

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 детали «Вал червячный»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ.150305.2019.375 ПЗ ВКР

Нормоконтролер  
\_\_\_\_\_ А.В. Выбойщик  
\_\_\_\_\_ 2019 г.

Руководитель работы,  
к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ В.Л. Кулыгин  
\_\_\_\_\_ 2019 г.

Автор работы,  
студент группы П-451  
\_\_\_\_\_ А.Э. Шамгунов  
\_\_\_\_\_ 2019 г.

Челябинск 2019

## АННОТАЦИЯ

Шамгунов А.Э. Разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления детали «вал червячный»: Выпускная квалификационная работа.– Челябинск: ЮУрГУ, 2019. – 121 с., 64 ил., 22 табл., библиографический список – 13 наименований, листы чертежи ф. А1 и А2, 6 прил.

В записке описан узел (редуктор шлакового шнека), в котором работает деталь «вал», его назначение и условия эксплуатации; служебное назначение детали и технические требования, предъявляемые к ней, проведены обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений в производстве. А так же сформированы цели и задачи квалификационной работы, выполнены технологическая (проанализирован существующий технологический процесс и спроектирован новый) и конструкторская (аналитический обзор и выбор технологической оснастки и режущего инструмента, спроектирован специальный режущий инструмент и дополнительное технологическое оборудование, спроектированы операции технологического контроля и выбрано измерительное оборудование) части. Выбран состав и произведен расчет станочного комплекса ГПУ для заданной детали; выбран состав и произведен расчет числа оборудования автоматизированной транспортно-складской системы; произведено проектирование схемы планировки оборудования и систем ГПУ как единого производственного комплекса. Разработана планировка участка механической обработки для спроектированного варианта технологического процесса. Рассмотрены мероприятия по созданию безопасных и безвредных условий труда, мероприятия по электробезопасности, а так же мероприятия по пожарной безопасности.

					<b>ЮУрГУ.150305.2019.451.000</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Шамгунов А.Э</i>				<b>Выпускная квалификационная работа</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Кулыгин В.Л</i>						2	121
<i>Реценз.</i>						ЮУрГУ		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Выбойщик А.В</i>					Кафедра ТАМ		
<i>Утверд.</i>	<i>Гузеев В.И</i>							

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ .....	7
1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия .....	7
1.2 Служебное назначение детали «Вал червячный» и технические требования, предъявляемые к детали.....	8
1.3 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для соответствующих отраслей машиностроения.....	10
1.4 Формирование целей и задач выполнения квалификационной работы.....	11
2.ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	13
2.1 Анализ существующей на предприятии документации по конструкторско-технологической подготовке действующего производства. ....	13
2.1.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса.....	13
2.1.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента .....	13
2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса.....	21
2.1.4 Выводы по разделу .....	24
2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «Вал червячный» .....	25
2.2.1 Выбор и обоснование способа получения исходной заготовки .....	25
2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования .....	26
2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии .....	33
3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ .....	54

									Лист
									3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.451.000				

3.1	Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки .....	54
3.2	Проектирование и расчет специального станочного приспособления .....	56
3.2.1	Обоснование базирования.....	57
3.2.2	Силовая схема .....	57
3.2.3	Расчет точности станочного приспособления .....	58
3.2.4	Расчет сил резания .....	61
3.2.5	Расчет сил зажима.....	62
3.2.7	Расчет привода .....	63
3.2.8	Расчет на прочность слабого звена .....	64
3.3	Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента и инструментальной оснастки.....	64
3.3	Проектирование и расчёт специального режущего инструмента дисковая фреза.....	74
3.5	Проектирование операций технического контроля и выбор измерительного оборудования.....	77
4	АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.....	81
4.1	Наличие в технологическом процессе слесарных, универсальных или специальных операций .....	81
4.2	Возможность встраивания основного оборудования в ГПС .....	81
4.3	Концентрация переходов на операциях механической обработки .....	81
4.4	Габаритные размеры детали .....	82
4.5	Наличие поверхностей для захвата промышленным роботом.....	82
4.2	Разработка структурной схемы гибкого производственного участка.....	82
4.2.1	Определение состава числа оборудования станочного комплекса ГПС.....	82
4.2.2	Определение структуры и состава автоматизированной транспортно-складской системы ГПС .....	83

4.3	Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы .....	93
4.4	Базирование заготовки, полуфабриката, готовой детали в промышленном роботе, транспортном устройстве, промежуточном накопителе .....	97
4.5	Анализ производительности автоматизированной системы .....	99
5	ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ .....	99
6	БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА .....	100
6.1	Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда .....	100
6.2	Мероприятия по электробезопасности .....	102
6.3	Мероприятия по пожарной безопасности .....	104
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	109
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	110
	ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	112
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б .....	115
	ПРИЛОЖЕНИЕ В .....	116
	ПРИЛОЖЕНИЕ Г .....	116
	ПРИЛОЖЕНИЕ Д .....	118
	ПРИЛОЖЕНИЕ Е .....	120

## ВВЕДЕНИЕ

Современное развитие машиностроения ориентировано на повышение качества машиностроительной продукции, производительности, сокращение времени обработки и на комплексную автоматизацию. Для достижения этих критериев используются новые материалы, стали, обладающие более лучшими свойствами, так же изобретается новое программное обеспечение, оборудование, станки для обработки, обрабатывающие центры и станочные приспособления.

При обеспечении технологичности конструкции изделия на этапах его разработки и освоения необходимо принимать во внимание намечаемые мероприятия по повышению уровня автоматизации производства. Они в значительной мере способствуют снижению ресурсоемкости изделия в процессе изготовления и требуют от разработчика умения принимать решения по обеспечению технологической рациональности и преемственности конструкции, которые, в свою очередь, создают предпосылки для дальнейшего повышения уровня автоматизации производства.

Основной тенденцией развития комплексной автоматизации производства является создание сквозной системы, включающей этапы конструкторских разработок и проектирования (САПР), технологической подготовки производства (АСТПП) и производственных процессов в механообрабатывающих и сборочных цехах. Эту задачу удастся решить на базе широкого использования в машиностроительном производстве CAD/CAM систем, станков с ЧПУ, промышленных роботов, а также специализированных систем САПР. На сегодня большое распространение получили такие программы, как AutoCad, Solid Works, "Компас". Системы САПР могут напрямую посылать электронные чертежи с рабочего места инженера на станок с ЧПУ, однако следует учитывать, что с ростом сложности технологического процесса количество ошибок возрастает в

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

геометрической прогрессии, поэтому необходимо очень внимательно относиться к разработке процесса с применением ЭВМ.

## 1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

### 1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия

Редуктор шлакового шнека - это червячный механический редуктор, в основе которого лежит цилиндрическая зубчатая передача, а оси ведущего и ведомого валов параллельны. Редуктор предназначен, для преобразования высокой угловой скорости вращения входного вала в более низкую на выходном валу, повышая при это вращающий момент.

Преимуществом, которыми обладает редуктор, стоит отнести его способность работать при постоянных, переменных, а также при однонаправленных нагрузках. При этом для него не имеет значение сила тока и напряжение в сети, что делает такой редуктор универсальным оборудованием для решения любых промышленно-производственных задач.



Рисунок 1.1 – Червячный редуктор.

Условия эксплуатации:

Червячная передача относится к передачам зацеплением, это зубчато-винтовая передача, движение в которой, как известно, присуще повышенное скольжение.

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для уменьшения трения, червячная пара работает обычно на жидкой смазке. Уровень масла в картере редуктора чуть выше нижней части червячного колеса и зубья колеса при вращении омываются маслом и потом витками червяка смазка равномерно распределяется между рабочими поверхностями червячного вала и колеса, что уменьшает трение.

Материалы в червячной передаче должны составлять антифрикционную пару и иметь в сочетании низкий коэффициент трения, обладать повышенной износостойкостью и пониженной склонностью к заеданию в условиях больших скоростей скольжения при значительных нормальных силах между контактирующими поверхностями. Обычно это разнородные материалы.

Главной особенностью червячного цилиндрического редуктора, обусловившей ему широкое применение, является высокий КПД, который, в зависимости от передаточного числа, может достигать значения 98%. Следующее преимущество таких механизмов вытекает из предыдущего: благодаря высокому КПД отсутствует эффект рассеивания передаваемой энергии, что, в свою очередь, обуславливает отсутствие нагрева рабочих элементов.

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

На чертеже (рис.1.2) представлен червячный вал от редуктора шлакового шнека, посредством которого происходит прием вращательного движения от двигателя, для существенного увеличения крутящего момента и уменьшения угловой скорости (частоты вращения).

Ведущим элементом здесь обычно является червяк, ведомым червячное колесо с зубьями особой формы, получаемыми в результате взаимного огибания с витками червяка.

При вращении червяка вокруг оси его ветки перемещаются вдоль образующей своей цилиндрической поверхности и приводит во вращательное движение червячное колесо.

									Лист
									8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.451.000				



На червячном валу имеются проточки (шейки) для установки подшипников. Вращательное движение от двигателя на вал передается посредством соединительной муфты, устанавливаемой со шпонкой с натягом.

Червяки при работе испытывают большие напряжения изгиба и кручения, а также напряжения растяжения(сжатия).

В следствии этого, а также из-за высоких требований к жесткости их обычно изготавливают из углеродистых и легированных сталей.

Для изготовления червяков применяют все три типа сталей, распространенных в машиностроении.

1. Качественные среднеуглеродистые стали марок 40,45,50.

Из них изготавливают малоответственные червяки.

2. Среднеуглеродистые легированные стали марок 40X,45X,40XH из этих сталей изготавливают червяки ответственных передач.

3. Мало и среднеуглеродистые, легированные стали марок 20X,12ХН3А из них изготавливают червяки высоконагруженных передач

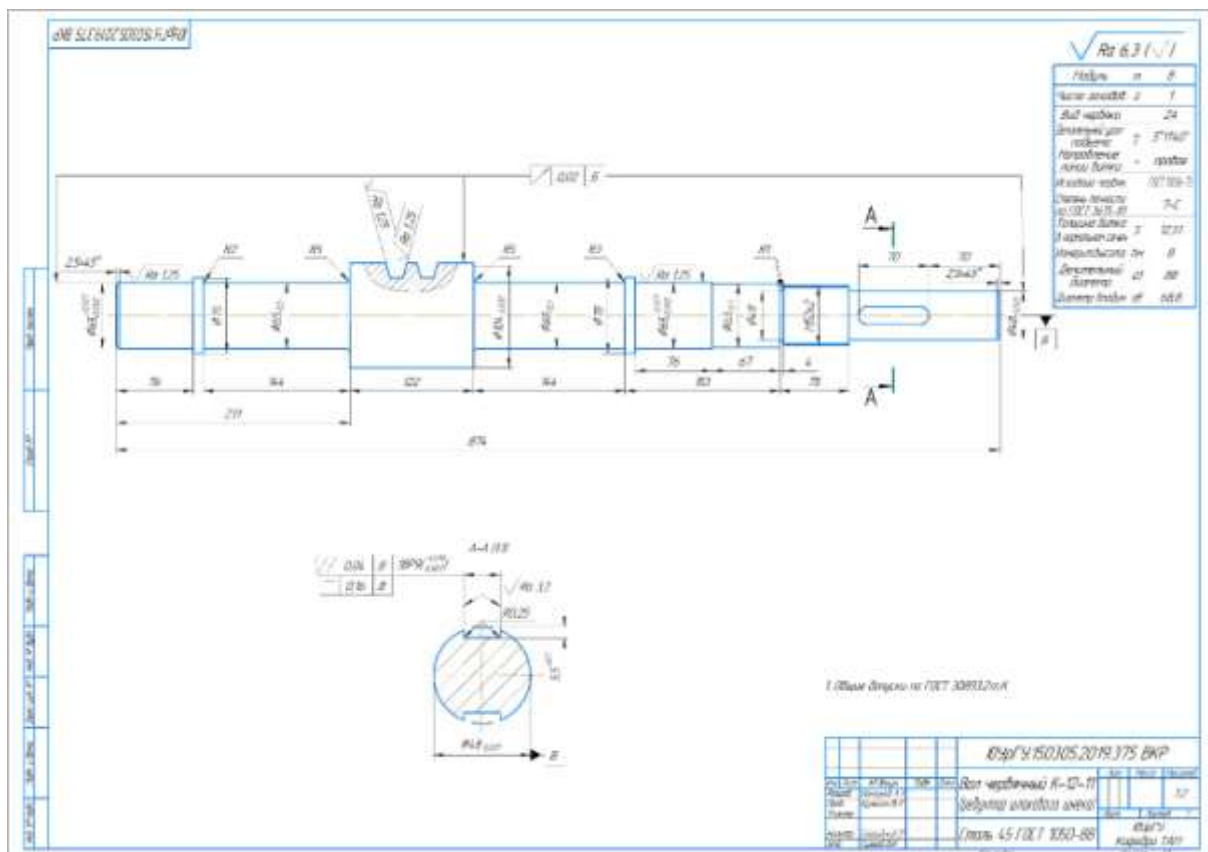


Рисунок 1.2 – Конструкторский чертеж детали «Вал К-12-11»  
ЮУрГУ.150305.2019.451.000

При изготовлении деталей «Вал К-12-11» предъявляются следующие технические требования:

- точность линейных и диаметральных размеров;
- допуск расположения шпоночных пазов;
- шероховатость рабочих поверхностей детали и сопрягаемых поверхностей.
- поверхность резьбы и червяка должны быть чистыми без задиров, заусенцев, забоин и прочих поверхностных дефектов;

Технические требования, предъявляемые к детали «Вал К-12-11»:

1. неуказанные предельные отклонения размеров механически обрабатываемых поверхностей по Н14, h14,  $\pm \frac{IT14}{2}$ ;
2. радиальное биение поверхности ступени вала относительно базы 0,02 мм;

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

В настоящее время отечественные и зарубежные передовые технологии ни в чем не уступают друг другу, так как машиностроение в XXI является материальной базой для реализации научно-технического прогресса всех передовых стран мира. От уровня развития машиностроения и от степени совершенства машин в значительной степени зависит производительность общественного труда и благосостояния народа, поэтому развитие инновационной сферы машиностроения так важно для всех стран.

Новые технологии и решения, активно применяющихся в отечественном и зарубежном производстве, следующие: электроэрозионная обработка, ультразвуковая обработка, электрохимическая обработка, лазерная обработка, обработка токами высокой частоты, метод индукционного нагрева материалов, нанотехнологии (наноструктурированные материалы различного назначения; тонкие пленки, приповерхностные слои, гетероструктуры; фуллерены, фуллериты, нанотрубки на их основе;

технология нанесения нано-покрытий на металлорежущие инструменты					Лист
ЮУрГУ.150305.2019.451.000					10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

целью повышения их характеристик), технология финишной обработки поверхностей заготовок с применением высокоточных прецизионных станков, замена СОЖ на

устройство охлаждения ионизированным воздухом и др.

Рассмотрим более подробно как обстоят дела в отечественном машиностроении.

В последнее время в России ежегодно разрабатывается около 300 проектных технологических процессов обработки для деталей различных классов. Из числа созданных за последние пять лет около 12% не имеет аналогов в мире и столько же соответствует лучшим зарубежным образцам. Более четверти общего числа созданных за последние пять лет новых технологических процессов машиностроения приходится на станкостроение и инструментальное производство. Кроме того, создано значительное число новых технологий в области конструкционных материалов, заготовительного производства, сварки, модификации поверхностей, а также специальных видов технологий.

Основной целью развития машиностроительной отрасли России в ближайшее время является обеспечение растущего спроса на её высококачественную продукцию на внутреннем и мировом рынках на основе ускоренного инновационного обновления отрасли, повышения её экономической эффективности, экологической безопасности, ресурсу и энергосбережения, конкурентоспособности продукции.

#### 1.4 Формирование целей и задач выполнения квалификационной работы

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

Задачами квалификационной работы являются:

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- 1) Проектирование нового технологического процесса изготовления детали «Вал червячный редуктора» в условиях серийного конкурентоспособного производства;
- 2) Выбор метода получения заготовки;
- 3) Выбор технологической оснастки и режущего инструмента;
- 4) Выбор универсального станочного приспособления;
- 5) Проектирование и расчет специального станочного приспособления;
- 6) Проектирование и расчет применяемого специального режущего инструмента;
- 7) Проектирование операции технического контроля и выбор измерительного оборудования.

					<i>ЮУрГУ.150305.2019.451.000</i>	<i>Лист</i>
						12
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

## 2.ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

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

2.1.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса.

В соответствии ГОСТ 3.1105-84 «ЕСТД. Формы и правила оформления документов общего назначения», ГОСТ 3.1404-86 «ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием» ГОСТ 3.1118-82, «ЕСТД. Форма и правила оформления маршрутных карт», и ГОСТ 3.1502-85 «ЕСТД. Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов на технический контроль» на предприятии должны быть представлены основные технологические документы, такие как: карта технологического процесса, маршрутная карта, карта операционных эскизов, карта наладки инструмента, журнал контроля технологического процесса. На ООО «ТЭР» представлен не полный список документации. Из имеющегося: конструкторский чертеж (рисунок 1). Карта технологического процесса, маршрутная карта, контрольная карта, карта операционных эскизов отсутствует. На данном предприятии разработан свой стандарт технологической документации. Операционные эскизы были самостоятельно разработаны и согласованы с инженерами-технологами предприятия.

2.1.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента

Действующий технологический процесс состоит из 15 операций:

000 Заготовительная операция;

005 Токарная операция;

010 Токарная операция;

015 Токарная операция;

020 Токарная операция;

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

025 Фрезерная операция;  
 030 Термическая операция;  
 035 Шлифовальная операция;  
 040 Шлифовальная операция;  
 045 Контрольная операция;  
 Операционный технологический процесс:  
 Операция 005 Токарная.

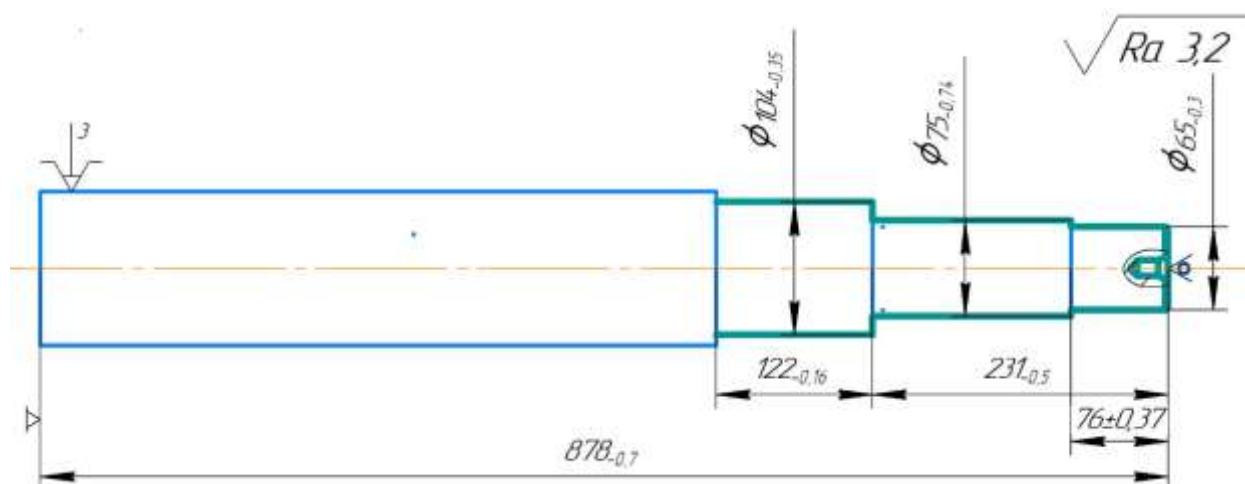


Рисунок 2.1 – Эскиз 005 операции

Операция 005 (рисунок 2.1). На данной операции осуществляется центрование заготовки, подрезка торца, точение цилиндрических поверхностей.

Комплект баз: двойная направляющая и опорная базы.

Станочные приспособления: 3-х кулачковый патрон.

