
Резьба внутренняя М8	–Калибр-пробка 8221-3036 ПР-НЕ ГОСТ 17763-72
Линейные размеры	–Штангенциркуль ШЦЦ-II-400 0,01 ГОСТ 166-89
Наружная резьба М30	–Калибр-кольцо ПР-НЕ 8211-1113 ГОСТ 17763-72
Шероховатость Ra 3,2 и Ra 0,4	–Набор образцов шероховатости 0,4-12,5 ГОСТ 9378-93
Шлицы	–Калибр-кольцо 8312-0214 ГОСТ 24960-81
Биеение поверхности относительно оси цен-	–ИЧ-10 индикатор ГОСТ 577-68, ПБМ-500 ТУ2-034-543-81

1) Резьбовые калибры.

Резьбовые калибры предназначены для контроля резьбы, они не дают количественной оценки. Они предназначены для того, чтобы определить, вышла или нет та либо иная деталь за пределы, которые указал для нее рабочий чертеж. На рисунке 57 изображены резьбовые калибр-пробка и калибр-кольцо.

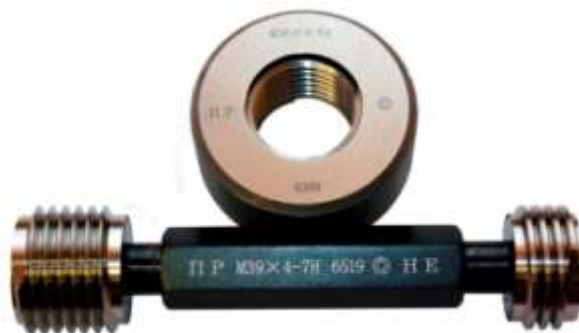


Рисунок 57 – Резьбовые калибр-пробка и калибр-кольцо

2) Штангенциркуль цифровой (рисунок 58).

Как и в стандартных моделях цифровой штангенциркуль применяет прямой метод измерения. Чтобы получить точное значение, в приборе имеется три контролируемые системы. Первой являются губки для определения внешних размеров детали. Во время измерения они зажимают ее, фиксируя в одном положении, для чего требуется приложить некоторое усилие, и табло выдает полученное значение. Второй системой являются губки для измерения внутренних размеров. Измерительные поверхности у них располагаются в другую сторону, и для измерения их требуется развести до упора к поверхности стенок заготовки, чтобы получить фактическое значение размеров. Третьей системой является глубиномер, который предназначен для погружения внутрь деталей. Это металлический стержень, конец которого должен упереться в дно, чтобы определить глубину изделия.



Рисунок 58 – Штангенциркуль цифровой

3) Набор образцов шероховатости (рисунок 59).

Образцы шероховатости представляют собой пластины с набором образцов, изготовленных методом гальванопластики одним видом обработки с различными номинальными значениями параметра Ra. Основой для нанесения ОШС является катодный никель. ОШС предназначены для контроля шероховатости труднодоступных поверхностей, поверхностей изделий преимущественно на рабочих местах путем сравнения с поверхностью образца, оценки шероховатости детали на различных стадиях технологического процесса механообработки. ОШС используются также конструкторами и технологами в качестве образцов, дающих представление о виде поверхности, и на ощупь, которые дает тот или иной вид механической обработки.

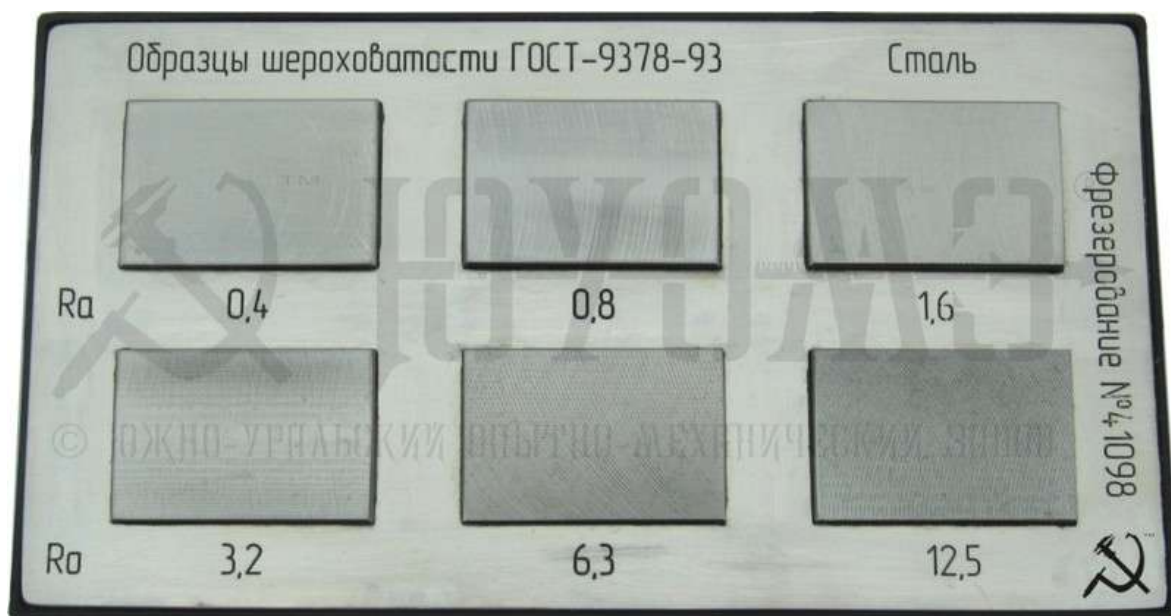


Рисунок 59 – Набор образцов шероховатости поверхности

4) Шлицевой калибр (рисунок 60).

Шлицевые калибры предназначены для комплексной проверки шлицевых соединений. Шлицевой калибр-кольцо является проходным калибром для шлицевого вала, а шлицевой калибр-пробка является проходным калибром для детали, сопрягаемой со шлицевым валом. Шлицевыми калибрами проверяют только один предельный размер элементов шлицевого соединения, так как они являются проходными калибрами. Второй предельный размер элементов шлицевого соединения проверяют отдельно по каждому элементу специальными непроходными калибрами.



Рисунок 60 – Шлицевой калибр-кольцо

5) Индикатор часового типа и приспособление ПБМ-500 (рисунок 61).

Приборы типа ПБМ-500 предназначены для контроля радиального и торцевого биения тел вращения длиной до 500мм и диаметром 130 – 250мм, установленных в центрах, по визуальному отсчетному устройству – индикатору ИЧ-10 с ценой деления 0,01мм. Принцип действия приборов механический.

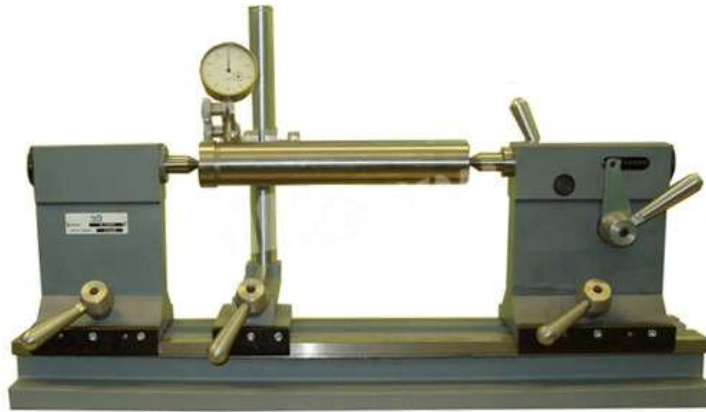


Рисунок 61 – Прибор для контроля биения ПБМ-500

4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Целью автоматизации технологического процесса является повышение производительности, качества и надежности изготавливаемых изделий. С целью получения наибольшей информации о возможности полной или частичной автоматизации. Произведем анализ проектного варианта технологического процесса, учитывая нижеперечисленные факторы:

Наличие в технологическом процессе слесарных операций или операций, выполняемых на универсальном оборудовании. В технологическом процессе обработки детали присутствуют специальные операции (обработка шлицев и шпоночного паза), которые выполняются на универсальных станках: вертикальном зубофрезерном станке 5310 и горизонтальном фрезерном станке Ruhla UMF FUW 351/III.

Наличие специальных методов обработки и прерывистость технологического процесса. Перед шлифовальными операциями деталь проходит термическую обработку, что приводит к прерыванию обработки, также процесс прерывается при обработке шлицев и шпоночного паза, так как в этих случаях деталь обрабатывается на другом участке.

Возможность встраивания основного оборудования в ГПС. Часть оборудования, на котором производится обработка детали, оснащено системами автоматической уборки отходов из рабочей зоны станка, автоматизированного открывания-закрывания дверей станка, специальными датчиками для наладки и диагностики работы оборудования и режущего инструмента. Следовательно, данное оборудование может работать в ГПС.

Концентрация переходов на операциях механической обработки. При использовании данного оборудования с ЧПУ возможна концентрация переходов на операциях, однако при этом не будет достигнута требуемая точность.

Габаритные размеры и вес детали. Вес детали колеблется в пределах 3,7 – 4,59 кг, а максимальные диаметр и длина 66 – 70 мм и 350,6 – 349 мм

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

соответственно. Габариты детали позволяют использовать в качестве средств автоматизации промышленный робот.