Применяемое оборудование: токарный станок 1М63Н (рисунок 2.2).

Режущий инструмент: проходной отогнутый резец (2102-0055 Т5К10), проходной резец (2103-0057 Т5К10), центровочное сверло.

Мерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89, ШЦ-III-1000-0,1 ГОСТ 166-89, микрометр, штангенглубиномер ШГ-250-0,05.

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14



Рисунок 2.2 – Токарно-винторезный станок 1М63Н

Операция 010 Токарная.

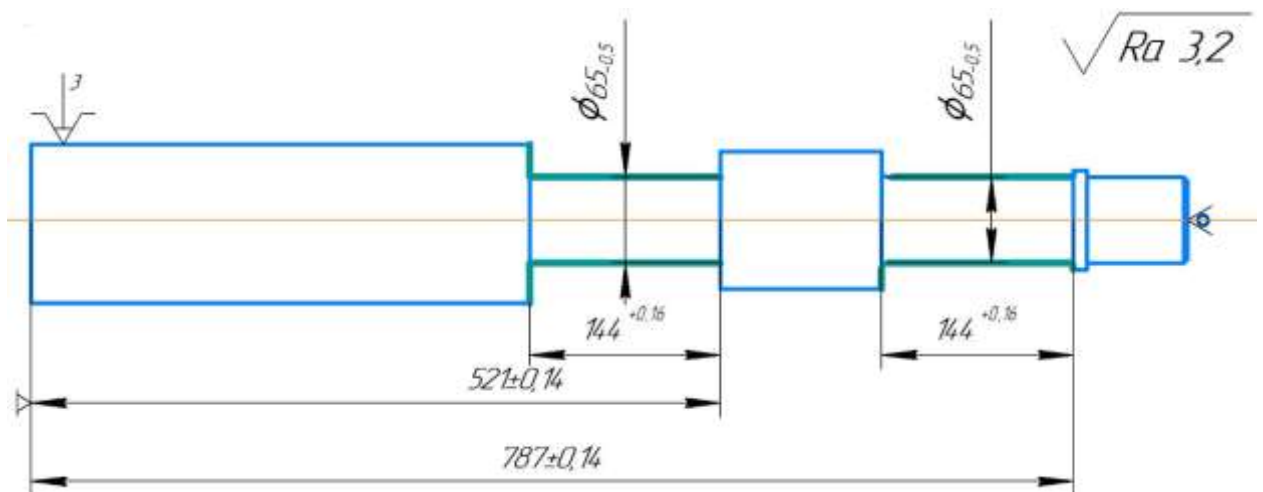


Рисунок 2.3 – Эскиз 010 операции

Операция 010 (рисунок 2.3). На данной операции осуществляется точение цилиндрических поверхностей.

Комплект баз: двойная направляющая и опорная базы.

Станочные приспособления: 3-х кулачковый патрон.

Применяемое оборудование: токарный станок 1М63Н (рисунок 2.2).

Режущий инструмент: проходной резец (2103-0057 Т5К10).

Мерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89, микрометр.

										Лист
										15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.451.000					

## Операция 015 Токарная.

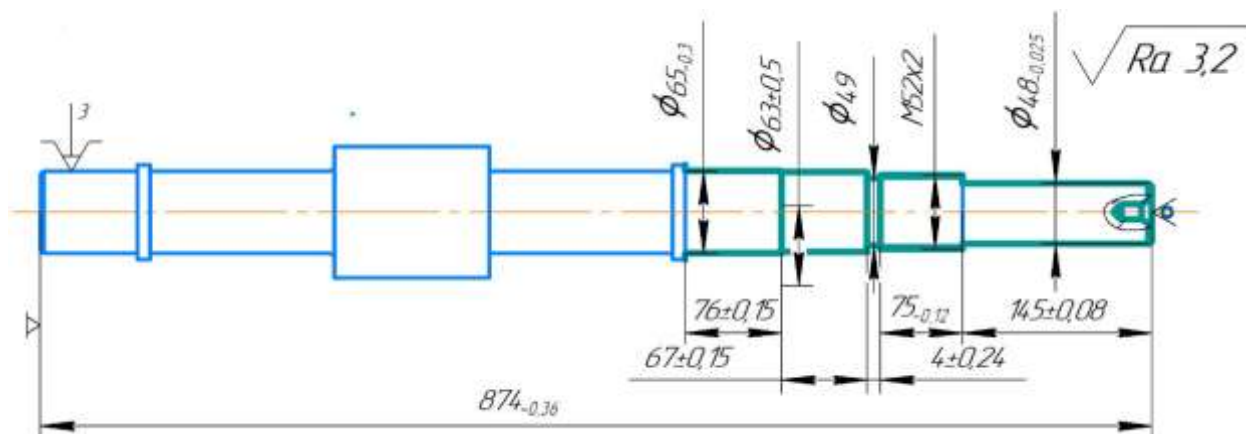


Рисунок 2.4 – Эскиз 015 операции

Операция 015 (рисунок 2.4). На данной операции осуществляется точение цилиндрических поверхностей, прорезание канавки, нарезание резьбы.

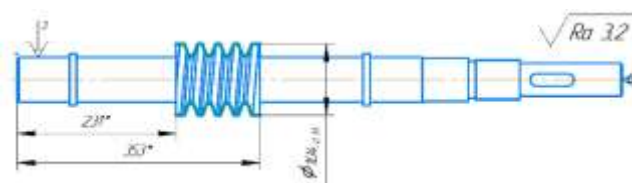
Комплект баз: двойная направляющая и опорная базы.

Станочные приспособления: 3-х кулачковый патрон.

Применяемое оборудование: токарный станок 1М63Н (рисунок 2.2).

Режущий инструмент: проходной резец (2103-0057 Т5К10), канавочный резец (ВК80013), резьбовой резец (2660-007 Т5К6).

Мерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89, ШЦ-III-1000-0,1 ГОСТ 166-89, микрометр, резьбовой шаблон.



Модуль	<i>m</i>	<i>B</i>
Число заходов	<i>z</i>	1
Вид червяка		ЗА
Делительный угол подъема	$\gamma$	5°11'40"
Направление линии витка	-	правое
Исходный червяк		ГОСТ 18036-73
Степень точности по ГОСТ 3675-81		7-с
Толщина витка в нормальном сечении	<i>S</i>	12,51
Измерительная высота	<i>h<sub>m</sub></i>	<i>B</i>
Делительный диаметр	<i>d<sub>1</sub></i>	63
Диаметр впадин	<i>d<sub>f</sub></i>	68,8

Рисунок 2.5 – Эскиз 020 операции



Операция 020 (рисунок 2.5). На данной операции осуществляется нарезание червячной резьбы.

Комплект баз: двойная направляющая и опорная базы.

Станочные приспособления: 3-х кулачковый патрон.

Применяемое оборудование: токарный станок 1М63Н (рисунок 2).

Режущий инструмент: модульный резец .

Операция 20.Фрезерная

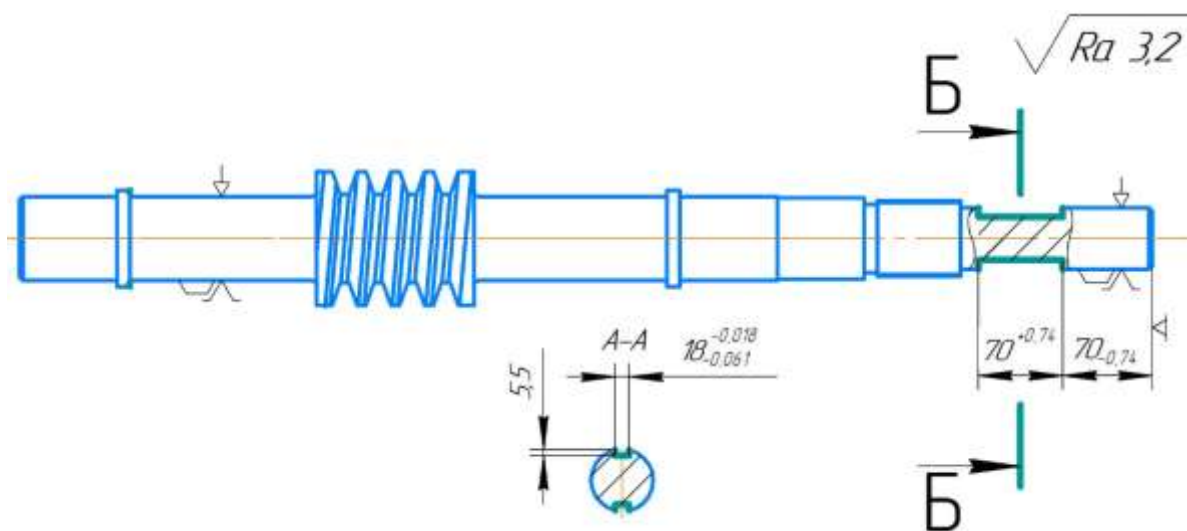


Рисунок 2.6 – Эскиз 020 операции

Операция 020 (рисунок 2.6). На данной операции осуществляется фрезерование шпоночных пазов.

Комплект баз: двойная направляющая и опорная базы.

Станочные приспособления: призмы с зажимом.

Применяемое оборудование: вертикально-фрезерный станок ВМ127М (рисунок 2.11).

Режущий инструмент: шпоночная фреза (18 ПШ Р6М5).

Мерительный инструмент: масштабная линейка, индикатор, шаблон паза.



Рисунок 2.7 – Вертикально-фрезерный станок VM127M

Операция 025 Термическая.

Операция 025. На данной операции осуществляется термическая обработка поверхностей 1,2,3 (рисунок 2.8), для дальнейшего шлифования.

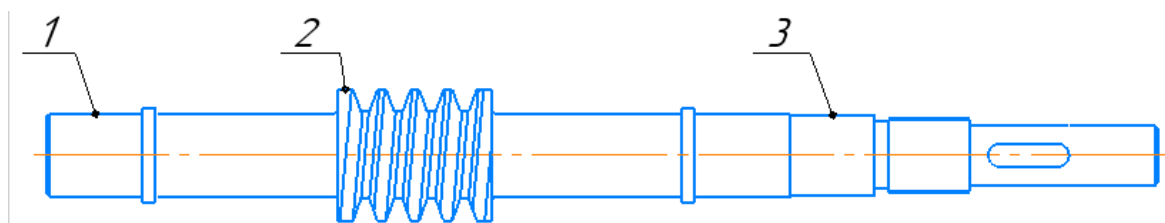


Рисунок 2.8 – эскиз детали с указанием поверхностей, требующих термообработки

Операция 30.Шлифовальная

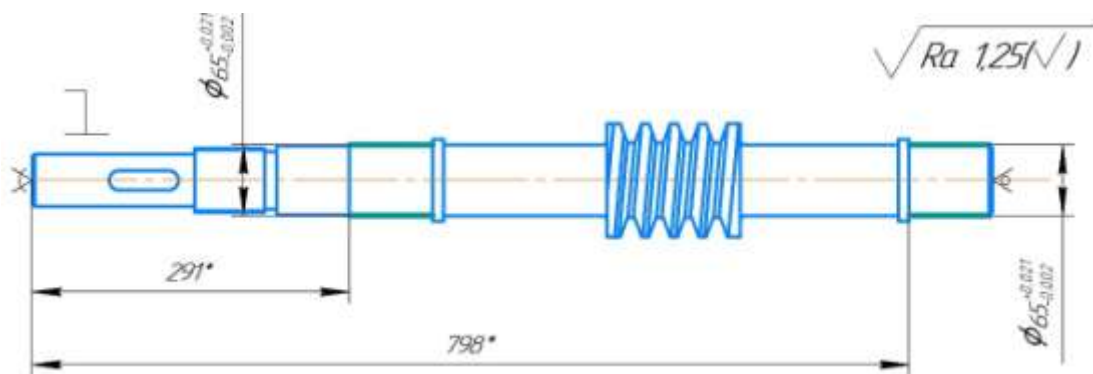


Рисунок 2.9 – Эскиз 030 операции

									Лист
									18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.451.000				

Операция 030 (рисунок 2.9). На данной операции осуществляется шлифование цилиндрических поверхностей.

Станочные приспособления: центра.

Применяемое оборудование: кругло-шлифовальный станок 3Б151 (рисунок 2.10).

Режущий инструмент: дисковый круг.

Мерительный инструмент: образцы шероховатости поверхности.



Рисунок 2.10 – Кругло-шлифовальный станок 3Б151

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

## Операция 035.Шлифовальная

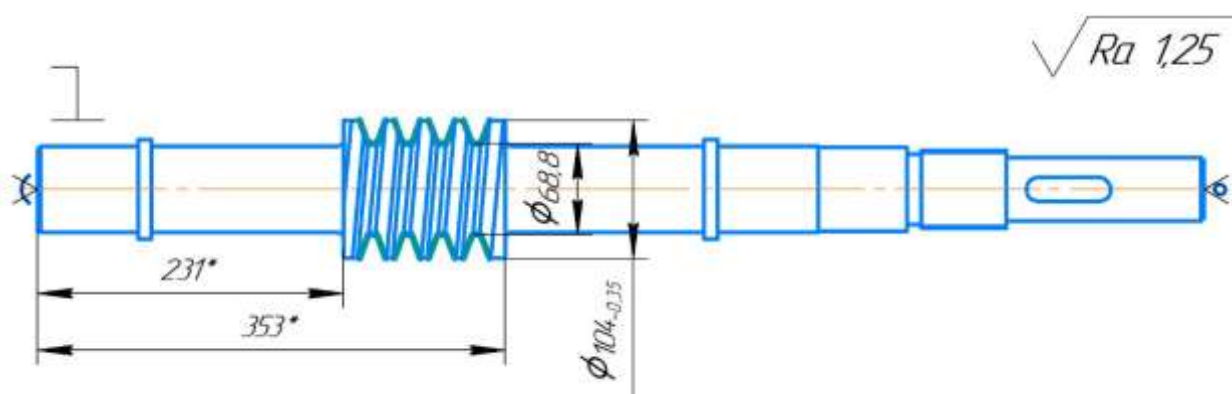


Рисунок 2.11 – Эскиз 040 операции

Операция 035 (рисунок 2.11). На данной операции осуществляется шлифование боковых поверхностей червяка, которые входят в зацепление.

Станочные приспособления: центра.

Применяемое оборудование: кругло-шлифовальный станок 3Б151.

Режущий инструмент: дисковый круг с конусными сторонами, установка под углом в вертикальной плоскости.

Мерительный инструмент: образцы шероховатости поверхности.

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса.

Целью размерного анализа (рисунок 2.12) является расчет припусков, замыкающих звеньев и выявления брака.

В действующем варианте технологического процесса присутствуют три замыкающих звена, необходим расчёт замыкающих звеньев, припусков, межоперационных размеров и минимального размера заготовки.

Для действующего варианта ТП составим размерную схему. Затем составим уравнения замыкающих звеньев, припусков и определим размеры заготовки.

Рассчитаем минимальные припуски на обработку. Минимальный припуск рассчитывается по формуле:

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

где  $Rz$  – величина шероховатости поверхности, полученная на предшествующей операции;  $Df$  – величина дефектного слоя.

Горячекатанный прокат обычной точности имеет  $Rz = 80$  мкм и  $Df = 100$  мкм, соответственно получаем:

$$z_{min} = 80 + 100 = 180 \text{ мкм} = 0,18 \text{ мм}.$$

					<i>ЮУрГУ.150305.2019.451.000</i>	<i>Лист</i>
						21
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

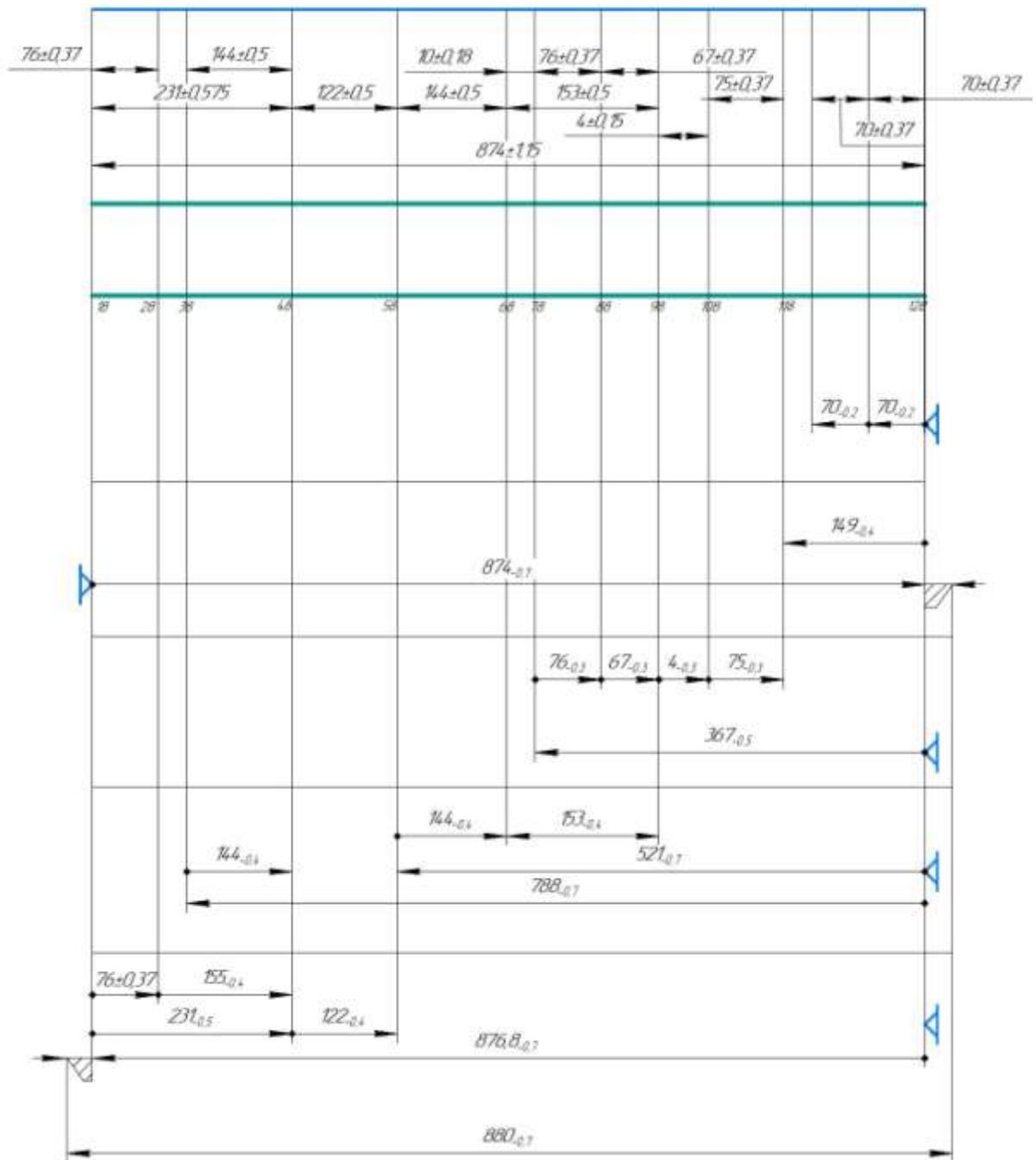
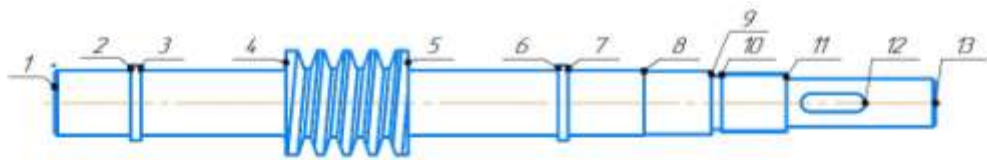


Рисунок 2.12 – Проверочный расчет размерной цепи действующего технологического процесса

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ.150305.2019.451.000

Для определения допусков на размеры составляющих звеньев замыкающих звеньев найдем число единиц допуска  $k$ :

$$k = \frac{T\Delta}{\sum_{j=1}^{m-1} i_j}$$

где

$i_j$ - единица допуска, характеризующая ту часть допуска, которая меняется с изменением размера

$T\Delta$ -допуск замыкающего звена

Определим число единицы допуска для составляющих звеньев замыкающего звена [18...48]

$$k = \frac{1150}{2,52 + 4,94 + 5} = 87$$

10 квалитет

Таким же образом определим квалитет замыкающего звена [48...58]

Единица допуска для составляющих звеньев замыкающего звена [69...99] рассчитывается с помощью метода максимума-минимума

$$i = t \cdot \sqrt{\frac{1}{\sqrt{6}} \cdot \sum_{i=1}^{i-1} (i)^2}$$

$$i = 3 \cdot \sqrt{\frac{1}{\sqrt{6}} \cdot (0,73^2 + 1,86^2 + 2,52^2 + 5,75^2 + 5,75^2 + 4,32^2 + 2,52^2)}$$

$$= 12,35$$

Найдем число единиц допуска

$$k = \frac{1000}{12,35} = 80,97$$

Таким образом мы определили, что на всех составляющих звеньях замыкающих звеньев у нас будет допуск по 10 квалитету, назначим его.

Запишем уравнения замыкающих звеньев:

$$[18 \dots 48] = [48 \dots 38] - [38 \dots 147] + [147 \dots 18]$$

$$[48 \dots 58] = -[58 \dots 147] + [147 \dots 38] - [38 \dots 48]$$

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$[68 \dots 98] = -[98 \dots 108] - [108 \dots 118] - [118 \dots 148] + [148 \dots 18] \\ - [18 \dots 147] + [147 \dots 58] - [58 \dots 68]$$

Запишем уравнения для нахождения припусков:

$$[148 \dots 147] = [147 \dots 18] - [18 \dots 148]$$

$$[47 \dots 48] = [48 \dots 38] - [38 \dots 147] + [147 \dots 18] - [18 - 47]$$

$$[58 \dots 57] = (57 \dots 47) + (47 \dots 18) - (18 \dots 147) + (147 \dots 58)$$

$$[17 \dots 18] = -(18 \dots 147) + (147 \dots 17)$$

Результаты расчетов приведены в приложении А.

#### 2.1.4 Выводы по разделу

Исходная заготовка поступает на завод в виде горячекатаного проката. Профиль круглый, диаметр 110 мм. Материал исходной заготовки является: Сталь 45. Этот вид заготовки является неэффективным условиях крупносерийного производства по причине низкого коэффициента использования материала  $\approx 0,4$ . В данных технологический процесс необходимо внести следующие измерения:

- 1) Автоматизировать технологический процесс.
- 2) Уменьшить количество операция в маршрутной технологической карте, заменить операции переходами для концентрации операций в соответствии с ГОСТ.
- 3) Заменить тесы при фрезеровании шпоночного паза на механизированное специальное приспособление.
- 4) Заменить устаревшие станки на новые высокопроизводительные станки с ЧПУ.
- 5) Поменять режущий инструмент, так как в качестве режущего инструмента, в данном технологическом процессе применяются цельные инструменты, применение данного инструмента оправдано в крупносерийном производстве. В мелкосерийном и среднесерийном производстве целесообразно использовать инструмент со сменными твердосплавными пластинами, особенно в том случае, если стоит задача автоматизации технологических процессов, что особенно



актуально в условиях мелко- и среднесерийного производства, где номенклатура выпускаемых изделий может меняться достаточно часто.

## 2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «Вал червячный»

### 2.2.1 Выбор и обоснование способа получения исходной заготовки

На этапе проектирования технологического процесса в качестве первоочередной решается задача выбора способа получения заготовки.

Основными исходными данными для решения данной задачи являются:

- рабочий чертеж детали и технические требования на ее изготовление;
- сборочный чертеж узла с описанием условий работы детали в этом узле;
- материал детали с указанием пределов его физико-механических свойств;
- годовая программа и серийность выпуска.

При анализе действующего технологического процесса видно, что при использовании в качестве заготовки горячекатаного проката КИМ низок, исходя из этого, необходим выбор нового способа получения заготовки который приблизит форму заготовки к форме готовой детали.

Червячный вал редуктора представляет собой деталь типа тела вращения и имеет габаритные размеры 104x874. Проектная партия выпуска деталей составляет 4000 штук. Материал детали – Сталь 45.

Основные способы получения заготовок для деталей типа «вал»:

- Прокат
- Ковка
- Штамповка

Для проектного технологического процесса выбираем способ получения заготовки – штамповка на кривошипном горячештамповочном прессе.

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Преимущества КГШП перед молотами:

- производительность выше в 1,5-2 раза;
- бесшумные и более благоприятные условия работы;
- более точные поковки по высоте и смещения штампов;
- возможность автоматизации процесса.

С помощью горячей штамповки в закрытых штампах выполняется поставленная задача- приближение формы заготовки к форме готовой детали.

Эскиз получаемой заготовки представлен на рисунке 2.13

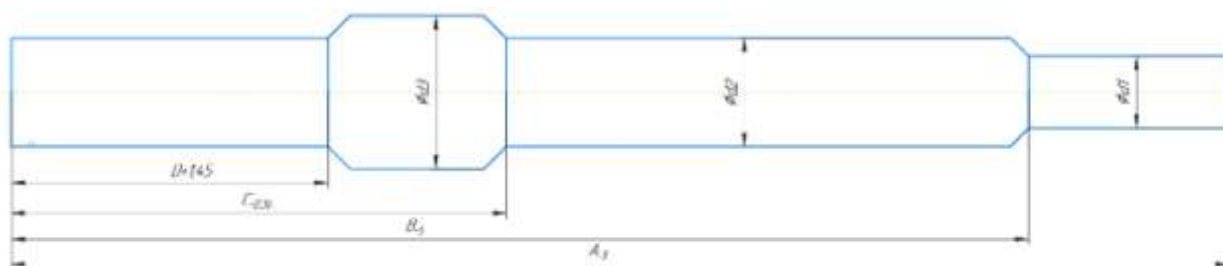


Рисунок 2.13 – Эскиз заготовки

## 2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования

При выборе основного технологического оборудования необходимо учитывать все новейшие технологии в области обработки металла. Основная задача состоит в том, чтобы выбранное оборудование могло обеспечить необходимую точность заданную в конструкторском чертеже детали и его использование должно быть выгодным в условиях массового производства.

В современных условиях производители и поставщики обеспечили широкий выбор оборудования для различных видов обработки. Так как практически каждый токарный станок с ЧПУ способен обеспечить требуемую точность деталей, обрабатываемых на участке. Для механической обработки детали на операциях 05 и 010 применяется токарный станок с ЧПУ DMG MORI серии NTX 2000 (рисунок 2.14).

Данная модель NTX 2000 представляет собой компактный интегрированный обрабатывающий центр, предназначенный для высокоэффективной обработки деталей сложной формы и отличающийся

прекрасными характеристиками фрезерования и токарной обработки.

Второе поколение NTX 2000 разработано с учетом пожеланий и требований клиентов к данной модели, что позволило добиться высокой надежности. Станок оснащен системой управления CELOS® на основе сенсорной панели, которая является новым словом в области современных систем управления, и отличается эргономичным дизайном, что значительно отличает ее от привычного заводского оборудования. Станок второго поколения вобрал в себя самые современные технологии, обеспечивающие автоматизацию, высокую точность и энергоэффективность.

Основные технические характеристики станка представлены в приложении Б.



Рисунок 2.14 – Токарный станок DMG MORI NTX 2000

Для операции 005 (фрезерно-центровальной) используется фрезерно-центровальный станок XZK8230-3000 с ЧПУ (рисунок 2.15). Он необходим для ускорения процесса обработки детали, данный станок хорошо встраивается в ГПС.

Данный станок имеет программное обеспечение Sinumerik 840 Di. Предназначен для фрезерования торцевых поверхностей и сверления центровых отверстий. Выбор сделан в пользу данного станка, так как данное оборудование имеет числовое программное обеспечение и обладает высокой

										Лист
										27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.451.000					

производительностью. Основные технические характеристики станка представлены в приложении В.



Рисунок 2.15 – Фрезерно-центровальный станок с ЧПУ XZK8230-3000

Для фрезерования шпоночного паза используем вертикально-фрезерный станок 6Т12 (рисунок 2.16). Вертикально-фрезерный станок 6Т12 (6Р12) предназначен для выполнения разнообразных фрезерных, сверлильных и расточных работ при обработке деталей любой формы из стали, чугуна, цветных металлов, их сплавов и других материалов.

Поворотная шпиндельная головка станков оснащена механизмом ручного осевого перемещения гильзы шпинделя, что позволяет производить обработку отверстий, ось которых расположена под углом до  $\pm 45^\circ$  к рабочей поверхности стола.

Мощность приводов и высокая жесткость станков позволяют применять фрезы, изготовленные из быстрорежущей стали, а также инструмент, оснащенный пластинками из твердых и сверхтвердых синтетических материалов.

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 2.16 – Вертикально-фрезерный станок 6Т12

Особенности конструкции:

- механизированное крепление инструмента в шпинделе;
- механизм пропорционального замедления подачи;
- устройство периодического регулирования величины зазора в винтовой паре продольной подачи;
- предохранительная муфта защиты привода подач от перегрузок;
- торможение горизонтального шпинделя при остановке электромагнитной муфтой;
- устройство защиты от разлетающейся стружки.
- разнообразные автоматические циклы работы;
- широкий диапазон частот вращения шпинделя и подач стола;
- большая мощность приводов;
- высокая жесткость;
- надежность и долговечность.

Основные технические характеристики станка представлены в приложении Г.

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для шлифования поверхностей, требующих высокой точности используем

круглошлифовальный универсальный полуавтомат 3М132В (рисунок 21).

Полуавтомат круглошлифовальный 3М132В предназначен для наружного и внутреннего шлифования цилиндрических (диаметром до 280 мм и длиной до 1000 мм), конических и фасонных поверхностей, а также плоских фланцевых поверхностей изделий, в условиях единичного и серийного производства.



Рисунок 2.17 – Полуавтомат круглошлифовальный 3М132В

На полуавтоматах в обычном исполнении механизм поперечных подач шлифовальной бабки обеспечивает ручные и автоматические поперечные подачи, позволяет производить настройку на общую величину снимаемого припуска и величину припуска, снимаемого при чистовом шлифовании.

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

Механизм обеспечивает автоматическое переключение с черновой подачи на чистовую с помощью командоаппарата, размещенного в корпусе механизма.

На полуавтоматах предусмотрена возможность установки приборов активного контроля с навесной и настольной скобами.

Приборы активного контроля позволяют:

- повысить точность измерения;
- увеличить скорость настройки на размер за счет быстрого действия цилиндра и свободного перемещения подвижных частей прибора под действием постоянных усилий независимо друг от друга на всей длине хода;
- ликвидировать возможные ошибки, обусловленные вибрациями верхнего измерительного щупа при вращении детали.

Особенности конструкции станка 3М132В.

- бесступенчатое регулирование угловой скорости изделия, продольных и поперечных подач гарантируют возможность обработки на оптимальных режимах;
- линейная скорость резания основного шлифовального инструмента 50 метров/секунду, угловая скорость обеспечивает высокую производительность и качество обработки;
- сменные шпиндельные головки диаметром 100, 80 и 60 мм гарантируют необходимую скорость резания при обработке отверстий различных диаметров;
- гидростатические опоры шпинделя передней бабки обеспечивают надежную стабильность фиксированного положения его оси при вращении на протяжении всего периода эксплуатации без серьезных затрат на ремонт оборудования;
- индикатор контроля амплитуды колебаний абразивного инструмента с помощью балансировочного устройства быстро решает проблемы, связанные дисбалансом абразивного

		инструмента;			ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- двухступенчатая очистка СОЖ способствует повышению качества обработки и увеличению срока службы смазывающе-охлаждающей жидкости;
- механическая передача винт-гайка качения в механизме подачи обеспечивает точность перемещения шлифовальной бабки на необходимый размер независимо от возникающих внешних динамических нагрузок на бабку;
- гидрофицированный датчик для автоматической правки абразивного инструмента по копиру значительно увеличивает производительность полуавтомата при обработке большого количества деталей;
- точность обработанной цилиндрической поверхности изделия - 3 мкм;
- плоскостность торцовой части изделия - 3,6 мим;
- шероховатость Ra цилиндрических поверхностей - 0,125 мкм;
- шероховатость Ra плоской торцовой части - 0,5 мкм.

Основные технические характеристики станка представлены в приложении Д.

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



### 2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии

Маршрутный технологический процесс представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Маршрутный технологический процесс

Название и номер операции	Оборудование
000 Заготовительная(Штамповка)	
005 Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный станок с ЧПУ XZK8230-3000
010 Комплексная с ЧПУ	DMG MORI NTX 2000
020 Фрезерная	Горизонтально-фрезерный станок 6T12
025 Термическая	
030 Шлифовальная	Круглошлифовальный полуавтомат 3M132B
035 Шлифовальная	Круглошлифовальный полуавтомат 3M132B
040 Моечная операция	
045 Контрольная	

Операционный технологический процесс:

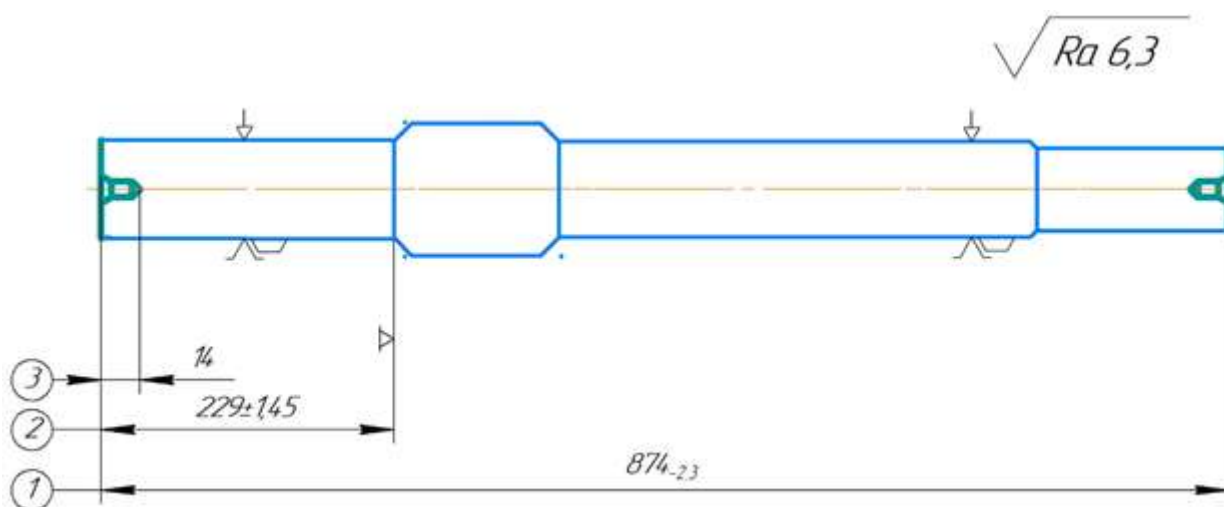
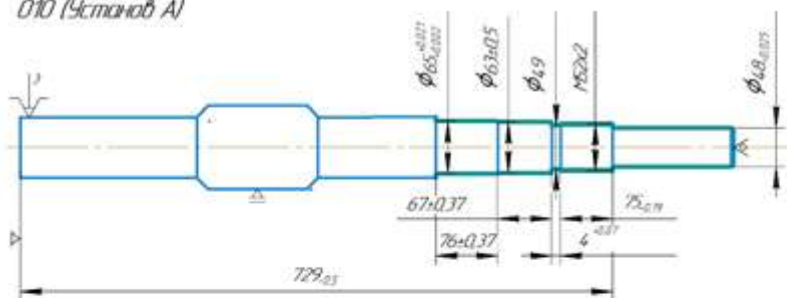


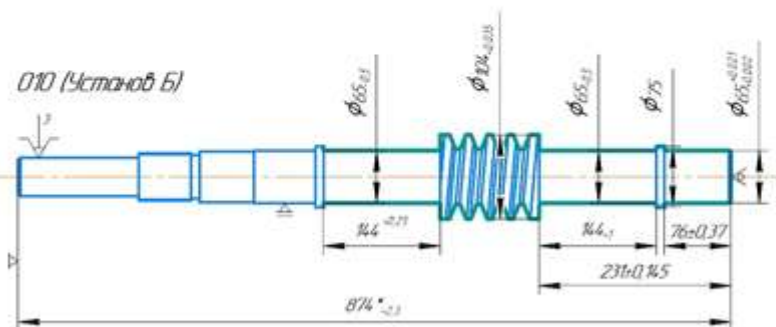
Рисунок 2.18 – Эскиз 005 операции

010 (Установ А)

$\sqrt{Ra\ 3,2}$



010 (Установ Б)



Модуль	<i>m</i>	8
Число заходов	<i>z</i>	1
Вид червяка		ZA
Делительный угол подъема	$\gamma$	5°14'40"
Направление линии витка	-	правое
Исходный червяк		ГОСТ 19036-73
Степень точности по ГОСТ 3675-81		7-с
Толщина витка в нормальном сечен	<i>S</i>	12,51
Измерит. высота	<i>hm</i>	8
Делительный диаметр	<i>d1</i>	88
Диаметр впадин	<i>df</i>	68,8