Наличие поверхностей для захвата. Так как габариты и вес детали незначительны, и присутствуют поверхности для захвата (поверхность с диаметром 60 мм), то возможно применение вспомогательного оборудования для перемещения и установки детали в станок, склад, на накопитель (рисунок 62).

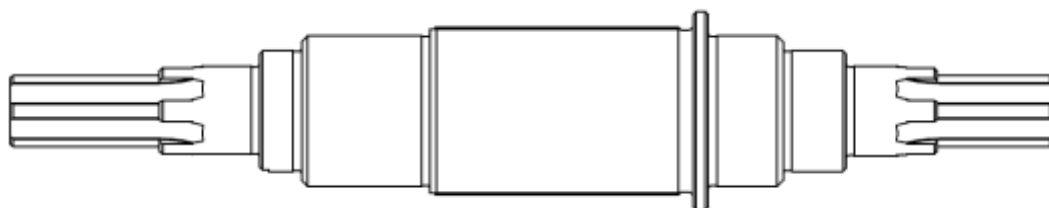


Рисунок 62 – Деталь с поверхностями для захвата

Проведенный анализ возможности автоматизации показал, что проектный вариант технологического процесса обработки детали «вал мотора-генератора МГ12-1С» возможно частично автоматизировать. Присутствие человека необходимо на участке активного контроля.

С целью принятия решений о производстве изделия, анализе технологической подготовки производства, разработке мероприятий по повышению эффективности производства отработаем конструкцию детали на технологичность.

Так как не учитывается показатель трудоемкости изготовления, себестоимость и коэффициент унификации конструктивных элементов, то технологичность детали оценивают только по качественным показателям. Качественная оценка технологичности детали, обрабатываемой в условиях гибкой производственной системы, приведена в таблице 22.

Таблица 22 – Качественная оценка технологичности детали

	Критерий оценки	Сравнительная характеристика	Характеристика оценки
1	Унифицированность элементов форм детали	Отверстия и шлицы имеют одинаковую форму и параметры	Технологично
2	Простота формы детали	Деталь является валом, форма простая	Технологично
3	Возможность обработки максимального количества поверхностей детали за один установ.	Возможно обработать максимальное количество поверхностей (16)	Технологично
4	Доступность поверхностей детали для обработки	Все поверхности детали легкодоступны для обработки	Технологично
5	Наличие труднообрабатываемых поверхностей детали	Труднообрабатываемыми являются шлицы и паз, так как обработка требует специального оборудования	Нетехнологично
6	Возможность совмещения конструкторских и технологических баз	Совместить конструкторские и технологические базы частично возможно	Технологично
7	Обеспечение конструкции детали нормальный подвод и отвод режущего инструмента	Так как конструкция детали имеет простую форму, то возможен нормальный подвод и отвод режущего инструмента из зоны резания	Технологично

Окончание таблицы 22

8	Возможность достижения наиболее точных размеров детали на основном оборудовании	Основное оборудование позволяет достигнуть 6 качества точности	Технологично
9	Возможность достижения минимальной заданной шероховатости на основном оборудовании	Основное оборудование позволяет получить минимальную заданную шероховатость Ra 0,4 мкм	Технологично
10	Высокая обрабатываемость материала	Сталь 40X хорошо обрабатывается резанием	Технологично
11	Возможность обработки универсальным режущим инструментом	Обработка детали возможна при использовании универсального режущего инструмента	Технологично
12	Минимальная номенклатура режущего инструмента	Номенклатура режущего инструмента расширенная (получистовая, чистовая и отделочная обработка)	Нетехнологично
13	Наибольший коэффициент использования металла	КИМ = 0,85 Рекомендуемый КИМ для штамповки от 0,5 до 0,9	Технологично
14	Наличие поверхностей для захвата детали промышленным роботом и базирования на промежуточных накопителях и в основном оборудовании	В основном оборудовании деталь базируется в центральных отверстиях, поэтому захват роботом возможен по наружной поверхности детали	Технологично

Не технологичность по критериям 5 и 12 устранить невозможно, так как некоторые поверхности детали имеют точность 6 качества, поэтому необходимо обрабатывать в несколько стадий, а при обработке шлицов и паза не можем использовать основное оборудование, так как не получится достигнуть требуемой точности. Технологичность по остальным критериям показывает, что деталь в большей степени технологична и требует оптимальных затрат при ее производстве.

4.1 Разработка структурных схем гибкого производственного участка

Автоматизированная транспортно-складская система (АТСС) в ГАП предназначена для: хранения в накопителях большой вместимости (складе) межоперационных заделов деталей и автоматического транспортирования их по заданному адресу по командам от ЭВМ; транспортирования деталей от станка к станку, а также на позиции разгрузки и загрузки; своевременного пополнения накопителей (приемно-передающие агрегаты, тактовые столы и др.), установленных около каждого станка; транспортирования обработанных деталей на позиции контроля и возврата их для продолжения обработки или на позиции разгрузки-загрузки.

4.1.1 Определение состава и числа оборудования станочного комплекса ГПС

Выбор вида станков, их специализации осуществляются на основе разработанных технологических процессов на типовые детали по следующей формуле:

$$K = \frac{C_{cp}}{T_{cp}}$$

где C_{cp} – средняя станкоемкость, приходящаяся на каждый станок, мин;

T_{cp} – средний такт выпуска деталей, мин;

K – число станков по виду оборудования.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

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

где Φ_0 – годовой фонд времени оборудования, ч ($\Phi_0 = 4025$ ч);

$K_{\text{исп}}$ – коэффициент использования оборудования по машинному времени ($K_{\text{исп}} = 0,85$);

$N_{\text{год}}$ – годовая программа выпуска деталей, шт.

$$T_{\text{ср}} = \frac{60 \cdot 4025 \cdot 0,85}{1000} = 205,275 \text{ мин.}$$

Результаты определения количества оборудования на каждую операцию технологического процесса сведены в таблицу 23.

Таблица 23 – Количество станков на операциях технологического процесса

Наименование операции	Средняя станкоёмкость, мин	Расчетное количество станков, шт	Принятое количество станков, шт
005 Фрезерно-центровая	2,29	0,011	1
010 Токарная с ЧПУ	6,25	0,030	1
015 Токарная с ЧПУ	4,1	0,019	1
040 <u>Круглошлифовальная</u>	2,89	0,014	1
045 <u>Круглошлифовальная</u>	0,75	0,004	1

4.2 Определение структуры и состава автоматической транспортно-складской системы ГПС

4.2.1 Определение характеристик стеллажа-накопителя

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

$$K_{\text{наим}} = \frac{60 \cdot \Phi_{\text{ст}} \cdot n_{\text{ст}}}{t_{\text{об}} \cdot N},$$

где $\Phi_{\text{ст}}$ – месячный фонд отдачи станка, ч ($\Phi_{\text{ст}} = 305$ ч);

$n_{\text{ст}}$ – число станков, входящих в ГПС;

$t_{об}$ – средняя трудоемкость обработки одной деталиустановки, мин;

N – среднемесячная программа выпуска деталей одного наименования.

Подставляя, получим:

$$K_{наим} = \frac{60 \cdot 305 \cdot 5}{16,28 \cdot 200} = 28,1 \text{ шт.}$$

Полученное число деталиустановок определяет число ячеек в стеллаже. Для обеспечения нормальной работы ГПС необходим запас ячеек в накопителе, равный примерно 10 %, поэтому принимаем $K_{наим} = 31$ шт.

4.2.2 Расчет числа позиций загрузки и разгрузки

Расчет необходимого числа позиций загрузки и разгрузки производят по формуле:

$$n_{поз} = \frac{t \cdot K_{дет}}{\Phi_{поз} \cdot 60'}$$

где t – средняя трудоемкость операций на позиции, мин;

$K_{дет}$ – число деталиустановок, проходящих через позицию в течение месяца, шт.;

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

$$K_{дет} = K_{наим} \cdot N$$

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

Подставляя получим:

$$K_{дет} = 31 \cdot 200 = 6200 \text{ шт.}$$

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

Подставляя получим:

$$n_{поз} = \frac{8 \cdot 6200}{305 \cdot 60} = 2,7 \approx 3 \text{ шт.}$$

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

Таким образом, при выходе из строя одной позиции, вторая и третья в этом случае продолжают обслуживание ГПС с большей нагрузкой.

4.2.3 Расчет числа позиций контроля

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

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{t_{\text{к}} \cdot K_{\text{дет.к}}}{\Phi_{\text{поз}} \cdot 60'}$$

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.

$$K_{\text{дет.к}} = \frac{K_{\text{дет}}}{n},$$

где $K_{\text{дет}}$ – число деталиустановок, обрабатываемых на комплексе за один месяц, шт.;

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

$$n = \frac{n_1}{k_1 \cdot k_2},$$

где n_1 – плановое число деталиустановок, через которое деталь выводится на контроль по требованию технолога, шт. ($n_1 = 5$);

k_1 и k_2 – поправочные коэффициенты, связанные с выводом деталей на контроль по требованию наладчика соответственно для первой деталиустановки в начале смены (k_1) и сразу же после установки нового инструмента (k_2) ($k_1 = 1,15$; $k_2 = 1,05$).