Рисунок 2.19 – Эскиз 010 операции

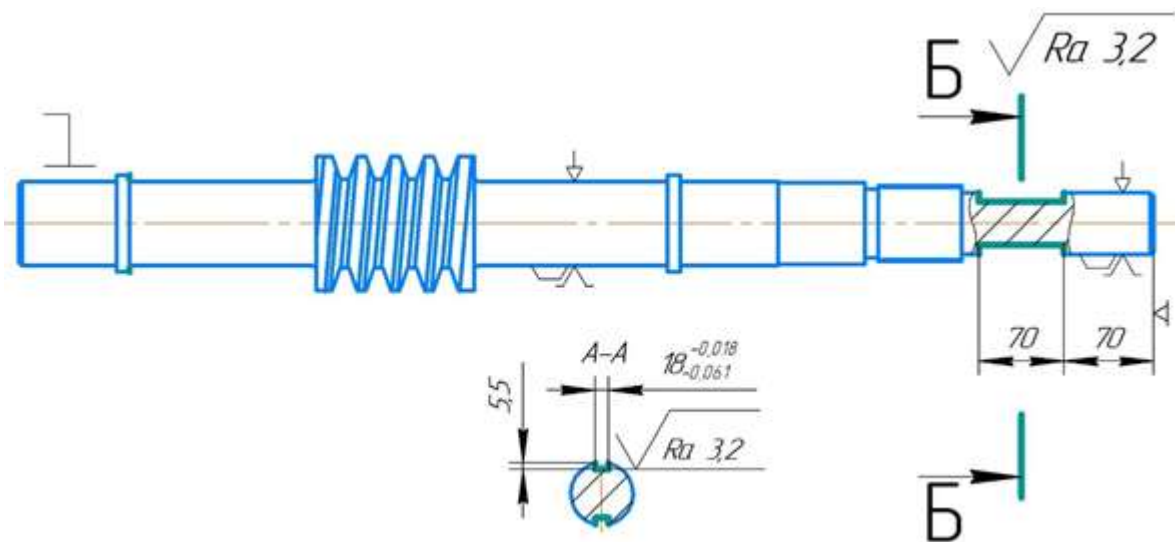


Рисунок 2.20 – 015 операция

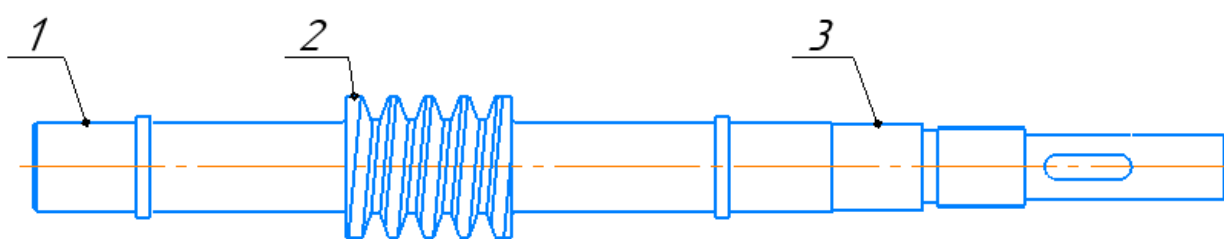


Рисунок 2.21 – 020 операция

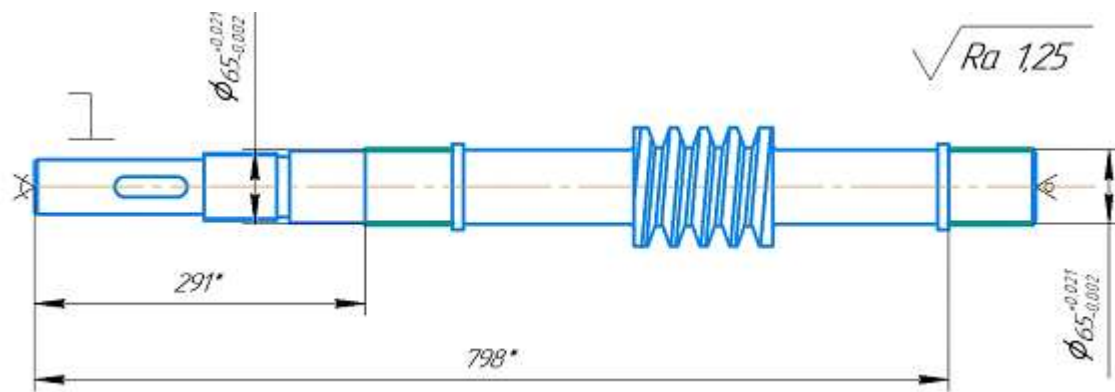


Рисунок 2.22 – Эскиз 025 операции

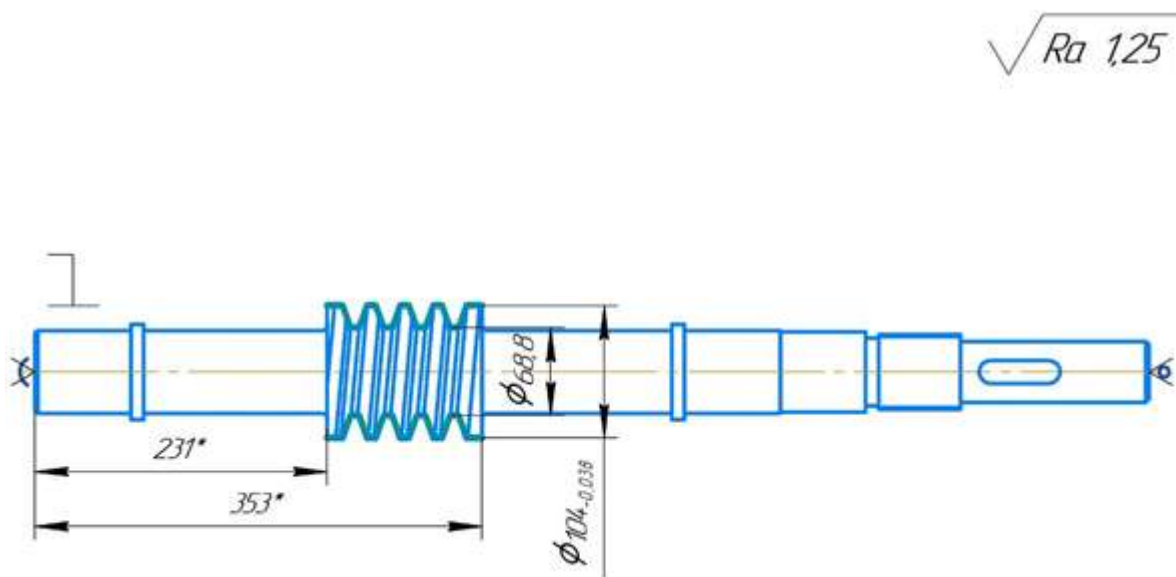


Рисунок 2.23 – Эскиз 030 операции

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ.150305.2019.451.000

## 2.4 Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса

Размерная схема представлена на рисунке 2.28.

В проектном варианте технологического процесса присутствует одно замыкающее звено, необходим расчёт замыкающего звена, припусков, межоперационных размеров и минимального размера заготовки.

Для проектного варианта ТП составим размерную схему. Затем составим уравнения припусков и определим размеры заготовки.

Рассчитаем минимальные припуски на обработку. Минимальный припуск рассчитывается по формуле:

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

где  $Rz$  – величина шероховатости поверхности, полученная на предшествующей операции;  $Df$  – величина дефектного слоя.

Обычная штамповка имеет  $Rz = 100$  мкм и  $Df = 150$  мкм, соответственно получаем:

$$z_{min} = 250 + 400 = 650 \text{ мкм} = 0,65 \text{ мм.}$$

Расчёт и размерная схема проектного варианта технологического процесса представлена в приложении Е.

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

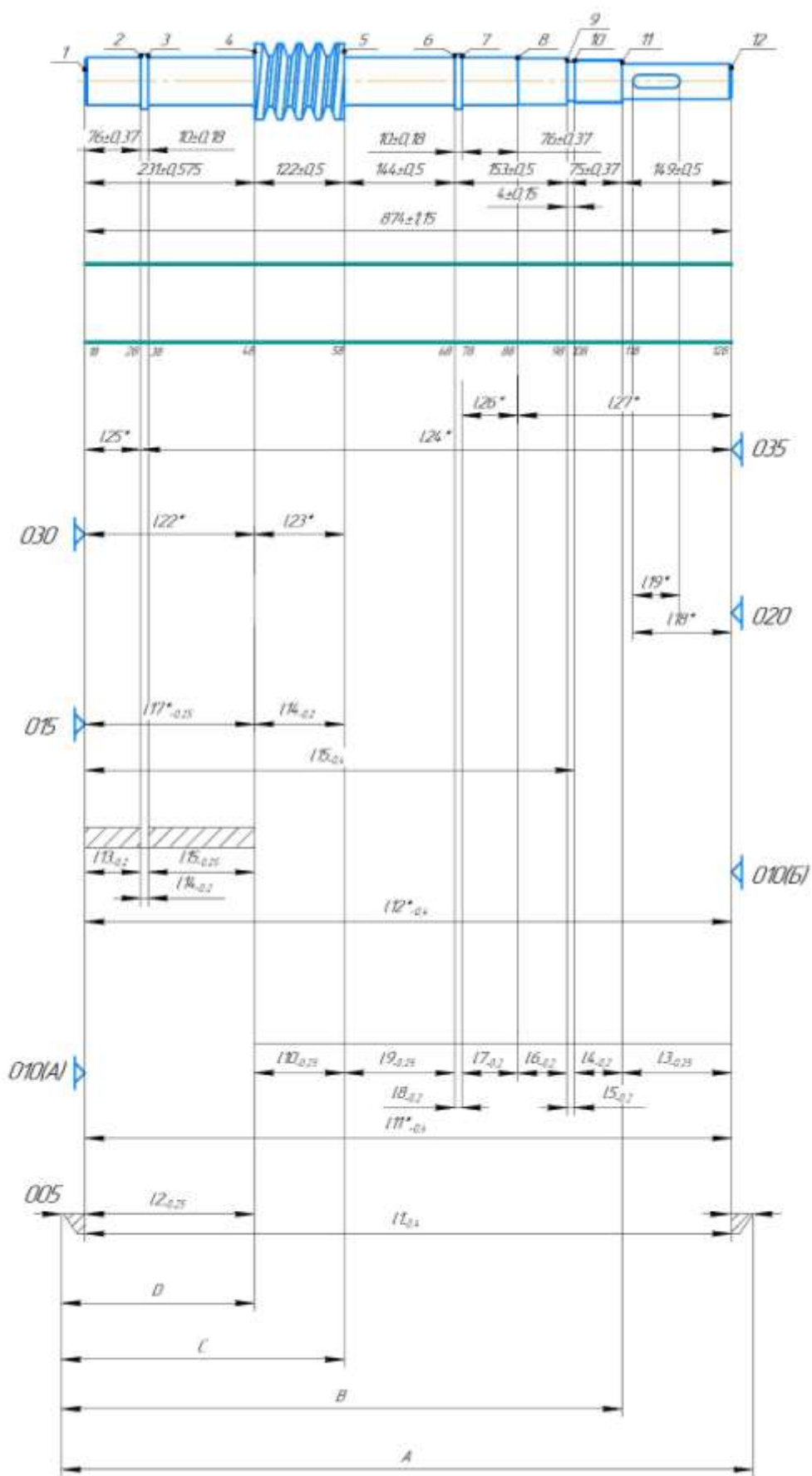


Рисунок 2.24 – Проверочный расчет размерной цепи проектного технологического процесса

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для определения допуска на размеры составляющих звеньев замыкающего звена найдем число единиц допуска  $k$ :

$$k = \frac{T\Delta}{\sum_{j=1}^{m-1} i_j}$$

где

$i_j$ - единица допуска, характеризующая ту часть допуска, которая меняется с изменением размера

$T\Delta$ -допуск замыкающего звена

Определим единицу допуска для составляющих звеньев замыкающего звена [68...98] рассчитывается с помощью метода максимума-минимума

$$i = t \cdot \sqrt{\frac{1}{\sqrt{6}} \cdot \sum_{i=1}^{i-1} (i)^2}$$

$$i = 3 \cdot \sqrt{\frac{1}{\sqrt{6}} \cdot (0,73^2 + 1,86^2 + 4,94^2 + 2,89^2 + 2,52^2 + 2,52^2)} = 13,475$$

Найдем число единиц допуска

$$k = \frac{1000}{13,475} = 74,21$$

10 квалитет

Таким образом мы определили, что на составляющих звеньях замыкающего звена у нас будет допуск по 10 квалитету, назначим его.

Запишем уравнение замыкающего звена:

$$[68 \dots 98] = -[98 \dots 108] - [108 \dots 118] + [118 \dots 18] - [18 \dots 48] - [48 \dots 58] - [58 \dots 68]$$

Запишем уравнения для нахождения припусков:

$$[47 \dots 48] = [48 \dots 18] - [18 \dots 47]$$

$$[58 \dots 57] = [57 \dots 18] - [18 \dots 48] - [48 \dots 58]$$

$$[118 \dots 117] = [117 \dots 18] - [18 \dots 118]$$

$$[148 \dots 147] = [18 - 147] - [18 + 148]$$

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Результаты расчетов приведены в приложении Е

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

При точении обработка может производиться за один или несколько проходов в зависимости от точности и диаметра заготовки и требуемой точности и диаметра детали. Метод получения заготовки детали «вал» горячекатаный прокат (НВ 170-179 и  $\sigma_B=640$  МПа).

Расчет для операций точения проводится по нормам общемашиностроительных нормативов. [5]

На Операции 005 (Токарная с ЧПУ) необходимо получить поверхности по 8 качеству. Для этого заготовка обрабатывается в две стадии обработки – получистовая и чистовая. [5, карта 1, с.36]. Глубина резания при получистовой обработке определяется по карте 2.

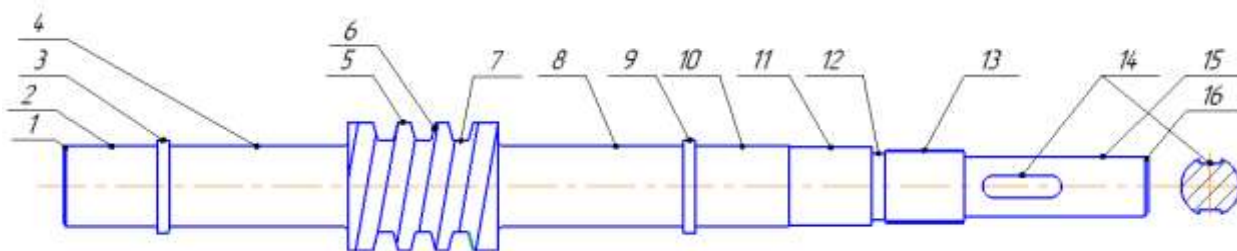


Рисунок 2.25 – обрабатываемые поверхности детали

Черновая стадия обработки для цилиндрических поверхностей: 15,13,11,10,5.

Глубина резания:  $t=2$  мм (пов-ть 15)  $t=18,7$  мм (пов-ть 13)

$t=12,7$  мм (пов-ть 11)  $t=10,7$  (пов-ть 10)  $t=3,75$  мм(пов-ть 5)

Подача рассчитывается по формуле:

$$S = S_{от} \cdot K_{сн} \cdot K_{сп} \cdot K_{сд} \cdot K_{sh} \cdot K_{см} \cdot K_{sy} \cdot K_{сп} \cdot K_{сф} \cdot K_{sj}$$

где  $S_{от} = 0,48$  мм/об для поверхностей,11,10;

$S_{от} = 0,45$  мм/об для поверхности 13,15;

$S_{от} = 0,63$  мм/об для поверхности 5;

$K_{сн} = 1,0$  – инструментального материала;

$K_{сп} = 1,1$  – способа крепления пластины;

$K_{sd} = 1,0$  – сечения державки;

$K_{sh} = 0,9$  – прочности режущей части;

$K_{sm} = 1,05$  – механических свойств обрабатываемого материала;

$K_{sy} = 1,08$  – схемы установки заготовки;

$K_{sp} = 1,0$  – состояния поверхности заготовки;

$K_{sf} = 1,0$  – геометрических параметров резца;

$K_{sj} = 1,1$  – жесткости станка.

Тогда подача для обработки поверхностей 11,10:

$$S1 = 0,48 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,05 \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 = 0,5927 \text{ мм/об.}$$

Сила резания:

Табличные значения составляющих сил резания:

$$P_{xt} = 4400 \text{ Н}; P_{yt} = 840 \text{ Н.}$$

Подача, для поверхности 13,15:

$$S2 = 0,45 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,05 \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 = 0,5557 \text{ мм/об.}$$

Сила резания:

Табличные значения составляющих сил резания для поверхности 15:

$$P_{xt} = 750 \text{ Н}; P_{yt} = 270 \text{ Н.}$$

Табличные значения составляющих сил резания для поверхности 13:

$$P_{xt} = 5300 \text{ Н}; P_{yt} = 1240 \text{ Н.}$$

Подача, для поверхности 5:

$$S3 = 0,63 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,05 \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 = 0,778 \text{ мм/об.}$$

Сила резания:

Табличные значения составляющих сил резания для поверхности 5:

$$P_{xt} = 2200 \text{ Н}; P_{yt} = 510 \text{ Н.}$$

Скорость и мощность резания поверхностей 13 [5, карта 21, с.80]:

$$V_T = 113 \text{ м/мин}, N_T = 23 \text{ кВт.}$$

Скорость и мощность резания поверхностей 11,10 [5, карта 21, с.80]:

$$V_T = 117 \text{ м/мин}, N_T = 21 \text{ кВт.}$$

Скорость и мощность резания для поверхности 15

[5, карта 21, с.80]:

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



$$V_T = 172 \text{ м/мин}, N_T = 8,9 \text{ кВт.}$$

Скорость и мощность резания для поверхности 5

[5, карта 21, с.80]:

$$V_T = 137 \text{ м/мин}, N_T = 12 \text{ кВт.}$$

Формула для расчёта скорости:

$$V = V_T \cdot K_{\text{вн}} \cdot K_{\text{вс}} \cdot K_{\text{во}} \cdot K_{\text{vj}} \cdot K_{\text{вф}} \cdot K_{\text{вт}} \cdot K_{\text{вж}},$$

где  $K_{\text{вн}} = 1$  – инструментального материала;

$K_{\text{вс}} = 1$  – группы обрабатываемости материала;

$K_{\text{во}} = 1$  – вида обработки;

$K_{\text{vj}} = 1,1$  – жесткости станка;

$K_{\text{вм}} = 1,1$  – механических свойств обрабатываемого материала;

$K_{\text{вф}} = 1$  – геометрических параметров резца;

$K_{\text{вт}} = 1$  – периода стойкости режущей части;

$K_{\text{вж}} = 1$  – наличия охлаждения.

Скорость резания с учетом поправочных коэффициентов для поверхностей 13:

$$V = 113 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 124,3 \text{ м/мин.}$$

Скорость резания с учетом поправочных коэффициентов для поверхностей 10,11:

$$V = 117 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 128,7 \text{ м/мин.}$$

Скорость резания с учетом поправочных коэффициентов для поверхности 15:

$$V = 172 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 189,2 \text{ м/мин.}$$

Скорость резания с учетом поправочных коэффициентов для поверхности 5:

$$V = 137 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 150,7 \text{ м/мин.}$$

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Поправочный коэффициент [5, карта 24, с. 85] на мощность резания в зависимости от механических свойств обрабатываемого материал  $K_{NM} = 0,85$ .

Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

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

где  $D$  – диаметр обработки, мм.

При подстановке:

$$n = \frac{1000 \cdot 172}{3,14 \cdot 48} = 1140 \text{ об/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 124,3}{3,14 \cdot 54} = 730 \text{ об/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 128,7}{3,14 \cdot 63} = 650 \text{ об/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 128,7}{3,14 \cdot 65} = 630 \text{ об/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 150,7}{3,14 \cdot 104} = 460 \text{ об/мин.}$$

Минутная подача определяется по формуле:

$$S_M = S_o \cdot n,$$

$$S_M = 0,5557 \cdot 1140 = 633,5 \text{ мм/мин.}$$

$$S_M = 0,5557 \cdot 730 = 405,7 \text{ мм/мин.}$$

$$S_M = 0,5927 \cdot 650 = 385,2 \text{ мм/мин.}$$

$$S_M = 0,5927 \cdot 630 = 373,4 \text{ мм/мин.}$$

$$S_M = 0,778 \cdot 460 = 357,8 \text{ мм/мин.}$$

Основное время:

$$T_o = \frac{L}{S_M},$$

Время на получистовой стадии:

$$T_o = \frac{149}{633,5} = 0,235 \text{ мин.}$$

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$T_o = \frac{75}{405,7} = 0,185 \text{ мин.}$$

$$T_o = \frac{67}{385,2} = 0,174 \text{ мин.}$$

$$T_o = \frac{76}{373,4} = 0,203 \text{ мин.}$$

$$T_o = \frac{122}{357,8} = 0,340 \text{ мин.}$$

Получистовая стадия для цилиндрических поверхностей: 15,13,11,10,5.

Выбор глубины резания:

Глубина резания:  $t=1,3$  мм (пов-ть 15)  $t=1,5$  мм (пов-ти 13,11,10)

$t=1,75$  мм(пов-ть 5)

Подача рассчитывается по формуле:

$$S = S_{от} \cdot K_{си} \cdot K_{сп} \cdot K_{сд} \cdot K_{sh} \cdot K_{см} \cdot K_{sy} \cdot K_{сп} \cdot K_{сф} \cdot K_{sj}$$

где  $S_{от} = 0,27$  мм/об для поверхностей 15,13,11,10;

$S_{от} = 0,43$  мм/об для поверхности 5;

$K_{си} = 1,0$  – инструментального материала;

$K_{сп} = 1,1$  – способа крепления пластины;

$K_{сд} = 1,0$  – сечения державки;

$K_{sh} = 0,9$  – прочности режущей части;

$K_{см} = 1,05$  – механических свойств обрабатываемого материала;

$K_{sy} = 1,08$  – схемы установки заготовки;

$K_{сп} = 1,0$  – состояния поверхности заготовки;

$K_{сф} = 1,0$  – геометрических параметров резца;

$K_{sj} = 1,1$  – жесткости станка.

Тогда подача для обработки поверхностей 15,13,11,10:

$$S1 = 0,27 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,05 \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 = 0,3334 \text{ мм/об.}$$

Сила резания:

Табличные значения составляющих сил резания:

$$P_{хт}=630 \text{ Н; } P_{вт}=230 \text{ Н.}$$

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Подача, для поверхности 5:

$$S_2 = 0,43 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,05 \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 = 0,5310 \text{ мм/об.}$$

Сила резания:

Табличные значения составляющих сил резания:

$$P_{\text{хт}} = 750 \text{ Н}; P_{\text{ут}} = 270 \text{ Н.}$$

Поправочные коэффициенты на силы резания:

$K_{\text{рм}} = 0,95$  – поправочный коэффициент в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала;

$K_{\text{рфх}} = 1,0$  – поправочный коэффициент в зависимости от главного угла в плане;

$K_{\text{рфу}} = 1,0$  – поправочный коэффициент в зависимости от главного угла в плане;

$K_{\text{рγх}} = 0,9$  – поправочный коэффициент в зависимости от переднего угла;

$K_{\text{рγу}} = 0,9$  – поправочный коэффициент в зависимости от переднего угла;

$K_{\text{рλх}} = 1,0$  – поправочный коэффициент в зависимости от угла наклона режущей кромки;

$K_{\text{рλу}} = 1,0$  – поправочный коэффициент в зависимости от угла наклона режущей кромки;

$$P_x = P_{\text{хт}} \cdot K_{\text{рм}} \cdot K_{\text{рфх}} \cdot K_{\text{рγх}} \cdot K_{\text{рλх}} = 538,65 \text{ Н};$$

$$P_y = P_{\text{ут}} \cdot K_{\text{рм}} \cdot K_{\text{рфу}} \cdot K_{\text{рγу}} \cdot K_{\text{рλу}} = 196,65 \text{ Н};$$

$$P_x = P_{\text{хт}} \cdot K_{\text{рм}} \cdot K_{\text{рфх}} \cdot K_{\text{рγх}} \cdot K_{\text{рλх}} = 641,25 \text{ Н};$$

$$P_y = P_{\text{ут}} \cdot K_{\text{рм}} \cdot K_{\text{рфу}} \cdot K_{\text{рγу}} \cdot K_{\text{рλу}} = 230,85 \text{ Н};$$

Скорость и мощность резания поверхностей 15,13,11,10 [5, карта 21, с.80]:

$$V_T = 203 \text{ м/мин}, N_T = 7,5 \text{ кВт.}$$

Скорость и мощность резания для поверхности 5

[5, карта 21, с.80]:

$$V_T = 172 \text{ м/мин}, N_T = 8,9 \text{ кВт.}$$

Формула для расчёта скорости:

$$V = V_T \cdot K_{\text{вн}} \cdot K_{\text{вс}} \cdot K_{\text{во}} \cdot K_{\text{vj}} \cdot K_{\text{вф}} \cdot K_{\text{вт}} \cdot K_{\text{вж}},$$

где  $K_{\text{вн}} = 1$  – инструментального материала;

$K_{\text{вс}} = 1$  – группы обрабатываемости материала;

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$K_{vo} = 1$  – вида обработки;

$K_{vj} = 1,1$  – жесткости станка;

$K_{vm} = 1,1$  – механических свойств обрабатываемого материала;

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

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

$K_{vj} = 1$  – наличия охлаждения.

Скорость резания с учетом поправочных коэффициентов для поверхностей 15,13,11,10:

$$V = 203 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 223,3 \text{ м/мин.}$$

Скорость резания с учетом поправочных коэффициентов для поверхности 5:

$$V = 172 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 189,2 \text{ м/мин.}$$

Поправочный коэффициент [5, карта 24, с. 85] на мощность резания в зависимости от механических свойств обрабатываемого материал  $K_{NM} = 0,85$ .

Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

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

где  $D$  – диаметр обработки, мм.

При подстановке:

$$n = \frac{1000 \cdot 223,3}{3,14 \cdot 48} = 1480 \text{ об/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 223,3}{3,14 \cdot 52} = 1370 \text{ об/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 223,3}{3,14 \cdot 63} = 1130 \text{ об/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 223,3}{3,14 \cdot 65} = 1090 \text{ об/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 189,2}{3,14 \cdot 104} = 580 \text{ об/мин.}$$

Минутная подача определяется по формуле:

$$S_m = S_o \cdot n,$$

					<i>ЮУрГУ.150305.2019.451.000</i>	<i>Лист</i>
						45
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

$$S_M = 0,33 \cdot 1480 = 488,4 \text{ мм/мин.}$$

$$S_M = 0,33 \cdot 1370 = 452,1 \text{ мм/мин.}$$

$$S_M = 0,33 \cdot 1130 = 372,9 \text{ мм/мин.}$$

$$S_M = 0,33 \cdot 1090 = 359,7 \text{ мм/мин.}$$

$$S_M = 0,531 \cdot 580 = 307,98 \text{ мм/мин.}$$

Основное время:

$$T_o = \frac{L}{S_M},$$

Время на получистовой стадии:

$$T_o = \frac{149}{488,4} = 0,305 \text{ мин.}$$

$$T_o = \frac{75}{452,1} = 0,166 \text{ мин.}$$

$$T_o = \frac{67}{372,9} = 0,18 \text{ мин.}$$

$$T_o = \frac{76}{359,7} = 0,211 \text{ мин.}$$

$$T_o = \frac{122}{307,98} = 0,396 \text{ мин.}$$

Чистовая обработка:

Выбор глубины резания :

Глубина резания:  $t=0,7$  мм (пов-ть 15),  $t=0,8$  мм (пов-ти 13,11,10)

$t=0,9$  мм (пов-ть 5)

Выбор подачи:

$S_{OT}=0,3$  мм/об (пов-ть 15,13,11,10),  $S_{OT}=0,28$  (пов-ть 5)

Поправочные коэффициенты в зависимости от [5, карта 8, с.48]:

механических свойств обрабатываемого материала  $K_{SM} = 1,05$ ;

схемы установки заготовки  $K_{SY} = 1,08$ ;

радиуса вершины резца  $K_{SR} = 0,52$ ;

качества обрабатываемой детали  $K_{SK} = 1,0$ ;

угла в плане  $K_{S\phi} = 1,0$ ;

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Подача с учетом коэффициентов:

$$S_O = S_{OT} \cdot K_{SM} \cdot K_{SY} \cdot K_{SR} \cdot K_{SK} \cdot K_{S\phi} \quad (1)$$

$$S_O = 0,3 \cdot 1,05 \cdot 1,08 \cdot 0,52 \cdot 1 \cdot 1 = \underline{0,1769 \text{ мм/об}}$$

$$S_O = 0,28 \cdot 1,05 \cdot 1,08 \cdot 0,52 \cdot 1 \cdot 1 = \underline{0,1651 \text{ мм/об}}$$

Сила резания:

Табличные значения составляющих сил резания:

$$P_{xT} = 530 \text{ Н}; P_{yT} = 160 \text{ Н}.$$

Поправочные коэффициенты на силы резания:

$K_{pM} = 0,9$  – поправочный коэффициент в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала;

$K_{p\phi x} = 1,0$  – поправочный коэффициент в зависимости от главного угла в плане;

$K_{p\phi y} = 1,0$  – поправочный коэффициент в зависимости от главного угла в плане;

$K_{p\gamma x} = 0,9$  – поправочный коэффициент в зависимости от переднего угла;

$K_{p\gamma y} = 0,9$  – поправочный коэффициент в зависимости от переднего угла;

$K_{p\lambda x} = 1,0$  – поправочный коэффициент в зависимости от переднего угла;

$K_{p\lambda y} = 1,0$  – поправочный коэффициент в зависимости от переднего угла;

$$P_x = P_{xT} \cdot K_{pM} \cdot K_{p\phi x} \cdot K_{p\gamma x} \cdot K_{p\lambda x} = 429,3 \text{ Н};$$

$$P_y = P_{yT} \cdot K_{pM} \cdot K_{p\phi y} \cdot K_{p\gamma y} \cdot K_{p\lambda y} = 129,6 \text{ Н};$$

Скорость резания  $V_T = 300$  м/мин [5, карта 22, с.81] Поправочные коэффициенты в зависимости от [5, карта 23, с.82]:

- группы обрабатываемости материала  $K_{vc} = 1$ ;
- вида обработки  $K_{vo} = 1$ ;
- жесткости станка  $K_{vj} = 1,1$ ;
- механических свойств обрабатываемого материала  $K_{vm} = 1,1$ ;
- геометрических параметров резца  $K_{v\phi} = 1$ ;
- периода стойкости режущей части  $K_{vt} = 1$ ;
- наличия охлаждения  $K_{vj} = 1$ .

Скорость резания с учетом поправочных коэффициентов:

$$V = 190 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 = 229,1 \text{ м/мин}.$$

Частота вращения шпинделя:

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$n = \frac{1000 \cdot 229,1}{3,14 \cdot 48} = 1520 \text{ об/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 229,1}{3,14 \cdot 52} = 1400 \text{ об/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 229,1}{3,14 \cdot 63} = 1160 \text{ об/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 229,1}{3,14 \cdot 65} = 1120 \text{ об/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 229,1}{3,14 \cdot 104} = 700 \text{ об/мин.}$$

$$S_M = 0,1769 \cdot 1520 = 268,88 \text{ мм/мин.}$$

$$S_M = 0,1769 \cdot 1400 = 247,66 \text{ мм/мин.}$$

$$S_M = 0,1769 \cdot 1160 = 205,204 \text{ мм/мин.}$$

$$S_M = 0,1769 \cdot 1120 = 198,128 \text{ мм/мин.}$$

$$S_M = 0,1651 \cdot 700 = 115,57 \text{ мм/мин.}$$

$$T_o = \frac{149}{268,88} = 0,554 \text{ мин.}$$

$$T_o = \frac{75}{247,66} = 0,303 \text{ мин.}$$

$$T_o = \frac{67}{205,204} = 0,327 \text{ мин.}$$

$$T_o = \frac{76}{198,128} = 0,384 \text{ мин.}$$

$$T_o = \frac{122}{115,57} = 1,056 \text{ мин.}$$

Аналогичным образом по картам нормативов определяются режимы и время для обработки остальных поверхностей. Результаты расчетов для точения на сведены в таблицу 2

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Таблица 2. Результаты расчетов параметров режимов резания на операции 010

Точение Ø48			
Глубина t, мм	2	1,3	0,7
Подача S, мм/об	0,5557	0,33	0,1769
Скорость резания V, м/мин	189,2	223,3	300
Частота вращения шпинделя, n об/мин	1140	1490	1520
Основное время, мин	0,235	0,305	0,554
Итого, мин	1,094		
Точение Ø54			
Глубина t, мм	21,7	1,5	0,8
Подача S, мм/об	0,5557	0,33	0,1769
Скорость резания V, м/мин	124,3	223,3	229,1
Частота вращения шпинделя, n об/мин	730	1370	1400
Основное время, мин	0,185	0,166	0,303
Итого, мин	0,654		
Точение Ø63			
Глубина t, мм	12,7	1,5	0,8
Подача S, мм/об	0,5927	0,33	0,1769
Скорость резания V, м/мин	128,7	223,3	229,1
Частота вращения шпинделя, n об/мин	650	1130	1160
Основное время, мин	0,174	0,18	0,327
Итого, мин	0,681		
Точение Ø65			
Глубина t, мм	10,7	1,5	0,8
Подача S, мм/об	0,5927	0,33	0,1769
Скорость резания V, м/мин	128,7	223,3	229,1
Частота вращения шпинделя, n об/мин	630	1090	1120
Основное время, мин	0,203	0,211	0,384
Итого, мин	0,798		
Точение Ø104			
Глубина t, мм	3,75	1,75	0,5
Подача S, мм/об	0,778	0,5310	0,1651
Скорость резания V, м/мин	150,7	189,2	229,1
Частота вращения шпинделя, n об/мин	460	580	700
Основное время, мин	0,340	0,396	1,056
Итого, мин	1,792		

Продолжение таблицы 2

Точение Ø65			
Глубина t, мм	10,7	1,5	0,8
Подача S, мм/об	0,5927	0,33	0,1769
Скорость резания V, м/мин	128,7	223,3	229,1
Частота вращения шпинделя, п об/мин	630	1090	1120
Основное время, мин	0,203	0,211	0,384
Итого, мин	0,798		
Точение Ø75			
Глубина t, мм	0,7	1,5	0,8
Подача S, мм/об	0,83	0,33	0,1769
Скорость резания V, м/мин	140	223,3	229,1
Частота вращения шпинделя, п об/мин	600	950	970
Основное время, мин	0,527	0,737	1,346
Итого, мин	2,61		
Прорезание канавки Ø49			
Глубина t, мм	7		
Подача S, мм/об	0,12		
Скорость резания V, м/мин	139		
Частота вращения шпинделя, п об/мин	870		
Основное время, мин	0,0383		
Итого, мин	0,0383		
Точение Ø65(2)			
Глубина t, мм	10,7	1,5	0,8
Подача S, мм/об	0,5927	0,33	0,1769
Скорость резания V, м/мин	128,7	223,3	229,1
Частота вращения шпинделя, п об/мин	630	1090	1120
Основное время, мин	0,385	0,4	0,726
Итого, мин	0,98		
Нарезание резьбы M52x2			
Глубина t, мм			
Подача S, мм/об	2		
Скорость резания V, м/мин	24		
Частота вращения шпинделя, п об/мин	150		
Основное время, мин	1,893		
Итого, мин	1,893		

Продолжение таблицы 2

Фрезерование червяка Ø104	
Глубина t, мм	17,6
Подача S, мм/об	0,09
Скорость резания V, м/мин	31
Частота вращения шпинделя, n об/мин	100
Основное время, мин	13,5
Итого, мин	13,5

Вспомогательное время на операцию 010  $T_{всп} = 6,32$  мин, а подготовительно-заключительное  $T_{пз} = 30$  мин.

Итак, операционное время на 010 операции:

$$T_0 = 25,81 \text{ мин.}$$

Норма штучного времени определяется по формуле:

$$T_{шт} = (T_0 + T_{всп}) \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{тех} + \alpha_{орг} + \alpha_{отл}}{100}\right).$$

Время на организационное и техническое обслуживание рабочего места, а также на отдых и личные надобности принимается в процентах от операционного времени:

$$a_{тех} + a_{орг} + a_{отл} = T_0 \cdot 10\%.$$

Таким образом, штучное время равно:

$$T_{шт} = 1,1(T_0 + T_{всп}),$$

$$T_{шт} = 1,1 \cdot (25,81 + 6,32) = 35,343 \text{ мин.}$$

Определяются режимы и время для обработки поверхностей на операции 005. Результаты расчетов для точения на сведены в таблицу 3

Таблица 3. Результаты расчетов параметров режимов резания на операции 005

Фрезерование торца	
Глубина t, мм	3,15
Подача S, мм/об	0,13
Скорость резания V, м/мин	272
Частота вращения шпинделя, n об/мин	1120
Основное время, мин	0,547

						Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.451.000	

Итого, мин	0,547
------------	-------

Продолжение таблицы 3

Сверление центровочных отверстий	
Глубина t, мм	20
Подача S, мм/об	0,1
Скорость резания V, м/мин	28,3
Частота вращения шпинделя, n об/мин	1130
Основное время, мин	0,1769
Итого, мин	0,1769

Вспомогательное время на операцию 005  $T_{всп} = 0,7$  мин, а подготовительно-заключительное  $T_{пз} = 15$  мин.

Итак, операционное время на 005 операции:

$$T_0 = 0,7239 \text{ мин.}$$

Норма штучного времени определяется по формуле:

$$T_{шт} = (T_0 + T_{всп}) \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{тех} + \alpha_{орг} + \alpha_{отл}}{100}\right).$$

Время на организационное и техническое обслуживание рабочего места, а также на отдых и личные надобности принимается в процентах от операционного времени:

$$a_{тех} + a_{орг} + a_{отл} = T_0 \cdot 10\%.$$

Таким образом, штучное время равно:

$$T_{шт} = 1,1(T_0 + T_{всп}),$$

$$T_{шт} = 1,1 \cdot (0,7239 + 0,85) = 1,7313 \text{ мин.}$$

Окончательно все полученные в результате расчета времена сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Результаты расчетов времени

Операция	$T_{шт}$	$T_{пз}$
005 Фрезерно-центровальная	1,7313	15
010 Комплексная с ЧПУ	35,343	30
015 Фрезерная	6,2172	16
020 Термическая	1,5	0,5
025 Шлифовальная	3,905	16,8
030 Шлифовальная	2,15	16,8

					<b>ЮУрГУ.150305.2019.451.000</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

Итого	50,8465	95,1
-------	---------	------

### 2.2.6 Выводы по разделу

Выбранный способ получения заготовки обеспечивает экономию металла за счет формы, приближенной к детали что технологично, так как коэффициент использования материала (КИМ) равен 0,75. При таком КИМ во время обработки детали образуется небольшое количество стружки и использование материала становится более экономичным.

Описано применяемое станочное оборудование его характеристики и опции. Сформирована операционно-маршрутная технология с операционными эскизами и рассчитаны режимы резания на все переходы

					<i>ЮУрГУ.150305.2019.451.000</i>	<i>Лист</i>
						53
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

## 3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

### 3.1 Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки

Выбор технологической оснастки начинается с анализа методов формирования типовых поверхностей деталей с целью определения наиболее эффективных способов обработки исходя из требований, заданных в конструкторской документации.

В проектируемом технологическом процессе на 010 операциях целесообразно использовать трехкулачковый патрон с пневмоприводом Kitagawa B-210 (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 - Kitagawa B-210

Используемый при обработке патрон, предназначен для закрепления обрабатываемой детали на станке, имеет самоцентрирующийся спиральный патрон с механическим зажимом, с корпусом из высококачественного чугуна. Конструкция позволяет быстро заменить вышедшие из строя внутренние части, устанавливается на шпиндель при помощи сквозных винтов. Патрон имеет три сборных закаленных кулачка, которые одновременно сходятся к центру или расходятся от него. Кулачки обеспечивают точное центрирование заготовки (совпадение оси заготовки с осью вращения шпинделя). Патрон периодически разбирают для очистки и смазки.

									Лист
									54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.451.000				

Кроме универсальности основными преимуществами трехкулачковых патронов для токарных станков являются их простота в эксплуатации, надежность, долговечность. Кулачки патрона передвигаются в радиальных пазах его корпуса. Двигаются они одновременно, обеспечивая высокую точность центрирования обрабатываемой детали. Ее ось в зафиксированном состоянии совпадает с осью вращения шпинделя токарного станка. В движение кулачки приводятся с помощью пневмопривода.

Патроны достаточно легко снимаются с токарного станка. Это позволяет использовать несколько конструктивных деталей, например, патроны с незакаленными кулачками применяют для чистовых работ, а с закаленными кулачками - для обдирочных работ. Детали не требовательны к хранению и обслуживанию: их необходимо лишь периодически разбирать и смазывать.

Также в проектно-технологическом процессе используются центры на операциях шлифования.

Большое влияние на точность и качество шлифования оказывает состояние центров станка и центровых отверстий. Точность установки детали при обработке зависит от точности формы и положения упорных центров станка и несущих поверхностей центровых отверстий детали (или оправки). Опорная коническая поверхность центровых отверстий должна точно соответствовать конусу на центрах. На некруглой форме центровых отверстий или неправильном угле конуса деталь не получает достаточной опоры и, смещаясь под действием сил шлифования, копирует погрешность центровых отверстий. На точность установки влияет несовпадение углов конусов центровых отверстий детали и центров станка.

Если угол конуса упорного центра превышает угол конуса несущей поверхности центрального отверстия, то контакт между ними происходит по наибольшему диаметру несущего конуса, в обратном случае - по наименьшему. Не совмещение осей конусов вызывает неполное прилегание несущих поверхностей центровых отверстий детали к упорным центрам станка, что вызывает неравномерное изнашивание центровых.

Не совмещение упорных центров станка в горизонтальной плоскости или отклонение от параллельности центров станка в горизонтальной плоскости, а также отклонение от параллельности центров относительно направления перемещения стола вызывает конусность обрабатываемой поверхности. Эти же погрешности в вертикальной плоскости вызывают

									Лист
									55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.451.000				

вогнутость обрабатываемой поверхности.