Подставляя получим:

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

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

$$K_{\text{дет.к}} = \frac{6200}{4} = 1550 \text{ шт.}$$

Время контроля одной деталиустановки:

$$t_k = t_{k_1} + t_{k_2} + \dots + t_{k_i},$$

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

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

$$t_{\text{п}} = 1 \text{ мин};$$

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

$$t_{\text{к.ок}} = 10 \text{ мин.}$$

Подставляя получим:

$$t_k = 5 \cdot 1 + 10 = 15 \text{ мин};$$

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{15 \cdot 1550}{305 \cdot 60} = 1,27 \approx 1 \text{ шт.}$$

4.2.4 Проектирование предварительной компоновки ГПС

Для дальнейшего определения числа подвижных транспортных механизмов АТСС, расчета времени перемещения заготовок, а так же определения более рационального размещения оборудования необходимо знать примерный маршрут движения заготовок при обработке на станках ГПС. Для дальнейшего анализа необходимо спроектировать две компоновки ГПС: одну с общим складом для заготовок и готовых деталей, другую – с отдельным складом, так как расположение оборудования по конструктивному признаку и по ходу выполнения технологического процесса совпадает.

Первый вариант планировки с общим складом для заготовок и деталей представлен на рисунке 63.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

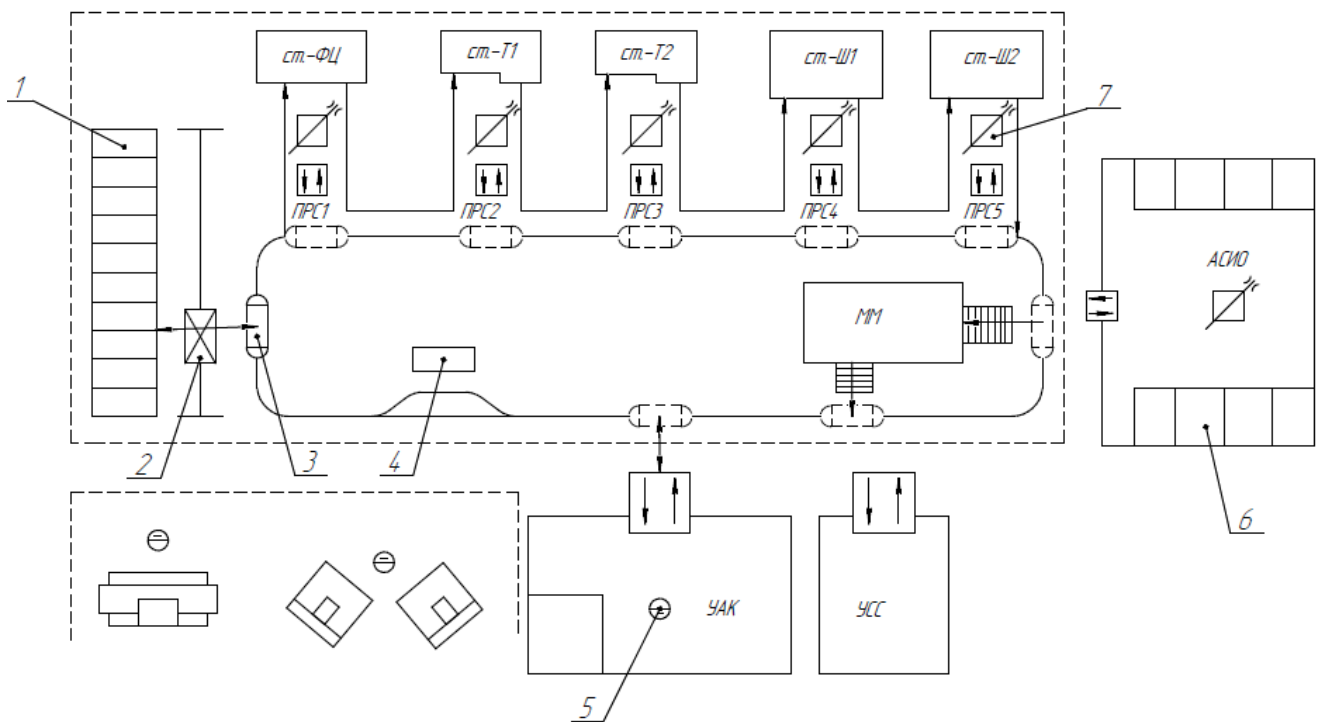


Рисунок 63 – Циклограмма ГПС с общим складом

На данной схеме показано перемещение заготовки со склада 1 краном-штабелером на робокар. Далее робокар последовательно перевозит заготовку к приемо-раздаточным столам, откуда она при помощи промышленного робота 7 перемещается на станок и обратно. Затем перемещается в моечную машину, откуда на робокаре отвозится на участок активного контроля, где при участии человека производится контроль. Затем заготовка возвращается на склад.

Структурная схема включает в себя:

- 1 – склад;
- 2 – кран-штабелер;
- 3 – робокар;
- 4 – станция подзарядки робокара;
- 5 – рабочее место;
- 6 – шкаф с инструментом и оснасткой;
- 7 – промышленный робот;
- ПРС1-ПРС5 – приемо-раздаточные столы;
- ст.-ФЦ – фрезерно-центровальный станок;

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

ст.-Т1, ст.-Т2 – токарные станки с ЧПУ;

ст.-Ш1, ст.-Ш2 – круглошлифовальные станки;

ММ – моечная машина;

УАК – участок активного контроля;

УСС – участок сбора стружки;

АСИО – автоматическая система инструментального обеспечения.

Для выявления всех суммарных перемещений была составлена матрица ориентировочных перемещений подвижных механизмов АТСС (таблица 23).

Таблица 23 – Матрица перемещений для ГПС с общим складом, м

	С	ПРС1	ФЦ	ПРС2	Т1	ПРС3	Т2	ПРС4	Ш1	ПРС5	Ш2	ММ	УАК
С		4											
ПРС3			1,5	2,95									
ФЦ		1,6											
ПРС2					1,6	2,3							
Т1				1,6									
ПРС3							1,6	3,85					
Т2						1,6							
ПРС4									1,6	5,4			
Ш1								1,6					
ПРС5											1,6	4	
Ш2									1,6				
ММ													6
УАК	14												

Суммарные перемещения при такой компоновке ГПС 58,5 м.

Граф перемещений деталиустановки, в ходе выполнения технологического процесса, представлен на рисунке 64. Анализ графов сводится к определению компоновки с наименьшими перемещениями деталиустановки, что должно обеспечить наименьшее число и время перемещений транспортного механизма.

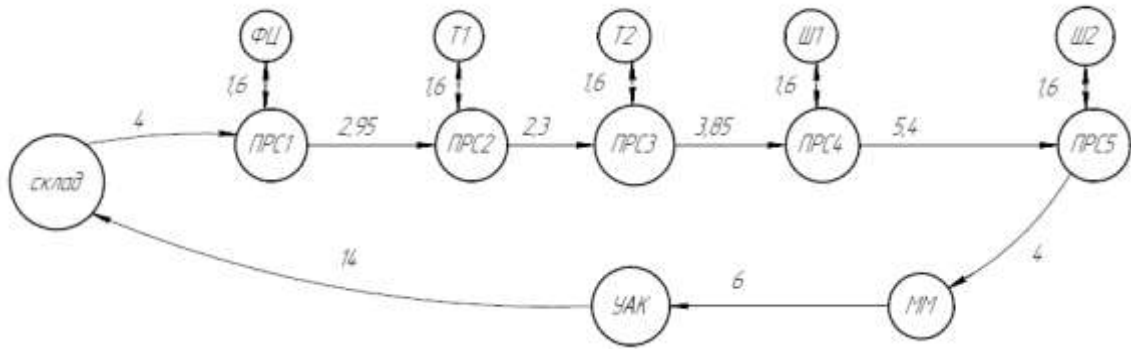


Рисунок 64 – Граф перемещений ГПС с общим складом

Второй вариант планировки представлен на рисунке 65. Данная планировка отличается тем, что на участке имеются отдельные склады для деталей и заготовок. Данная планировка имеет плюс в том, что при выходе из строя оборудования, кран-штабелер не возьмет по ошибке уже обработанные детали, что не приведет к остановке процесса.