Патроны токарные трёхкулачковые механизированные применяются при токарной обработке и предназначены для механизированного закрепления деталей и заготовок с помощью электромеханического или пневматического привода устанавливаемого на заднем конце шпинделя, обеспечивающим поступательное движение и позволяющего регулировать усилие зажима. Необходимый диаметр зажима достигается путем перестановки крепящихся болтами накладных кулаков по гребёнке на необходимое расстояние. Оптимальные биение и точность фиксации детали в сырых кулачках после их переустановки на нужный диаметр зажима достигаются путем дополнительной их расточки.

Так как длина заготовки 880 мм для ее поддержания и уменьшения погрешностей и возможных деформаций на операциях механической обработки используем люнет с гидроприводом самоцентрирующийся Atling ax3 (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 - Atling ax3

### 3.2 Проектирование и расчет специального станочного приспособления

Деталь изготовлена из штамповки. Вал является телом вращения, и основная обработка идет в стандартных приспособлениях. Поэтому проанализировав, проектный технологический процесс изготовления детали

						Лист
					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



«Вал червячный», было решено, что необходимо спроектировать станочное приспособление для обработки фрезерованием цилиндрической поверхности. Обработка будет производиться на вертикально-фрезерном станке 6Т12.

### 3.2.1 Обоснование базирования

Базированием называют придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат станка. В нашем случае необходим следующий комплект баз: двойная направляющая (опорные точки 1-4), которые будут создаваться двумя призмами, и опорная, 5-ая создается делительным диском, 6-ая прижимом. Схема базирования представлена на рисунке 3.3.

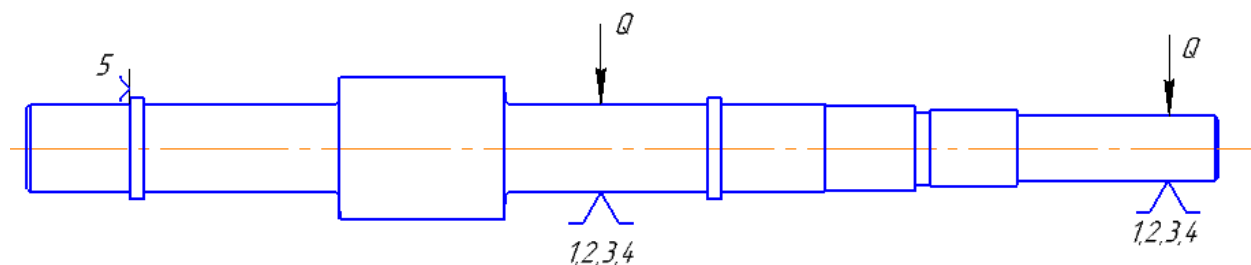


Рисунок 3.3 – Схема базирования

Данная схема лишает заготовку 6 степеней свободы.

### 3.2.2 Силовая схема

На рисунке 3.4 приведена схема, на которой изображены силы, действующие в процессе обработки.

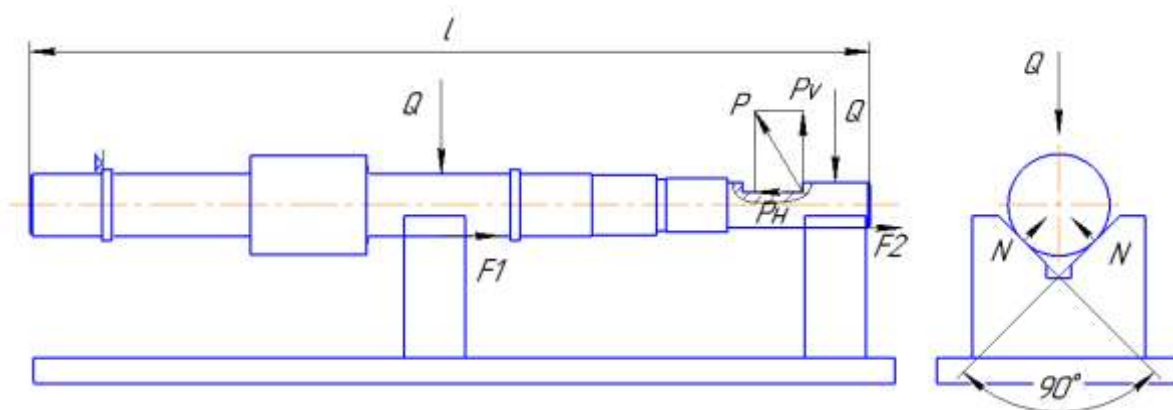


Рисунок 3.4 – Силовая схема

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Q – сила зажима, P – сила резания, F1 и F2 – силы, действующие со стороны призмы, L – длина вала, N – сила реакции опоры.

### 3.2.3 Расчет точности станочного приспособления

Заданная точность приспособления определяется допуском изделия. Суммарная погрешность должна быть много меньше допуска на размер  $70_{-0,7}$ .

$$\sum \omega_{\text{пр}} \leq T_{\text{п}}$$

$$T_{\text{п}} = 0,74 \text{ мм}$$

$$\sum \omega_{\text{пр}} =$$

$$= 1,2 \cdot \sqrt{\omega_{\text{М}}^2 + \omega_{\text{УВ}}^2 + \omega_6^2 + \omega_3^2 + \omega_{\text{ИЗН}}^2 + \omega_{\text{ИЗГ}}^2 + \omega_{\text{УСТ}}^2 + \omega_{\text{РЕГ}}^2 + \omega_{\text{ИЗМ}}^2 + \omega_{\text{СМЕЩ}}^2} + \Delta_{\text{с}} + \Delta_{\text{ИНСТ}} - \Delta_{\text{Т}} + \Delta_{\text{д}}$$

Проведем расчет всех составляющих погрешностей:

Систематические погрешности обработки:

#### 1) Погрешность станка

Погрешность станка определяется по формуле:

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

где  $l = 70$  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

$$\Delta_{\text{с}} = \frac{70 \cdot 0,02}{400} = 0,0035 \text{ мм}$$

#### 2) Погрешность, вызываемые тепловыми деформациями технологической системы при нагреве

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

$$W_{\text{Т}} = 0,016 \text{ мм}$$

#### 3) Погрешности, связанные с инструментом

ЮУрГУ.150305.2019.451.000

Лист

58

Погрешность износа инструмента определяется по формуле:

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

Подставив числовые значения, получим

$$\Delta_{\text{инст}} = 0,5 \cdot \tan 15 = 0,133 \text{ мм}$$

Возможная подналадка для снижения погрешностей

$$\Delta_{\text{инст}}' = \frac{0,133}{2 + 1} = 0,0443 \text{ мм}$$

- 4) Погрешности, вызванные деформациями технологической системы под действием сил резания

Так как система закрепления жесткая, то динамическая погрешность равна 0.

$$\Delta_{\text{д}} = 0 \text{ мм}$$

Случайные погрешности:

- 5) Мгновенное рассеивание

По таблице 7.3 [2] мгновенное рассеивание для фрезерной группы принимаем равным 0,0125 мм.

$$W_{\text{м}} = 0,0125 \text{ мм}$$

- 6) Погрешности, связанные с уводом инструмента при обработке

Погрешность, связанная с уводом инструмента равна 0, происходит фрезерование шпоночного паза.

$$W_{\text{ув}} = 0 \text{ мм}$$

- 7) Погрешность базирования

$$W_{\text{б}} = 0,3 \text{ мм}$$

- 8) Погрешность закрепления

Погрешность закрепления зависит от того, каким устройством создается зажимное усилие. В нашем случае силовым устройством является пневмонасос, следовательно, погрешность закрепления равна 0.

$$W_{\text{зак}} = 0 \text{ мм}$$

									Лист
									59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.451.000				

9) Погрешность, вызванная износом установочных элементов приспособления

$$\omega_{\text{изн}} = \beta_1 \cdot \sqrt{N},$$

где  $\beta_1 = 0,55$  мкм (таблица 7.7 [2]);

$N = 4000$  – количество установок в приспособлении и снятий с него в год.

Подставив числовые значения, получим

$$W_{\text{изн}} = \beta_1 \cdot \sqrt{N} = 0,55 \cdot \sqrt{4000} = 0,034 \text{ мм}$$

10) Погрешность установки приспособления

Погрешность установки равна 0, так как плита, на которой находится приспособление, жестко закрепляется на столе станка с помощью шпонки.

$$W_{\text{уст.пр}} = 0 \text{ мм}$$

11) Погрешность регулирования инструмента

Погрешность регулирования зависит от точности регулировочных средств. В нашем случае регулировка происходит индикаторному упору. Погрешность индикатора варьируется в диапазоне от 0,005 до 0,015 мм (таблица 7.8 [2]). Принимаем наихудший вариант.

$$W_{\text{рег}} = 0,015 \text{ мм.}$$

12) Погрешность смещения

Погрешность может учитываться только по пробным заготовкам.

Она определяется по формуле:

$$\omega_{\text{см}} = \frac{\omega_{\text{м}}}{\sqrt{m}},$$

где  $m$  – число пробных заготовок.

$$W_{\text{смещ}} = \frac{W_{\text{м}}}{\sqrt{m}} = \frac{0,0125}{4} = 0,03125 \text{ мм}$$

13) Погрешность измерения

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

$$W_{\text{изм}} = 0,05 \text{ мм}$$

Найдем погрешность изготовления приспособления

$$\Delta_{\text{изг.пр}}$$

$$\leq T_n - \Delta_{\text{сист}}$$

$$- 1,2 \sqrt{w_M^2 + w_{\text{ув}}^2 + w_6^2 + w_{\text{зак}}^2 + w_{\text{изн}}^2 + w_{\text{уст.пр}}^2 + w_{\text{рег}}^2 + w_{\text{изм}}^2 + w_{\text{смещ}}^2}$$

$$\Delta_{\text{изг.пр}}$$

$$\leq 0,74 - (0,0035 - 0,015 + 0,443)$$

$$- 1,2 \sqrt{0,0125^2 + 0,16^2 + 0,3^2 + 0,11^2 + 0,034^2 + 0,015^2 + 0,05^2 + 0,03125^2}$$

$$= 0,27$$

$$0,74 > 0,27$$

$$T_A > \Sigma \Delta_{\text{обр}}$$

Следовательно можно сделать вывод, что заданная точность параметра заготовки, будет обеспечена.

### 3.2.4 Расчет сил резания

Операция фрезерования производится на вертикально-фрезерном станке концевой шпоночной фрезой.

Окружная сила резания рассчитывается по формуле:

$$P_z = C_p \cdot t^{0,86} \cdot B \cdot z \cdot S_z^{0,72} \cdot D^{-0,86}$$

где  $C_p = 682$  – коэффициент, зависящий от свойств материалов заготовки и реза,  $D = 18$  – диаметр концевой фрезы,  $S_z = 0,030$  – подача на зуб,

$z = 3$  – число зубьев фрезы,  $t = 5,5$  – глубина резания.

Подставив числовые значения, получим

$$P_z = 682 \cdot 5,5^{0,86} \cdot 18 \cdot 3 \cdot 0,030^{0,72} \cdot 18^{-0,86} = 1064 \text{ Н}$$

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Определим составляющие силы резания:

$$P_H = 0,8 \cdot P_Z = 851,085 \text{ Н}$$

$$P_V = 0,6 \cdot P_Z = 638,313 \text{ Н}$$

$$P_O = 0,5 \cdot P_Z = 531,928 \text{ Н}$$

### 3.2.5 Расчет сил зажима

Сила  $P_H$  стремится сдвинуть заготовку вдоль оси, оторвав ее от правой опоры. Этому препятствуют силы трения, возникающие между заготовкой и гранями призмы, а также в месте контакта зажимного устройства и заготовки.

$$F_1 + F_2 = k \cdot P_H$$

где  $F_1$  и  $F_2$  – силы трения;

$k$  – коэффициент надежности закрепления.

$$F_1 = f_1 \cdot \frac{f_1}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$$

$$F_2 = f_2 \cdot Q$$

Отсюда

$$Q = \frac{K \cdot P_H}{\frac{f_1}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}}$$

где  $K$  – коэффициент надежности закрепления детали  $f_1, f_2=0,15$ - коэффициент трения (из таблицы 6.4 [2]).

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

где  $K_0$  – гарантированный коэффициент запаса;

$K_1$  – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

$K_2$  – коэффициент, учитывающий увеличения сил резания от прогрессирующего затупления инструмента;

$K_3$  – коэффициент, учитывающий изменение сил резания при обработке прерывистых поверхностей;

$K_4$  – коэффициент, учитывающий непостоянство сил при зацеплении;

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$K_5$  – коэффициент, учитывающий непостоянство сил зажимных устройств с ручным приводом;

$K_6$  - коэффициент, учитывающий  $M$ , на которую повернется заготовка.

Таким образом, коэффициент надежности закрепления равен

$$K = 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,16.$$

Подставив числовые значения, получим

$$Q = \frac{2,16 \cdot 851,085}{\frac{0,06}{\sin 45^\circ}} = 23503,2$$

### 3.2.7 Расчет привода

Для придания неподвижного состояния заготовки используем рычажное зажимное устройство (прихват), так как он прост по конструкции имеет высокую эффективность. При данном зажиме сила закрепления заготовки не только может быть равна приложенной силе, но может быть и больше этой силы.

На рисунке 3.5 представлена схема зажима.

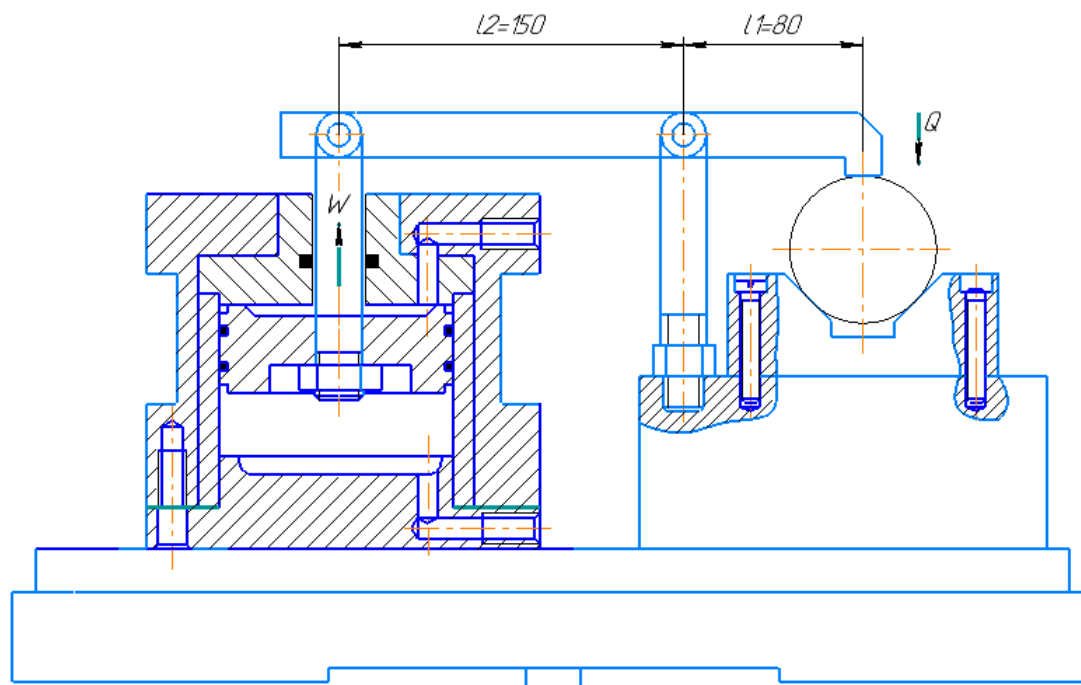


Рисунок 3.5 – Схема зажима

$$Q = \frac{Wl_1}{l_2},$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ.150305.2019.451.000

Лист

63

$$W = \frac{Ql_2}{l_1} = \frac{23503,2 \cdot 80}{150} = 12535,053 \text{ Н}$$

$$D = \sqrt{\frac{4W}{p\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 12535,053}{0,4 \cdot 3,14}} = 199,801 \text{ мм}$$

D-общий диаметр, так как в проектируемом приспособлении используем два пневмоцилиндра, то найдем диаметр одного:

$$d=D/2= 99,9 \text{ мм}$$

Для обеспечения рассчитанного усилия выбираем диаметр штока из ряда стандартных. Принимаем диаметр, равный 100 мм.

### 3.2.8 Расчет на прочность слабого звена

Слабым звеном в приспособлении является ось, которая соединяет рычаг с опорой. Она является наиболее нагруженным звеном. Ось воспринимает повышенные нагрузки. Принимаем, что ось изготовлена из стали 45. Вид нагрузки: переменная. По таблице определим допустимое напряжение при срезе  $[\tau_{ср}] = 150 \text{ МПа}$ .

Проверка оси зажима на срез

$$\tau_{ср} = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot d^2 \cdot i} \leq [\tau_{ср}]$$

$$\tau_{ср} = \frac{4 \cdot 12535,05}{3,14 \cdot 10^2 \cdot 2} \leq [\tau_{ср}]$$

$$79,8 \leq 150$$

Таким образом можно сделать вывод, что ось имеет запас по прочности.

### 3.3 Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента и инструментальной оснастки

Процесс токарной и фрезерной обработки детали «Вал червячный» происходит на многоцелевом станке с ЧПУ «DMG MORI NTX 2000». Станок «DMG MORI NTX 2000» имеет подвижный токарно-фрезерный шпиндель и шпиндельный конус HSK A63 (рис.3.6).

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64



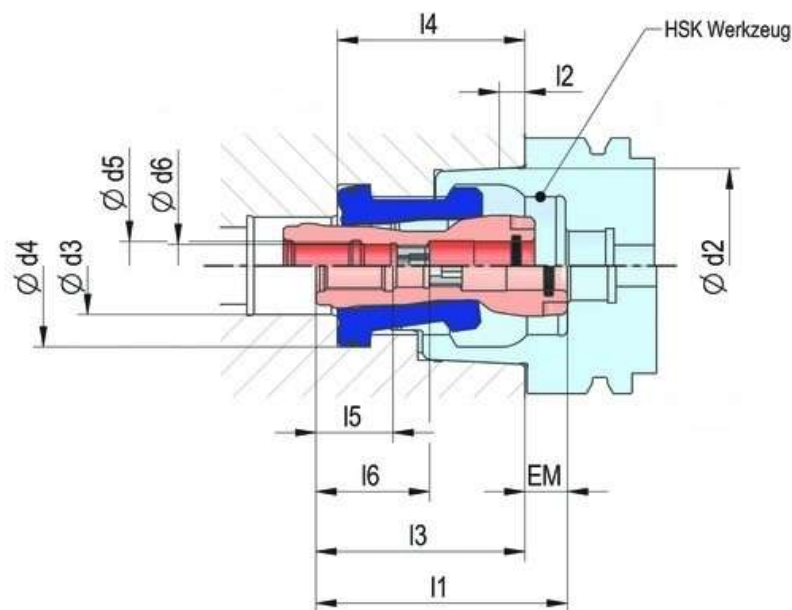


Рисунок 3.6 - Шпиндельный конус HSK A-63

При работе на станке «DMG MORI NTX 2000» в качестве инструментальной оснастки применяется специальный резцедержатель HSK Holder HSK-A63W-ETV25x25R-125 (рис 3.7) для резцов правого исполнения и резцедержатель Holder HSK-A63W-ETV25x25L-125 для резцов левого исполнения.