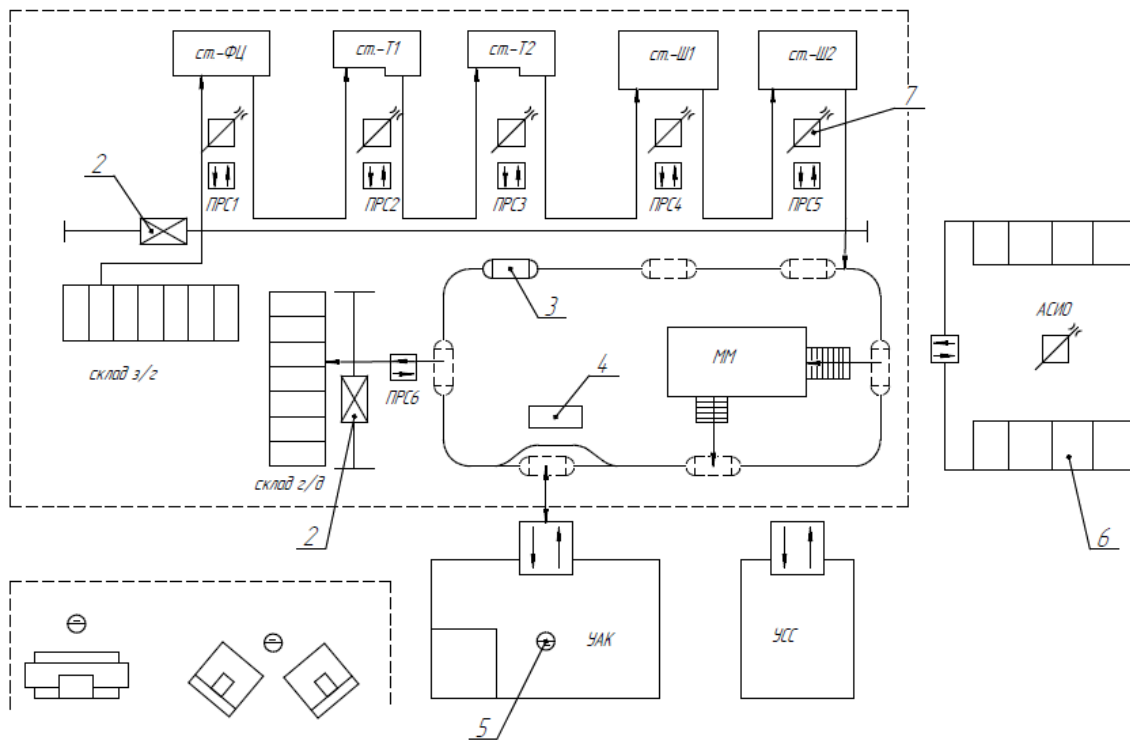


Рисунок 65 – Циклограмма ГПС с отдельными складами

Для выявления всех суммарных перемещений была составлена матрица ориентировочных перемещений подвижных механизмов АТСС (таблица 24).

Таблица 24 – Матрица перемещений для ГПС с отдельным складом, м

	С З/Г	ПРС1	ФЦ	ПРС2	Т1	ПРС3	Т2	ПРС4	Ш1	ПРС5	Ш2	ММ	УАК	ПРС6	С Г/Д
С З/Г		2,6													
ПРС1			1,6	2,95											
ФЦ		1,6													
ПРС2					1,6	2,3									
Т1				1,6											
ПРС3							1,6	3,85							
Т2						1,6									
ПРС4									1,6	5,4					
Ш1								1,6							
ПРС5											1,6	4			
Ш2										1,6					
ММ													5		
УАК														5	
ПРС6															1,6
С Г/Д															

Суммарные перемещения при такой компоновке ГПС 48,7 м.

Граф перемещений деталиустановки, в ходе выполнения технологического процесса, представлен на рисунке 67.

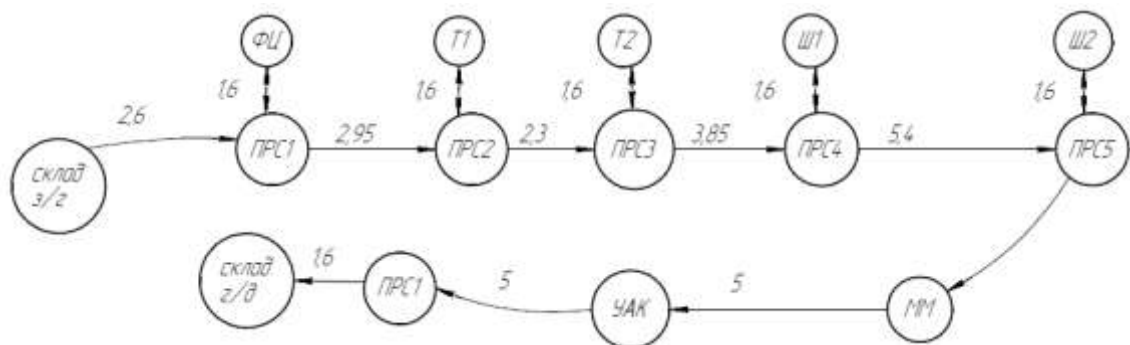


Рисунок 67 – Граф перемещений ГПС с отдельными складами

Исходя из расчетов расстояний, пройденных деталиустановкой, выбираем вторую планировку, так как деталиустановка имеет меньшие перемещения в сравнении с первым вариантом планировки.

4.2.5 Определение числа подвижных транспортных механизмов АТСС

Кран-штабелер, расположенный со стороны станков и склада, должен передавать заготовку со склада на станок, со станка на станок и со станка на склад.

Рассчитаем суммарное время $T_{обсл}$ работы крана-штабелера со стороны станка:

$$T_{обсл} = \frac{K_{стел-ст} \cdot t_{стел-ст} + K_{ст-ст} \cdot t_{ст-ст}}{60},$$

где $K_{стел-ст}$ – число перемещений между складом и станком;

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

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

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

Время выполнения штабелером одной передачи заготовки равно:

$$t_{стел-ст} = t_{ст-ст} = t_1 + t_2,$$

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

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

$$t_1 = t_k + t_{под} + t_{в.с},$$

$$t_2 = t_k + t_{под} + t_{н.с},$$

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

$t_{под}$ – время подхода робокара к заданной точке, мин;

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

$t_{н.с}$ – то же "Поставить ящик", мин.

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

$$t_{под} = \frac{L_x}{V_x} + \frac{L_y}{V_y},$$

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

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

Для расчетов принимаем: $V_x=60$ м/мин; $V_y=6$ м/мин; $L_x = 17$ м; $L_y = 5$ м.

Подставляя получим:

$$t_{под} = \frac{17}{60} + \frac{5}{6} = 1,11 \text{ мин};$$

$$t_1 = t_2 = 0,19 + 1,11 + 0,3 = 1,6 \text{ мин};$$

$$t_{стел-ст} = t_{ст-ст} = 1,6 + 1,6 = 3,2 \text{ мин};$$

$$T_{обсл} = 2 \cdot 3,2 + 4 \cdot 3,2 = 19,2 \text{ мин}.$$

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

$$K_{шт1} = \frac{T_{обсл}}{\Phi_{ш} \cdot 60},$$

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

Подставляя получим:

$$K_{шт1} = \frac{19,2}{305 \cdot 60} = 0,001 \approx 1 \text{ шт.}$$

Таким образом, принимаем один кран-штабелер.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

4.3 Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы

В качестве вспомогательного оборудования в ГПС выступают транспортные механизмы: робокар, кран-штабелер и промышленный робот.

Робокар – это автоматизированный погрузчик с электроприводом, который выполняет операции по перемещению груза, причем не нуждается в участии человека. Робокары Rocla AGV разработаны на базе ричтраков HUMANIC. Их грузоподъемность может достигать 5 тонн, а высота подъема – до 8 метров. Рисунок робокара представлен на рисунке 68.



Рисунок 68 – Робокар Rocla AGV

Для перемещения заготовки со склада на приемочно-раздаточные столы и с робокара на склад готовых деталей будем использовать мостовой кран-штабелер. Кран-штабелер (рисунок 69) – грузоподъемное оборудование особого назначения, применяемое на складах для погрузки, разгрузки и перемещения паллетов. Данный кран отличается от обычного мостового крана, поворотной платформой, колонной на которой крепиться грузоподъемные виллы. В таблице 25 представлены характеристики крана-штабелера.

Таблица 25 – Характеристики крана-штабелера

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95

Грузоподъемность, т	Пролет крана Lпр, м	Полная длина крана L, м
0,25-1,0	2,5-12	2,8-8,4



Рисунок 69 – Мостовой кран-штабелер

Для перемещения заготовки с приемо-раздаточного стола на станок и обратно будем использовать промышленный робот KUKA KR 20 R1810 (рисунок 70) грузоподъемностью до 22 кг. Основные характеристики робота приведены в таблице 26.



Рисунок 70 – Промышленный робот KUKA KR 20 R1810

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		96

Таблица 26 – Характеристики робота

Характеристика	Значение
Специализация робота	Универсальный
Тип запястья	standart
Число степеней свободы	6
Максимальный радиус действия, мм	2013
Грузоподъемность, кг	6-22
Точность, мм	±0,04
Вес манипулятора, кг	255

Для захвата корпуса необходим рабочий орган – схват промышленного робота. Эскиз схвата представлен на рисунке 71.

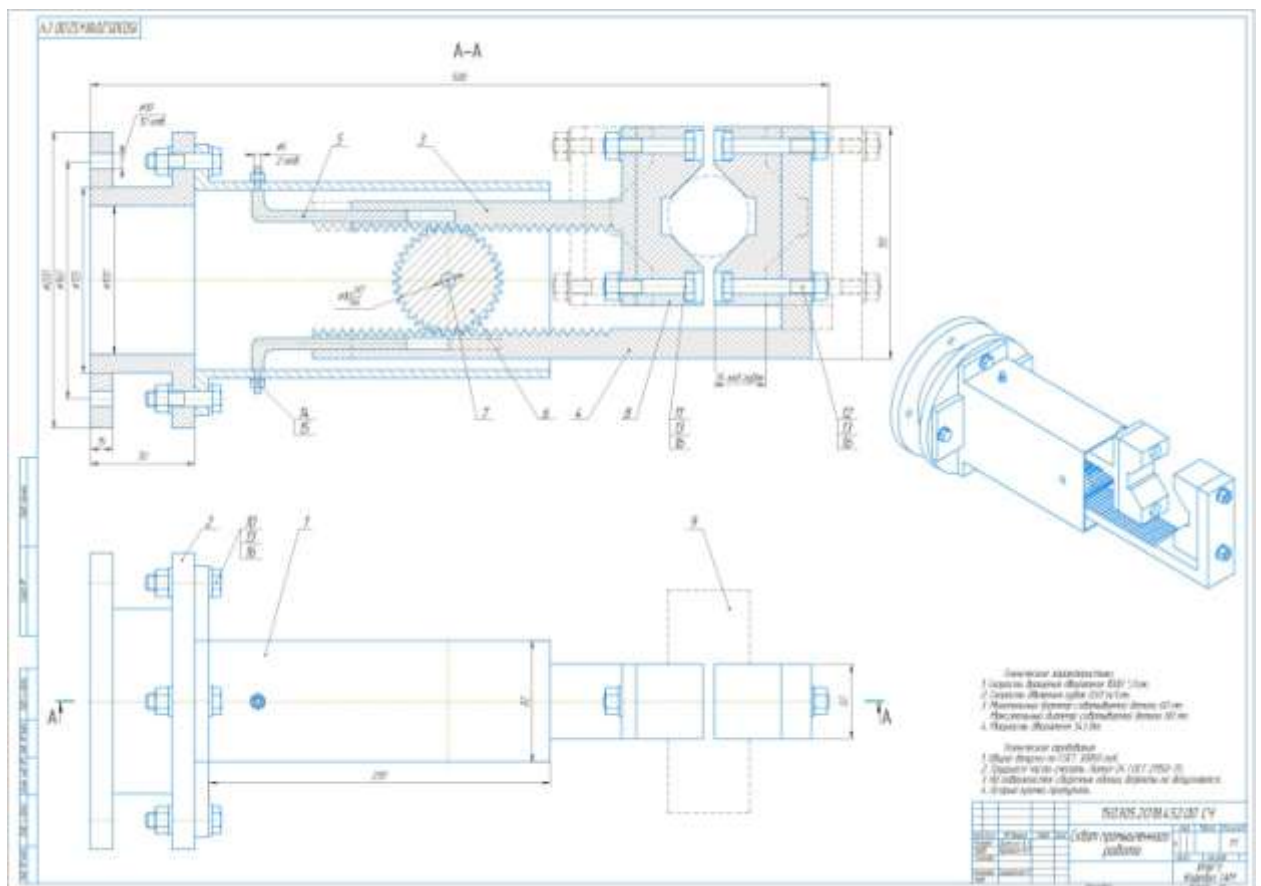


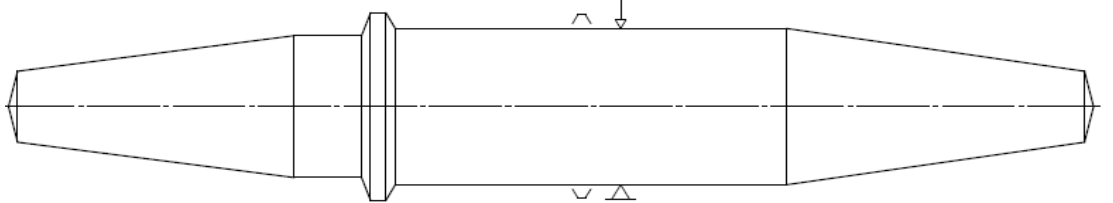

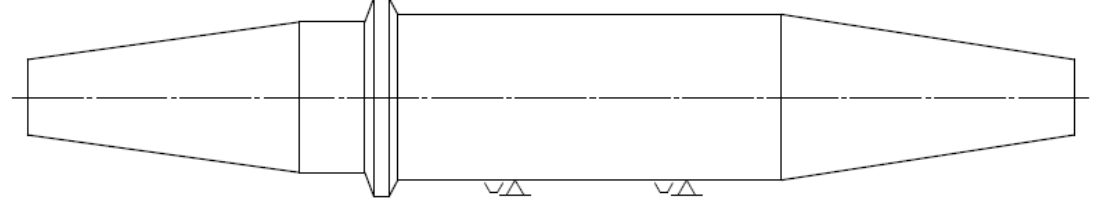
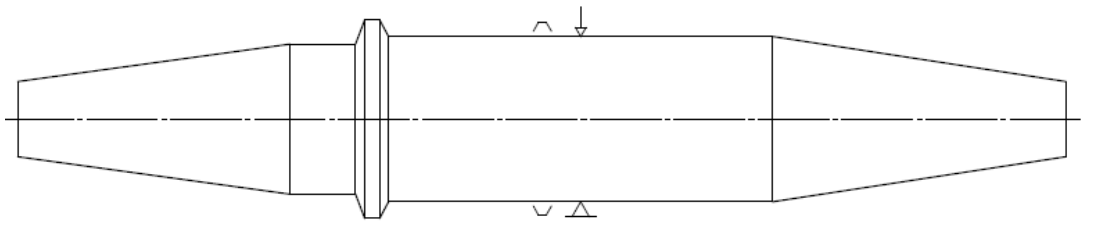
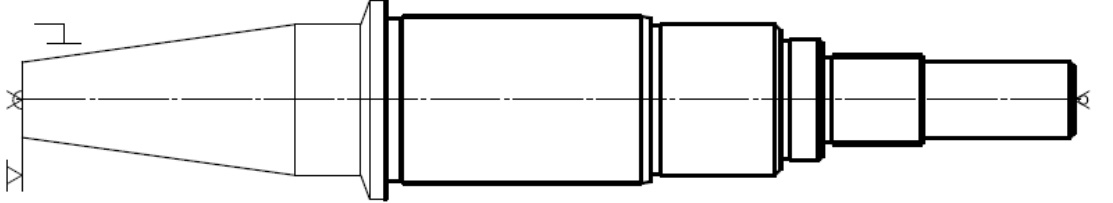
Рисунок 71 – Схват промышленного робота

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

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

В таблице 27 представлены схемы базирования заготовки и полуфабриката в ходе выполнения технологического процесса изготовления детали.

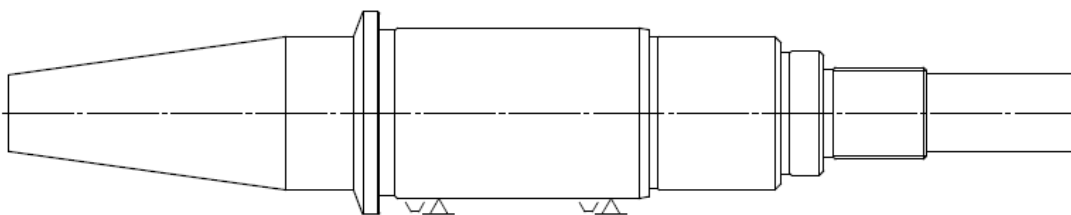
Таблица 27 – Схемы базирования

<p>Оп. 005 Фрезерно-центровальная (базирование в роботе)</p> 
<p>Оп. 005 Фрезерно-центровальная</p> 
<p>Оп. 005 Фрезерно-центровальная (базирование после операции)</p> 
<p>Оп. 010 Токарная с ЧПУ (базирование в роботе)</p> 
<p>Оп. 010 Токарная с ЧПУ</p> 

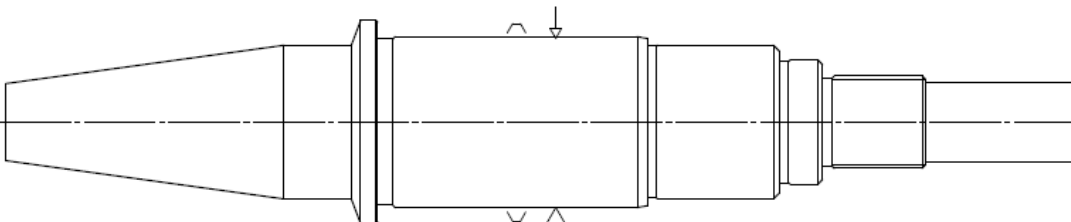
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Продолжение таблицы 27

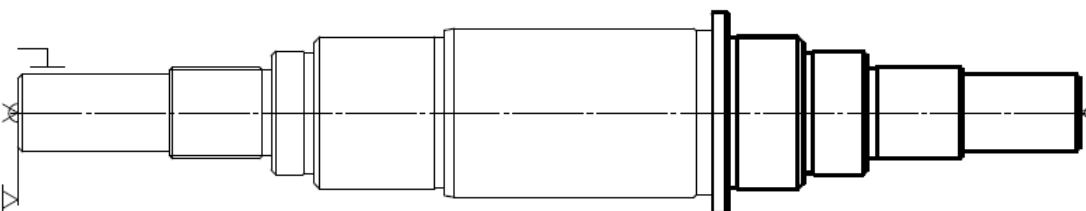
Оп. 010 Токарная с ЧПУ (базирование после операции)



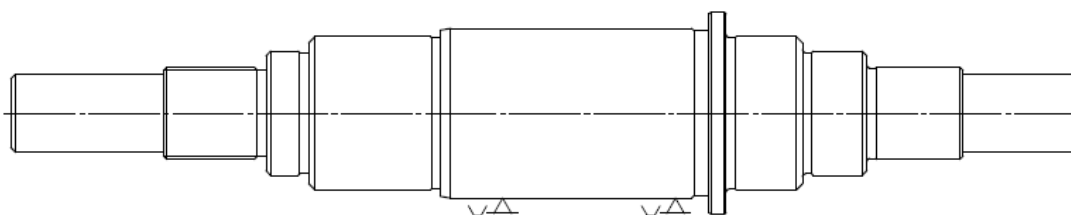
Оп. 015 Токарная с ЧПУ (базирование в работе)