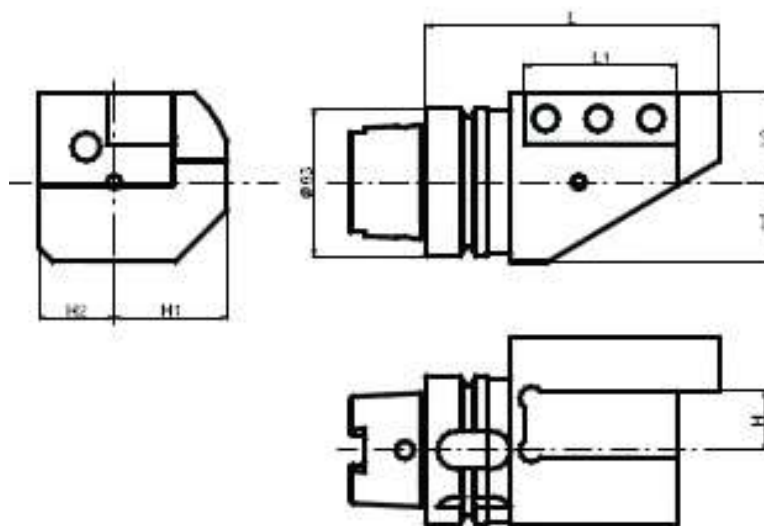


Рисунок 3.7 - Резцедержатель HSK Holder HSK-A63W-ETV25x25R-125

Таблица 5. Размеры резцедержателя

Название	L	L1	H	H1	H2	h1	h2	Вес (kg)
HSK-A63W-ETV2525R-125	125	65	25	48	32	34	38	2.9

Для закрепления дисковой фрезы используем термооправку «DIN»,

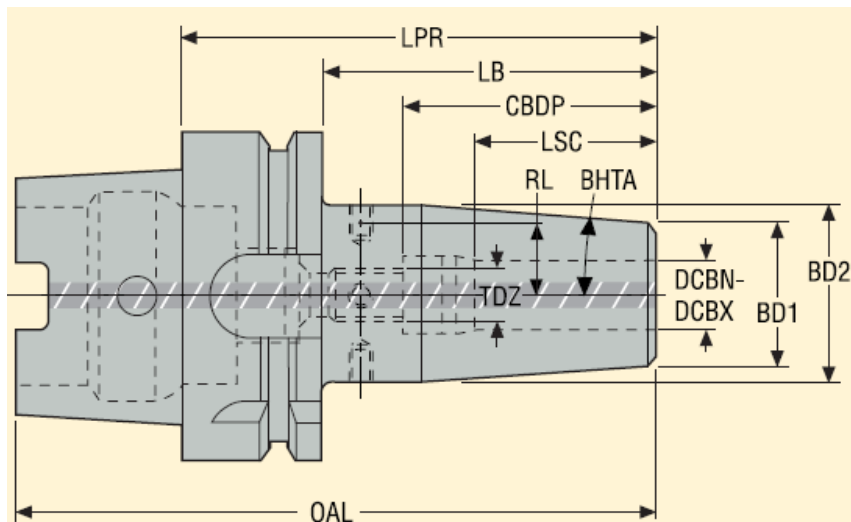


Рисунок 3.9 - Термооправка для закрепления дисковой фрезы

Таблица 7.Размеры резцедержателя термооправки

Название	Сторона заготовк и	Размеры в мм							TDZ	BHTA	RL	Вес (kg)	
		DCBN-DCBX	LPR	LB	CBDP	LSC	D2	D1					OAL
E9304540 318120M	32		120	94	70	51	53	44	152	M10x 1	4,5	23, 5	1,7

Для закрепления концевой шпоночной фрезы в шпинделе горизонтально-фрезерного станка используем державку с боковым зажимом Weldon «DIN 69871»,

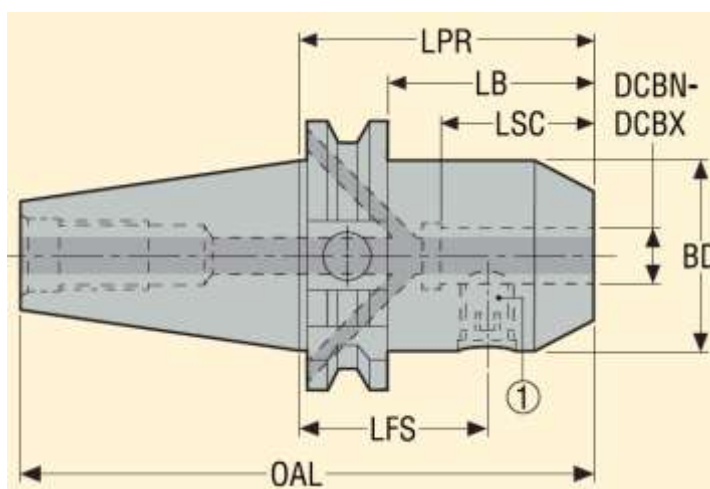


Рисунок 3.8 - Державка для закрепления концевой шпоночной фрезы

Таблица 6.Размеры державки концевой фрезы

Название	Сторона заготовки	Размеры в мм						Балансир	Вес (kg)
	DCBN-DCBX	LPR	LB	LSC	BD	OAL	LFS		
E3469584 32100	18	100	65	58	72	168,4	76,5		

Обрабатываемые поверхности заготовки представлены на рисунке 3.10.

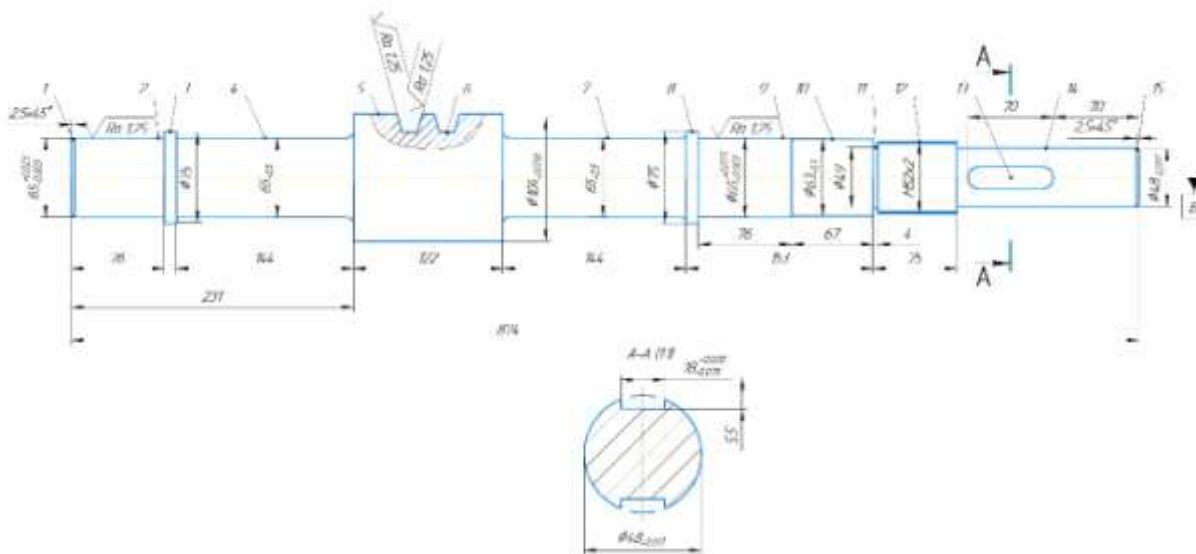


Рисунок 3.10 – Эскиз детали "Вал червячный " с указанием поверхностей

Для обработки детали «Вал червячный» выбирается стандартизованный режущий инструмент с СМП, а также специально спроектированная дисковая фреза.

Целесообразно использовать режущий инструмент, оснащенный сменными многогранными пластинами из современных сплавов.

Габаритные размеры режущего инструмента следует выбирать в соответствии с техническими характеристиками станков.

На токарной операции обработка ведется проходными, канавочными и резьбовыми резцами, а так же концевой фрезой и сверлом. Весь режущий инструмент применяем фирмы Seco, эта фирма зарекомендовала себя на рынке металлорежущих инструментов, как надежный партнер крупных машиностроительных компаний.

Для обработки поверхностей 1 и 15: для торцевого фрезерования и сверлении центровых отверстий используем торцевую фрезу марки Seco R220.53-8160-09-14C, пластина SEEX09T3AFTN-D09 (рис. 3.13), материал MP1500 и центровочное сверло DIN-333A. Чертеж и основные размеры изображены на рисунках 3.11, 3.12.



Рисунок 3.11 - Центровочное сверло DIN-333A

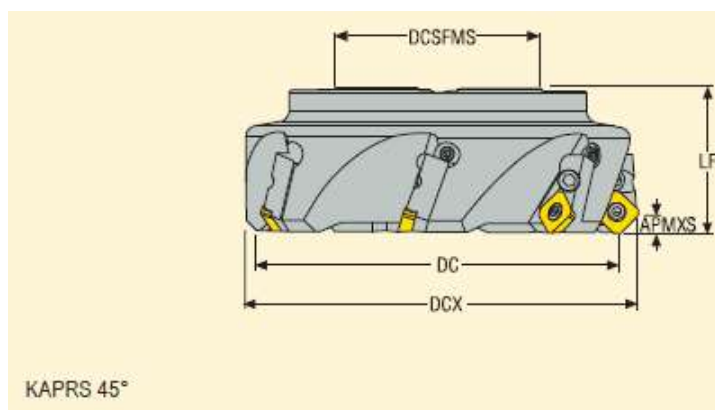


Рисунок 3.12 - Фреза для фрезерования торца на валу К-12-11

Основные размеры фрезы представлены в таблице

Таблица 8 Размеры фрезы для фрезерования торца вала К-12-11

Обозначение	Тип крепления	Размеры в мм					Число пластин н°	Вес	Пластина
		APMX	DCX	C	DCSFMS	LF			
R220.53-8160-09-14C	Оправка	4,5	170	60	90	63	14	6,6	SE..09T3

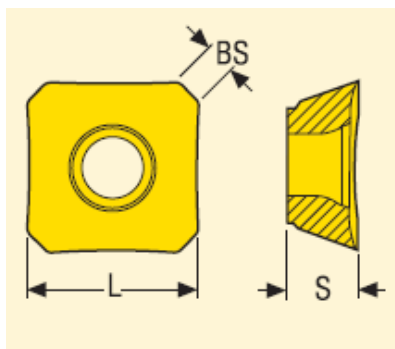


Рисунок 3.13 - Пластина СМП для фрезы

Основные размеры пластины для торцевой фрезы представлены в таблице

Таблица 9.Размеры СМП

Обозначение	Размеры в мм		Передний угол	BS
	L	S		
SEEX09T3AFTN-D09	9,52	3,97	0	1,5

Для черновой обработки цилиндрических поверхностей 14,12,10,9,8,3 вала используем токарную резцовую головку с СМП, резцовая головка Seco SCLCR2525M09JE, пластина CCMT09T304W-MF2, материал TP2501. Эскизы резцовой головки и пластины изображены на рисунке 3.14, 3.15.

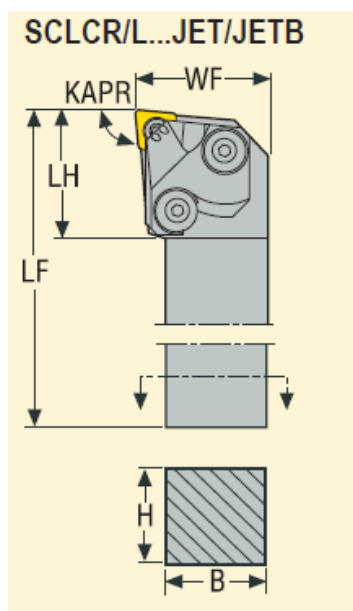


Рисунок 3.14 - Державка резца для черновой обработки вала К-12-11

Таблица 10 Размеры державки резца для черновой обработки вала К-12-11

Обозначение	Размеры в мм					LAMS°	GAMO°	Вес	Пластина
	H	B	LF	WF	LH				
SCLCR2525M09JET	25	25	150	32	33	0	0	0,8	СС..0903..Т3

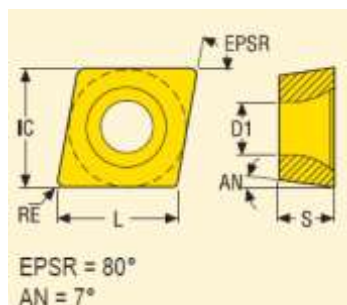


Рисунок 3.15 - Форма пластины ССМТ09Т304-МФ5

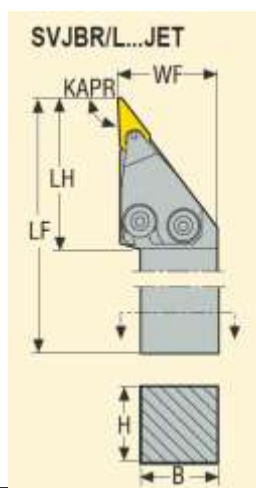
Таблица 11.Размеры СМП

Обозначение	Размеры в мм				Re
	IC	L	S	D1	
ССМТ09Т304-М5	9,53	9,7	3,18	4,5	0,4

Для черновой обработки поверхности цилиндрической поверхности 7 вала используем токарную резцовую головку с СМП, резцовая головка Seco SCLCL2525M09JE, пластина ССМТ09Т304W-МФ2, материал TP2501. Эскизы резцовой головки и пластины изображены на рисунке 3.14, 3.15.

Для контурной обработки поверхностей: 2,3,4,5,8,9,10,12,14 выбираем резец SVJBR2525M16JET, пластину VBMT160404-МФ-2, материал TP2501.

Эскизы резцовой головки и пластины изображены на рисунке 3.16, 3.17.



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

ЮУрГУ.150305.2019.451.000

Лист  
70

Рисунок 3.16 - Державка резца для контурной обработки вала К-12-11

Таблица 12 Размеры резца для контурной обработки вала К-12-11

Обозначение	Размеры в мм					LAMS°	GAMO°	Вес	Пластина
	H	B	LF	WF	LH				
SVJBR2525M16JET	25	25	150	32,2	47	0	0	0,7	VB..1604

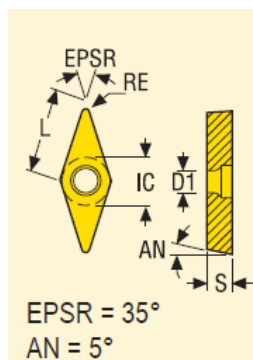


Рисунок 3.17 - Форма пластины VBMT160404-MF-2

Таблица 13.Размеры СМП

Обозначение	Размеры в мм				Re
	IC	L	S	D1	
VBMT160404-MF-2	9,53	16,6	4,76	4,5	0,4

Для контурной обработки поверхности:7 выбираем резец SVJBL2525M16JET, пластину VBMT160404-MF-2, материал TP2501.

Эскизы резцовой головки и пластины изображены на рисунке 3.16, 3.17.

Для обработки поверхностей: 10 выбираем резец CFIR2525M04JET, пластину LCMF160408-0400-FT, материал TGP25

Эскизы резцовой головки и пластины изображены на рисунке 3.18, 3.19.

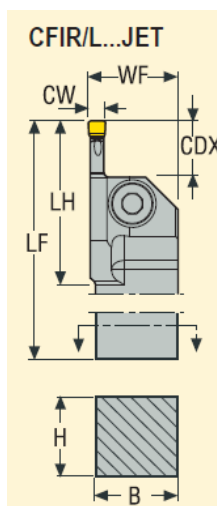


Рисунок 3.18 - Державка резца для прорезания канавки на валу К-12-11

Таблица 14 Размеры резца для прорезания канавки на валу К-12-11

Обозначение	Размеры в мм					CDX°	Вес	Пластина
	H	B	LF	WF	LH			
CFIR2525M04JET	25	25	150	26,5	39	12	0,7	LC..1604

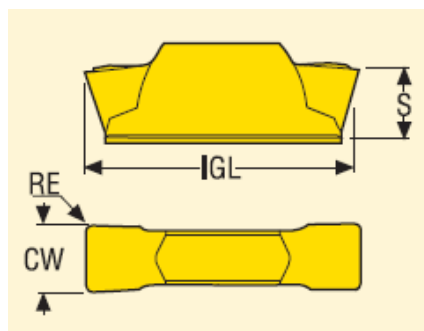


Рисунок 3.19 - Форма пластины LCMF160608-0600-FT

Таблица 15.Размеры СМП

Обозначение	Размеры в мм			Re
	CW	IGL	S	
LCMF160408-0400-FT	4	15,90	4,5	0,8

Для нарезания резьбы на поверхности: 12 выбираем резец PER2525X16QHDJETI, пластину 16ER2.0ISO, материал CP500.

Эскизы резцовой головки и пластины изображены на рисунке 3.20, 3.21.



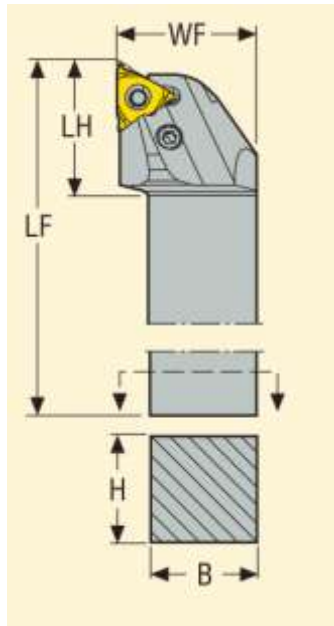


Рисунок 3.20 - Державка резца для нарезания резьбы на валу К-12-11

Таблица 16 Размеры резца для нарезания резьбы канавки на валу К-12-11

Обозначение	Размеры в мм					CDX°	Вес	Пластина
	H	B	LF	WF	LH			
CEL2525M22HD	25	25	150	25	38	18	0,8	22

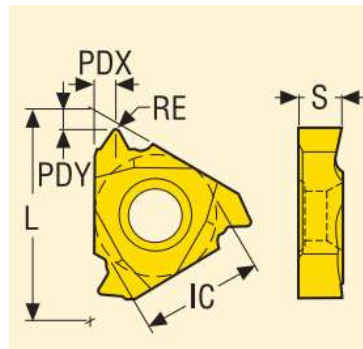


Рисунок 3.21 - Форма пластины LCMF160608-0600-FT

Таблица 17. Размеры СМП

Обозначение	Размеры в мм					Re
	IC	L	S	PDY	PDX	
22ER2.0ISO2M	12,7	22	4,41	2	2,9	0,29

Для фрезерования шпоночного паза поверхность (13) выбираем: фрезу JS513180D2C.0Z3-NXT, материал SMG P1-8.

Эскизы фрезы изображены на рисунке 3.22.

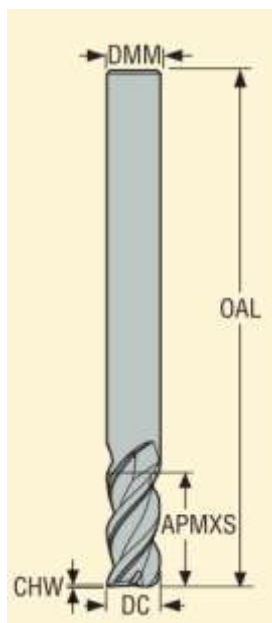


Рисунок 3.22 - Фреза для фрезерования шпоночного паза на валу К-12-

11

Таблица 18 Размеры фрезы для фрезерования шпоночного паза на валу К-12-11

Обозначение	Размеры в мм					Число пластин
	APMXS	DC	DMM	OAL	CHW	
JS513180D2C.0Z3-NXT	35	18	18	100	0,18	3

### 3.3 Проектирование и расчёт специального режущего инструмента дисковая фреза

Исходные данные:

- обрабатываемый материал – сталь 45 ГОСТ 1050 - 88;
- вид червяка ZA
- модуль червяка  $m=8$
- число заходов червяка  $n=1$
- 
- степень точности по ГОСТ 19036-73
- толщина витка в нормальном сечении  $S=12,51$
- измерит. высота  $h_2=8$  мм
- высота зуба  $h_1=2,2 \cdot m = 17,6$  мм
- делительный диаметр  $d_1=88$  мм

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

- диаметр впадин  $df=68,8$  мм
- шаг червяка  $P=\pi \cdot m=25,133$
- зазор по вершине резьбы  $a_c=0,5$
- допуск на диаметр впадин  $T_{df}=1,2$
- диаметр вершины червяка  $d=104$  мм
- длина нарезаемого червяка  $l_{ст}=122$  мм
- Угол профиля резьбы  $\alpha=30^\circ$

Выбор инструментального материала

P6M5 (таблица 7.1 [1]) HRC 63...66

Наружный диаметр фрезы

$D=125$  мм

Для обеспечения более плавной работы фрезы ее боковые режущие комки смещены друг относительно друга на половину шага. Поэтому число зубьев на боковой конической поверхности фрезы  $z_b$  принимаем равным 15, а на периферии  $z_p=2 \cdot z_b=30$ .