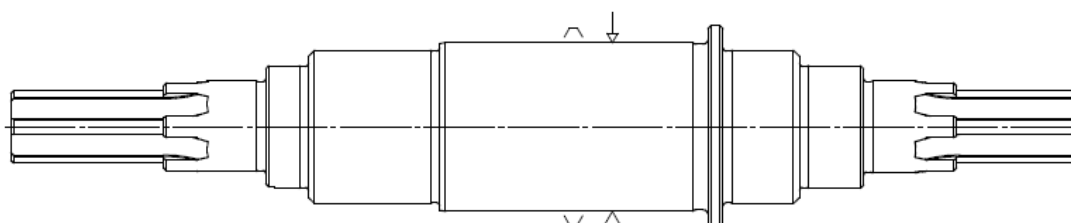
Оп. 015 Токарная с ЧПУ



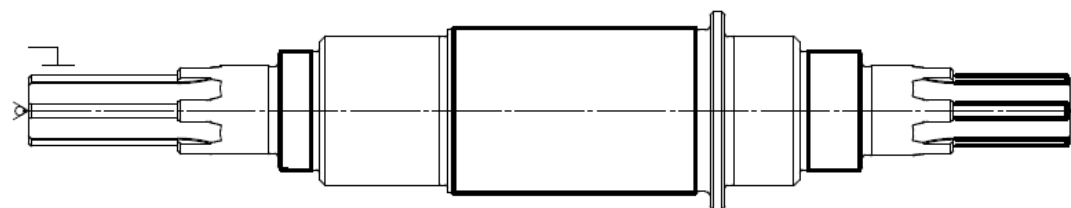
Оп. 015 Токарная с ЧПУ (базирование после операции)



Оп. 040 Круглошлифовальная (базирование в работе)



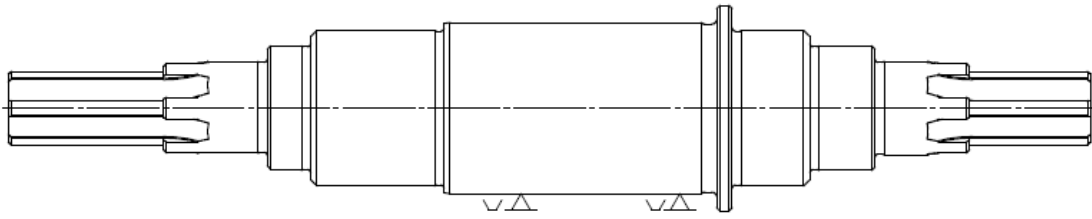
Оп. 040 Круглошлифовальная



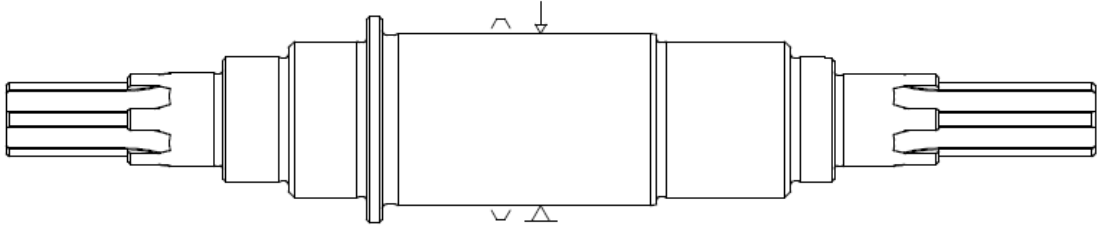
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Окончание таблицы 27

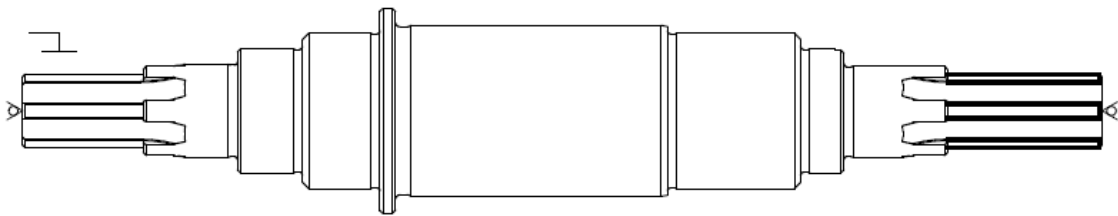
Оп. 040 Круглошлифовальная (базирование после операции)



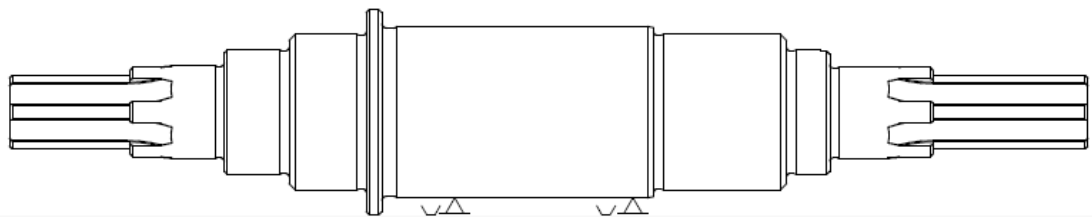
Оп. 045 Круглошлифовальная (базирование в работе)



Оп. 045 Круглошлифовальная



Оп. 045 Круглошлифовальная (базирование после операции)



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР

Лист

100

4.5 Анализ производительности автоматизированной системы

При разработке структурной схемы гибкого производственного участка был произведен расчет расстояний перемещений детали. В первом случае перемещения составили 58,5 м, во втором варианте компоновки 48,7 м. Исходя из расчетов расстояния перемещения детали установки, выбираем вторую схему расположения станков. Окончательный вариант планировки ГПС представлен на рисунке 72.

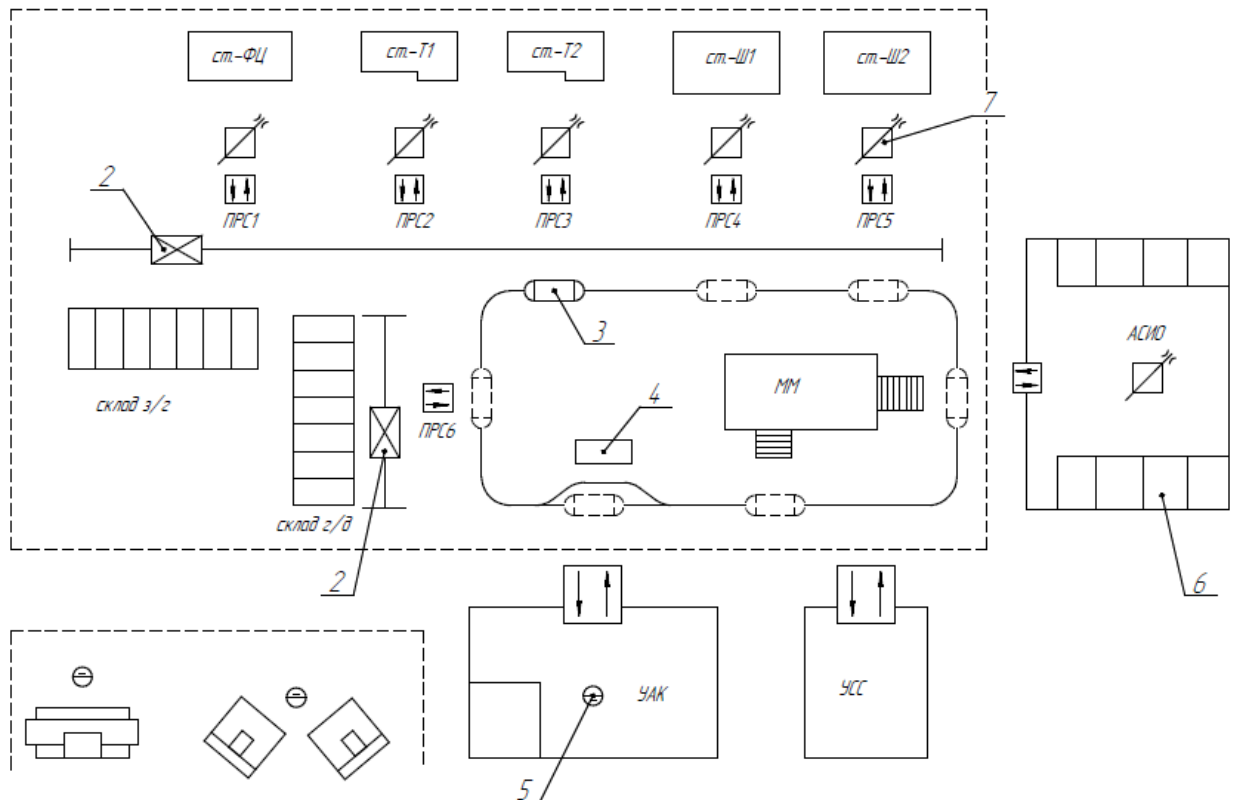


Рисунок 72 – Схема окончательной планировки ГПС

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

5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ

Участок обработки деталей типа вал состоит из:

- 1) кран-штабелер;
- 2) робокар Rocla AGV;
- 3) станция подзарядки робокара;
- 4) контрольный стол;
- 5) рабочее место;
- 6) стеллаж с измерительным инструментом;
- 7) стеллаж с инструментом и оснасткой;
- 8) промышленный робот KUKA KR 20 R1810;
- 9) пожарный щит;
- 10) ящик с песком;
- 11) бак с водой;
- 12) ст. з/г – стеллаж заготовок;
- 13) ст. г/д – стеллаж готовых деталей;
- 14) ПРС1-ПРС5 – приемо-раздаточные столы;
- 15) ст.-ФЦ – фрезерно-центровальный полуавтомат 2Г942;
- 16) ст.-Т1, ст.-Т2 – токарные станки с ЧПУ TRENS SE 320 numeric;
- 17) ст.-Ш1, ст.-Ш2 – круглошлифовальные станки R-Grind 2160 CNC;
- 18) ММ – моечная машина;
- 19) УАК – участок активного контроля;
- 20) УСС – участок сбора стружки;
- 21) АСИО – автоматическая система инструментального обеспечения.

Участок механической обработки расположен в одном пролете вдоль колонн. Расстояние между колоннами 12 метров, ширина пролетов 18 метров, ширина магистральных проездов 4,5 метра. Заготовка детали «вал мотора-генератора» на межцеховом транспорте поступает из склада заготовок на механический участок. Через магистральный проезд заготовки доставляют в стеллаж заготовок (ст. з/г). В соответствии с технологическим

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		102

процессом заготовки поступают на 005 операцию на приемо-раздаточный стол. Со стола с помощью робота KUKA KR 20 R1810 (8) заготовки устанавливаются на станок ст.ФЦ – фрезерно-центровальный полуавтомат с ЧПУ 2Г942.00. Затем заготовка поступает на токарный станок с ЧПУ TRENS SE 320 numeric. Далее заготовка увозится на другой участок для обработки шлицев и шпоночного паза и прохождения термической обработки в другом цехе. По возвращении в цех механической обработки заготовка шлифуется на круглошлифовальном станке с ЧПУ R-Grind 2160 CNC (ст.Ш1 и ст.Ш2). Далее заготовка при помощи робокара Rocla AGV (2) перемещается в моечную машину, после чего заготовка поступает на участок активного контроля (УАК), обслуживаемого рабочими. После контроля деталь перемещается на стеллаж готовых деталей.

Режущий инструмент и оснастка хранятся на соответствующих участках (АСИО). Станция заряда аккумуляторных батарей для робокара находится на позиции 3. При проектировании участка предъявляются требования безопасности жизнедеятельности, поэтому на участке имеются пожарный щит (9), ящик с песком (10) и бак с водой (11).

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		103

6 БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ

6.1 Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда

На всех предприятиях, в учреждениях, организациях создаются безопасные и безвредные условия труда. Обеспечение безопасных и безвредных условий труда возлагается на собственника или уполномоченный им орган. Условия труда на рабочем месте, безопасность технологических процессов, машин, механизмов, оборудования и других средств производства, состояние средств коллективной и индивидуальной защиты, используемых работником, а также санитарно-бытовые условия должны отвечать требованиям нормативных актов об охране труда.

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.

Обработка детали «вал мотора-генератора МГ12-1С» относится к категории 2б, т.к. масса детали не превышает 10 кг. К категории 2б относятся работы с интенсивностью энергозатрат 223-290 Вт, связанные с ходьбой и переноской тяжести до 10 кг и сопровождающиеся умеренными физическими напряжениями (ряд профессий в механизированных литейных, прокатных, кузнечных, термических, сварочных цехах машиностроительных и металлургических предприятий и т.п.). Нормируемые параметры микроклимата (таблица 28) не должны выходить за пределы нормативных

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		104

величин, установленных СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

Таблица 28 – Нормируемые параметры микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Теплый	18-22	40-75	0,2
Холодный и переходный	19-23	40-75	0,2

Выполнение этих норм осуществляется путем проведения следующих мероприятий:

- 1) в теплое время за счет вентиляции;
- 2) в холодное время за счет вентиляции и отопления.

Мероприятия, проводимые при использовании СОТС:

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

Для спроектированного техпроцесса предусматриваются следующие виды защиты:

1) ограничивающие, закрывающие доступ к опасным частям оборудования. Для этого используются кожухи, щиты. Ограждения должны быть достаточно прочными, надежно крепиться к фундаменту или частям машины;

2) предохранительные, автоматически отключающие оборудование при выходе какого-либо параметра за пределы допустимого;

3) сигнализирующие, окраска опасных частей оборудования в красный цвет;

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

Мероприятия по безопасной эксплуатации лезвийного инструмента:

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

Проводятся также следующие организационные мероприятия:

1) Инструктаж техники безопасности производится, как правило, во время приобретения профессионально и/или специального образования. Также правила техники безопасности публикуются в соответствующих той или иной специальности учебных пособиях. По характеру и времени проведения, инструктажи подразделяют на:

- вводный;
- первичный на рабочем месте;
- повторный;
- внеплановый;
- целевой.

2) запрещение операторам ремонтировать электрооборудование;

3) привлечение к ремонту оборудования лиц электротехнического персонала, своевременно прошедших инструктаж.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		106

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 другие РМ;

– установление рациональных режимов труда и отдыха.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		107

На участке необходимо проводить следующие мероприятия по электробезопасности:

1) изолировать токоведущие части, что защищает электроустановки от чрезмерной утечки токов, предохраняет людей от поражения током и исключает возникновение пожаров;

2) сделать токоведущие части недоступными для случайного прикосновения;

3) применять двойную изоляцию, состоящую из рабочей изоляции и дополнительной, повышающей надежность работы, то есть защищающей человека от поражения при повреждении изоляции;

4) зануление, обеспечивающее быстрое отключение поврежденной установки или участка цепи максимальной токовой защиты вследствие короткого однофазного замыкания;

5) заземление нейтрали, обеспечивающее невозможность появления напряжения относительно земли на корпусе машины

6.3 Мероприятия по пожарной безопасности

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

Для возникновения горения необходимы:

- горючее вещество;
- окислитель;
- источник загорания.

Опасными факторами пожара являются:

- повышенная температура воздуха и предметов;
- открытый огонь и искры;
- токсичные продукты горения;
- дым;
- взрывы;

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		108

– повреждения и разрушения зданий и сооружения.

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

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

– огнетушитель углекислотный ОУ-10 (1 шт), применяется для тушения электроустановок;

– огнетушитель ОП-10 (1 шт), применяемый тушения пожаров класса Д (металлы и металлоорганические вещества);

– ящики с песком (1 шт);

– ломы (1 шт);

– топоры (1 шт).

Мероприятия, предупреждающие пожар на участке.

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

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

2) ограничения возможного распространения пожара и взрыва;

3) обеспечение эвакуации людей и оборудования из горящего здания;

4) обеспечение быстрого развертывания действий по пожаротушению;

5) разработка наглядных пособий по пожарной безопасности;

6) разработка инструкций по пожарной безопасности.

К организационным мероприятиям относятся:

– разработка инструкций о соблюдении противопожарного режима и о действиях людей при возникновении пожара;

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		109

– организация обучения рабочих и служащих по правилам пожарной безопасности.

Порядок действия при пожаре:

- 1) отключить электропитание, вызвать по телефону пожарную команду;
- 2) эвакуировать людей из помещения согласно плану эвакуации;
- 3) приступить к ликвидации пожара огнетушителями.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		110

7 ВЫВОДЫ ПО КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был произведен анализ действующего технологического процесса, выявлены его недостатки и разработан новый технологический процесс механической обработки для детали «вал мотора-генератора МГ12-1С». Для проектного варианта технологического процесса был выбран другой способ получения заготовки: многоручьевая штамповка, что позволило увеличить КИМ. Были подобраны основное и вспомогательное оборудование, рассчитаны режимы резания и нормы времени на все операции технологического процесса. Так же был произведен размерный анализ действующего и проектного вариантов технологического процесса.

В конструкторской части была проанализированы и выбраны технологическая оснастка и режущий инструмент, были рассчитаны станочное приспособление (зажимное приспособление для фрезерования паза) и режущий инструмент (червячная фреза), выбрано измерительное оборудование.

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы была разработана схема гибкого производственного участка для изготовления детали. Для автоматизации участка определены составы станочного и вспомогательного оборудования, а также разработана структура АТСС.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		111

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шамин В. Ю. Теория и практика решения конструкторских и технологических размерных цепей: Учебное пособие. – 2-е изд., перер. и доп. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 1999. – 429 с.

2. Основы технологии машиностроения: учебное пособие для студентов вузов/ В. Л. Кулыгин, И. А. Кулыгина. – М.: «Издательский дом «БАСТЕТ», 2011. – 168 с.

3. Технология машиностроения: учебное пособие для студентов вузов/ В. Л. Кулыгин, В. И. Гузеев, И. А. Кулыгина. – М.: «Издательский дом «БАСТЕТ», 2011. – 184 с.

4. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением: Справочник. 2-е изд. / Под ред. В. И. Гузеева. М.: Машиностроение, 2007. 368 с.

5. Режимы резания на работы, выполняемые на шлифовальных и доводочных станках с ручным управлением и полуавтоматах. Справочник. – Челябинск: Изд-во АТОКСО, 2007. – 384 с.

6. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть 1. Нормативы времени. / Под ред. С.Ю. Романовой. – Москва: Изд-во «Экономика», 1990. – 210 с.

7. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть 2. Нормативы режимов резания. / Под ред. С.А. Юрчинского. – Москва: Изд-во «Экономика», 1990. – 480 с.

8. ГОСТ 8027-86. Фрезы червячные для шлицевых валов с прямобочным профилем. Технические условия.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		112

9. Учебное пособие для вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты»/ Под общ. ред. Г. Н. Кирсанова – М.: Машиностроение, 1926. – 288 с: ил.

10. Методические указания к курсовому проектированию. Расчет и проектирование червячной шлицевой фрезы/ составители: А. Ю. Попов, Е. В. Васильев, Д. С. Реченко. – Омск: Издательство ОмГТУ, 2012. – 29 с.

11. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 303 с., ил.

12. Проектирование и расчет приспособлений: учебник /В.А. Горохов, А.Г. Схиртладзе. – Старый Оскол: ТНТ, 2008. – 304 с.

13. Анухин В. И. Допуски и посадки: Учебное пособие. 5-е изд. – СПб.: Питер, 2012. – 256 с.: ил.

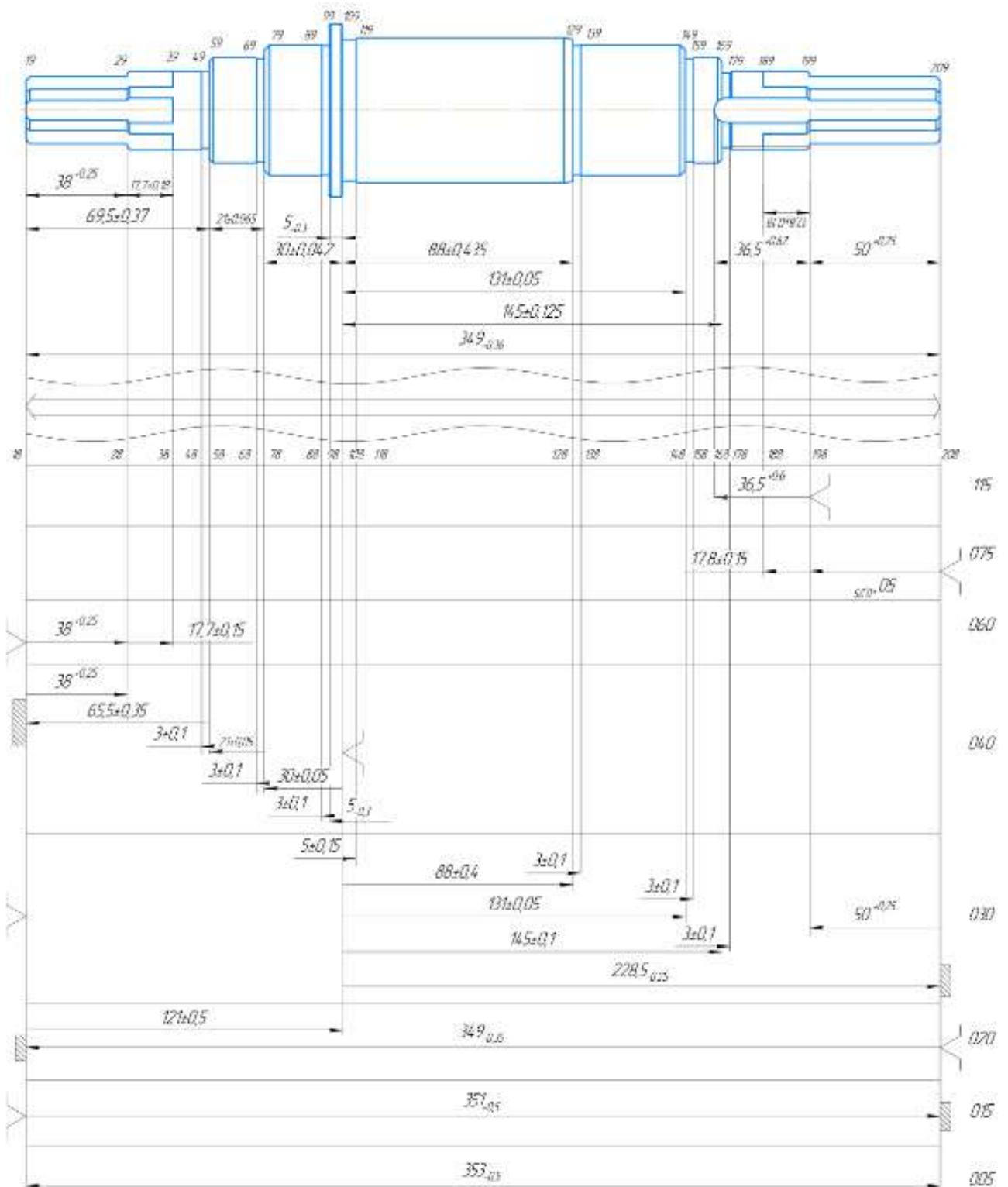
14. Автоматизация производственных процессов в машиностроении учебное пособие к курсовому проекту / В.В. Батуев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – 40 с.

15. Оформление технологической документации: Методические указания / В.В. Батуев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – 61 с.

16. СТО ЮУрГУ 04–2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению/ составители: Т. И. Парубочная, Н. В. Сырейщикова, В. И. Гузеев, Л. В. Винокурова. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2008.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		113

ПРИЛОЖЕНИЕ А (размерная схема базового техпроцесса)



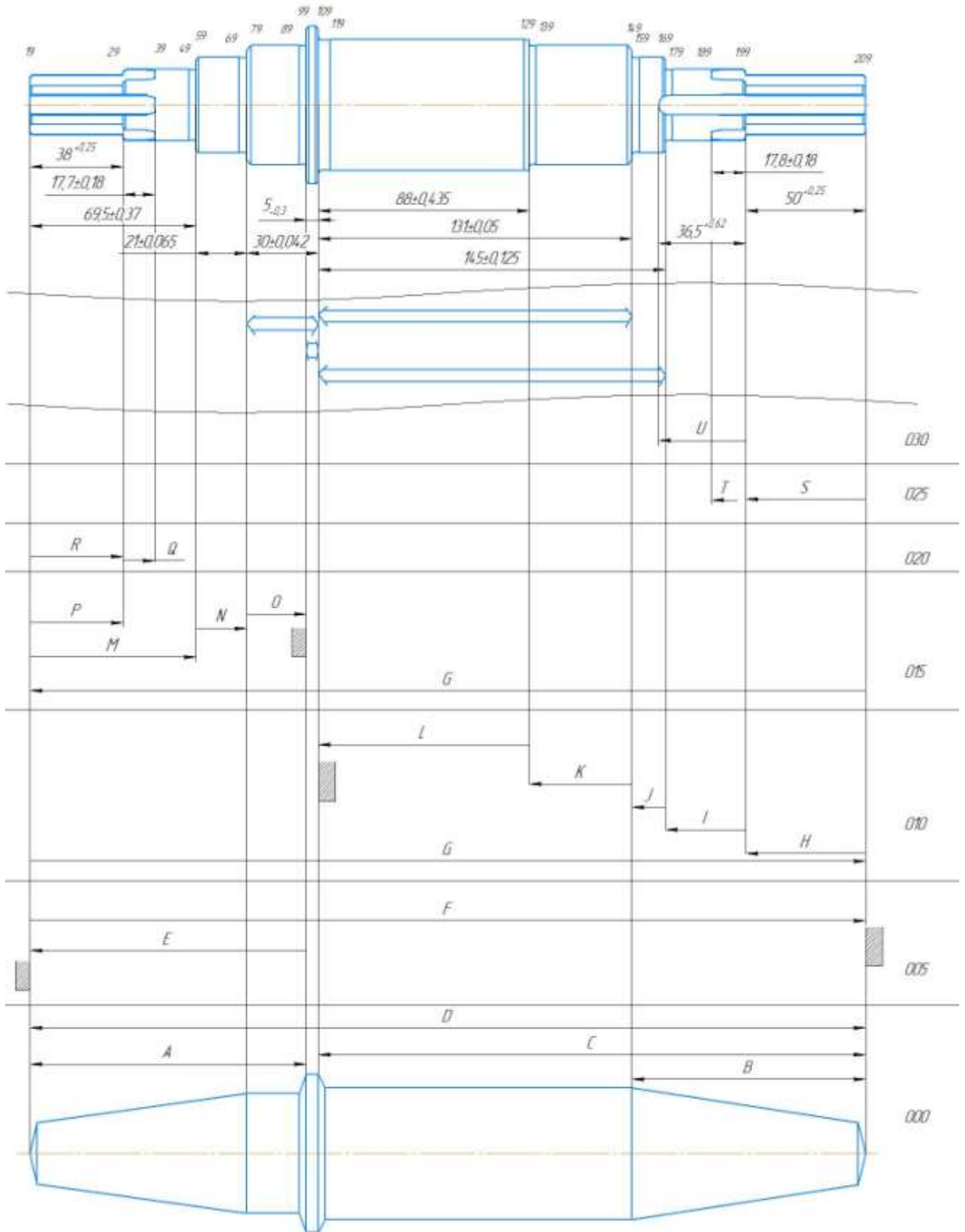
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР

Лист

114

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (размерная схема проектного техпроцесса)



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ.150305.2019.452.05 ПЗ ВКР

Лист

115