Плавность работы проверяем по формулам

$$\sin \delta = 2 \cdot \sqrt{\frac{d \cdot h_1}{D(D+d)}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{104 \cdot 17,6}{125(125+104)}} = 0,506$$

$$\delta = 30^\circ$$

$$z' = \frac{360}{30} = 12$$

$z' < z_b$  из этого следует, что плавность работы фрезы обеспечено

Задний угол на периферии принимается  $\alpha=10^\circ$ , на боковых кромках принимается  $\alpha_6=3^\circ$ . Передний угол  $\gamma=5^\circ$ .

Один из зубьев фрезы контрольный, с двумя боковыми режущими кромками. Для него указывается толщина по линии среднего диаметра  $Bd_2$ , расстояние измеряемой ширины от вершины зуба  $h_a$  и ширина контрольного зуба по вершине  $m$ :

$$Bd_2 = \frac{((P + T_B) \cdot \cos w)}{2} - 0,2 \cdot T_B$$

									Лист
									75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.451.000				

где

$T_B = 10\sqrt{d} + 0,5 \cdot n \cdot P + 0,25\sqrt{P}$  – допуск на толщину витка фрезы,

$$\operatorname{tg} w = \frac{P}{\pi \cdot d_1} = \frac{25,133}{3,14 \cdot 88} = 0,091^\circ$$

$w=5^\circ$

$$T_B = 10\sqrt{104} + 0,5 \cdot 1 \cdot 25,133 + 0,25\sqrt{25,133} = 0,184 \text{ мм}$$

$$Bd_2 = \frac{((25,133 + 0,184) \cdot \cos 5^\circ)}{2} - 0,2 \cdot 0,184 = 12,614 \text{ мм}$$

$$h_a = 0,5 \cdot h_1 + a_c + Td_3 = 0,5 \cdot 17,6 + 0,5 + 1,2 = 10,5 \text{ мм}$$

$$m = Bd_2 - 2 \cdot h_a \cdot \operatorname{tg} \left( \frac{\alpha}{2} \right) = 12,614 - 2 \cdot 10,5 \cdot \operatorname{tg} 15^\circ = 6,988 \text{ мм}$$

Ширина остальных зубьев по вершинам

$$m_1 = 0,7 \cdot m = 4,892 \text{ мм}$$

Расстояние от линии среднего диаметра до основания зуба

$$hf = \frac{h_1}{2} = 8,8 \text{ мм}$$

Полная высота зуба  $h=h_a+h_f=19,3$  мм

Рабочая толщина фрезы

$$C = Bd_2 + hf \cdot \operatorname{tg} \left( \frac{\alpha}{2} \right) = 12,614 + 8,8 \cdot \operatorname{tg} 15^\circ = 17,329 \text{ мм}$$

Общая толщина

$$B = C + 3 = 17,329 + 2 = 19,3 \text{ мм}$$

Углы впадин по периферии  $\Theta=55^\circ$ , на боковых поверхностях  $\Theta_6=75^\circ$ .

Глубина впадин принимается такой, чтобы происходило взаимное перекрытие зубьев по периферии на  $q=(0,1 \dots 0,2)m=0,699$

Для получения равномерной ленточки по лезвиям фрезы на чертеже необходимо указывать углы установки делительной головки.

$$A=A_1-A_2$$

$$\operatorname{tg} A_1 = \cos \left( \frac{360}{66} \right) \cdot \operatorname{ctg} \left( \frac{30}{2} \right) = 3,703$$

$$A_1=75$$

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\sin A_2 = \operatorname{tg} \left( \frac{360}{66} \right) \cdot \operatorname{ctg} 63 \cdot \sin 75 = 0,053$$

$$A_2 = 3$$

$$A = 75 - 3 = 72^\circ$$

### 3.5 Проектирование операций технического контроля и выбор измерительного оборудования

Основным видом контроля размеров детали «вал червячный» является текущий контроль, проводимый во время изготовления деталей. и контроль в отделе технического контроля, захватывающий выборочные готовые детали из партии. Как правило контроль подвергается около 10% всей продукции, так как общая точность изготовления зависит от настройки оборудования и точности измерительных датчиков, установленных на металлорежущем оборудовании.

Для контроля линейных и диаметральных размеров применяется штангенциркуль с электронным индикатором (рисунок 3.22), для контроля диаметральных размеров применяется микрометр.

Штангенциркуль с электронной индикацией является не самым надежным инструментом из-за наступающей погрешности электронных измерений в свете износа самого считывающего устройства, но в исправном состоянии данный штангенциркуль позволяет проводить измерения с точностью до  $\pm 0,001$  мм, настраивать измерения на миллиметры и дюймы. Время работы ограничивается работой батарейки до её замены, после чего необходима калибровка инструмента.



Рисунок 3.22 – Электронный штангенциркуль

									Лист
									77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.451.000				

Для контроля внесистемных размеров применяем штангенглубиномер (рисунок 3.23).

Штангенглубиномер – это специализированный измерительный инструмент для высокоточного определения глубины отверстий и пазов.

Конструкция данного измерительного инструмента сходна со штангенциркулем за исключением губок на измерительной штанге. Её торец и является одной из основных измерительных поверхностей, которая вводится внутрь замеряемой плоскости. Наружным упором является основание рамки инструмента.

Благодаря нониусу в устройстве штангенглубиномеров можно производить измерение глубины отверстий и пазов с точностью 0,05 – 0,1 мм в зависимости от типа инструмента. В механических штангенглубиномерах с круговой шкалой точность достигает 0,02 мм.

Инструмент с цифровой индикацией имеет точность до 0,01 мм.



Рисунок 3.23 – Электронный штангенглубиномер

Для контроля канавки используем шаблон ГОСТ 2534-77 схема контроля представлена на рисунке 3.24

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

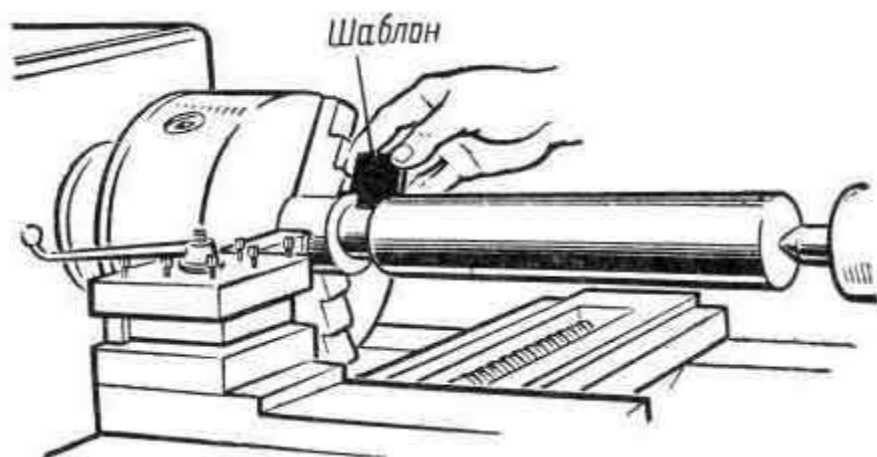


Рисунок 3.24 – Контроль канавки

Контроль резьбовых отверстий проводится калибром кольцом М52х2 ПР ГОСТ 24997-81 (рисунок 3.25)



Рисунок 3.25 – Калибр-кольцо

Контроль шероховатости поверхности проводится профилометром MARSURF M300 (рисунок 3.26) – прибор, предназначенный для измерения неровностей **поверхности**. Для оценки неровности поверхности часто используют специальный показатель — **шероховатость поверхности**. Типичный профилометр содержит **шкалу**, на которой и отсчитываются значения показателя шероховатости поверхности.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ.150305.2019.451.000

Лист

79



Рисунок 3.26 – Профилометр MARSURF M300

Радиальное биение относительно оси центров контролируется прибором для контроля радиального биения ПБ - 1000 (рисунок 3.27).

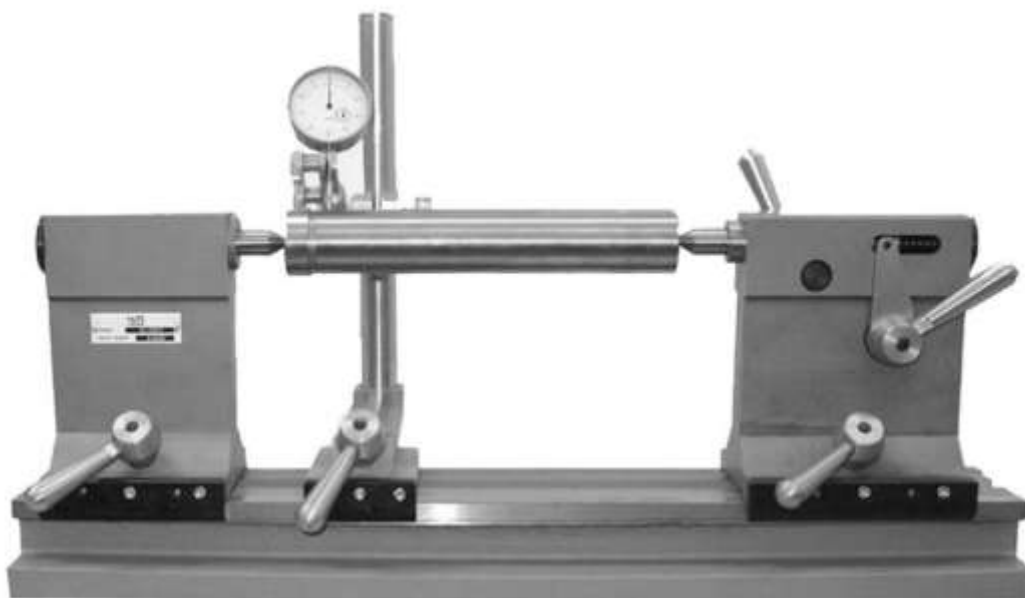
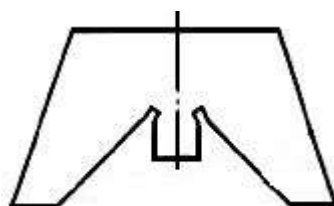


Рисунок 3.27 – прибор для контроля радиального биения ПБ - 1000  
 Для контроля червяка применяем комплексный калибр ГОСТ 9776-82  
 Расположение и размеры шпоночного паза контролируются пазовым калибром ГОСТ 24109-80 (рисунок 3.28)



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ.150305.2019.451.000



Рисунок 3.28 – пазовый калибр

## 4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

4.1 Наличие в технологическом процессе слесарных, универсальных или специальных операций

Технологический процесс детали «Червячный вал» не предусматривает специальных и слесарных операций. Удаление заусенцев и притупление острых кромок обеспечивается в процессе механической обработки на токарно-фрезерном обрабатывающем центре DMG MORI NTX 2000. Однако будут присутствовать универсальные операции (операция фрезерования, шлифовальная операция) .

4.2 Возможность встраивания основного оборудования в ГПС

Оборудование проектного технологического процесса предусматривает возможность встраивания его в ГПС.

К выбранному в проектном варианте технологического процесса основному оборудованию (токарно-фрезерный обрабатывающий центр DMG MORI NTX 2000) можно добавить промышленного робота для помещения заготовки на станок с ЧПУ, а также имеется возможность добавления модулей автоматического открывания-закрывания дверей станков, датчиков контроля износа и привязки режущего инструмента, стружечный конвейер для автоматизированной уборки отходов производства.

Система автоматической уборки стружки из зоны станка имеется на токарно-фрезерных обрабатывающих центрах и фрезерно-центровальном станке с ЧПУ.

4.3 Концентрация переходов на операциях механической обработки

При концентрации переходов повышается точность взаимного расположения поверхностей, обрабатываемых на одном установе, производительность обработки за счет совмещения во времени нескольких

										Лист
										81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.451.000					

технологических переходов и сокращения затрат вспомогательного времени (установка и снятие заготовок, смена инструмента, включение и выключение станка).

#### 4.4 Габаритные размеры детали

Габаритные размеры детали:  $\text{Ø}104 \times 874$  мм; вес – 25 кг. Данная деталь имеет относительно небольшие габариты, что позволяет автоматизировать технологический процесс.

#### 4.5 Наличие поверхностей для захвата промышленным роботом

Так как деталь имеет относительно небольшие габаритные размеры и имеет поверхности для захвата, это позволяет применять промышленного робота со схватом, для автоматизации процесса. Промышленный робот позволяет помещать заготовки на токарно-фрезерный обрабатывающий центр и переустанавливать заготовки на другой станок. Основной поверхностью для захвата детали является наружная поверхность.

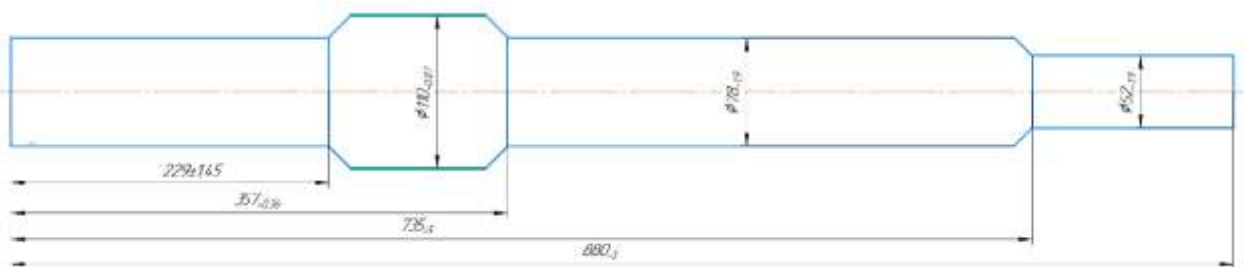


Рисунок 4.1 – Заготовка с поверхностью для захвата

Проведенный анализ возможности автоматизации показал, что проектный вариант технологического процесса обработки детали «Вал червячный» возможно частично автоматизировать. Присутствие человека необходимо на участке контроля, механической обработки, а также для управления кран-штабелером.

### 4.2 Разработка структурной схемы гибкого производственного участка

#### 4.2.1 Определение состава числа оборудования станочного комплекса ГПС.

Выбор вида станков, их специализации по числу управляемых координат и определение их количества в составе ГПС по выпуску деталей

заданной номенклатуры осуществляются на основе разработанных технологических процессов на типовые детали по следующей формуле:

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

где  $C_{cp}$  – средняя станкочасовая норма, приходящаяся на каждый станок, мин;  
 $T_{cp}$  – средний такт выпуска деталей, мин;  $K$  – число станков по виду оборудования.

$$C_{cp} = \frac{C_1 + C_2}{2}.$$

$$C_i = \sum_{i=1}^p t_{0Pi}$$

$$C_1 = 1 \cdot (0,7239 + 0,4 + 0,2) = 1,3239 \text{ мин.}$$

$$C_2 = 12 \cdot (25,81 + 0,8 + 1,5) = 337,3 \text{ мин.}$$

Средний такт выпуска деталей определяется по формуле:

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

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

$$T_{cp} = \frac{60 \cdot 4025 \cdot 0,85}{4000} = 51,318 \text{ мин.}$$

Результаты определения количества оборудования:

$$K = \frac{169,31}{51,318} = 3,3 \approx 3 \text{ станка.}$$

#### 4.2.2 Определение структуры и состава автоматизированной транспортно-складской системы ГПС

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

										Лист
										83
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.451.000					

каждого станка; транспортировать обработанные детали на позиции контроля и возвращать их для продолжения дальнейшей обработки или на позиции загрузки-разгрузки.

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;  $t_{\text{об}}$  – средняя трудоемкость обработки одной деталиустановки, мин;  $N$  – средняя месячная программа выпуска деталей одного наименования.

Подставляя, получим:

$$K_{\text{наим}} = \frac{60 \cdot 305 \cdot 3}{30,7 \cdot 333} = 5,37.$$

Полученное число деталиустановок определяет число ячеек в стеллаже. Для обеспечения нормальной работы ГПС необходим запас ячеек в накопителе, равный примерно 10 % от  $K_{\text{наим}}$ , поэтому принимаем  $K_{\text{наим}} = 6$ .

Расчет числа позиций загрузки и разгрузки

Расчет необходимого числа позиций загрузки и разгрузки производят по формуле:

$$n_{\text{поз}} = \frac{t \cdot K_{\text{дет}}}{\Phi_{\text{поз}} \cdot 60},$$

где  $t$  – средняя трудоемкость операций на позиции, мин;  $K_{\text{дет}}$  – число деталиустановок, проходящих через позицию в течение месяца, шт.;  $\Phi_{\text{поз}}$  – месячный фонд времени работы позиции, ч;  $\Phi_{\text{поз}} = \Phi_{\text{ст}} = 305$  ч.

$$K_{\text{дет}} = K_{\text{наим}} \cdot N,$$

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

Подставляя получим:

$$K_{\text{дет}} = 6 \cdot 333 = 1998 \text{ шт.}$$

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						84
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

Подставляя получим:

$$n_{\text{поз}} = \frac{8 \cdot 1998}{305 \cdot 60} = 0,873 \text{ поз.}$$

Расчет числа позиций контроля

В производстве, как правило, первая деталиеустановка, а затем каждая  $n$ -я проходят контроль. В ГАП это осуществляется на специально-

оборудованных позициях контроля.

При этом контроль детали осуществляется после обработки на каждом из станков ГПУ. Число деталиеустановок  $n$ , через которое деталь выводится на плановый контроль, устанавливает технолог. Вместе с тем, наладчик, который отвечает за качество обрабатываемых деталей, может вызывать на контроль любую деталь в промежутке обрабатываемых деталей, заданном технологом. Такая необходимость возникает, например, в момент обработки поверхности первый раз после плановой установки нового инструмента и после замены инструмента, выработавшего ресурс стойкости.

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

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

где  $t_k$  – суммарное время контроля одной деталиеустановки, мин;  $K_{\text{дет.к}}$  – число деталиеустановок, 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 деталиеустановок, обрабатываемых на комплексе за месяц, шт.;  $n$  – число деталиеустановок, через которое деталь выводится на контроль, шт.:

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

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						85
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где  $n_1$  – плановое число деталиустановок, через которое деталь выводится на контроль по требованию технолога, шт.;  $n_1=2$ ;  $k_1$  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:

$$n = \frac{10}{1,15 \cdot 1,05} = 8,28 \approx 9 \text{ шт.}$$

$$K_{\text{дет.к}} = \frac{1998}{9} = 222 \text{ шт.}$$

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:

$$t_{\text{к.ок}} = 2 \text{ мин.}$$

Подставляя получим:

$$t_k = 1 + 2 = 3 \text{ мин.};$$

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{3 \cdot 222}{305 \cdot 60} = 0,23 \approx 1 \text{ шт.}$$

Проектирование предварительной компоновки ГПУ

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

Затем выполним анализ графов, он сводится к визуальному

~~определению компоновки с наименьшими пересечениями материальных~~

						Лист
						86
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.451.000	

потоков, что должно обеспечить наименьшее число и время перемещений транспортного механизма.

Первый вариант расположения оборудования представлен на рисунке 4.2.

На данной схеме показано перемещение заготовок. Со склада заготовка, на кран-штабелёре, перемещается на приёмно - раздаточный стол; с приёмно-раздаточного стола на автокар, который при перемещает заготовку на приёмно-раздаточные столы фрезерно-центровального и токарно-фрезерных станков.

После этого заготовка перемещается на автокаре на приемно-раздаточный стол цеха механической обработки; после фрезерования заготовка отправляется с помощью автокара на склад для последующей термической обработки, далее заготовка с помощью автокара возвращается в цех механической обработки для шлифования поверхностей, требующих повышенную точность. Оттуда готовая деталь перемещается в моечную машину, а затем на участок контроля. После проведения всех контрольных измерений, деталь с приёмно-раздаточного стола, с помощью автокара отправляется на склад готовых деталей.

					<i>ЮУрГУ.150305.2019.451.000</i>	<i>Лист</i>
						87
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

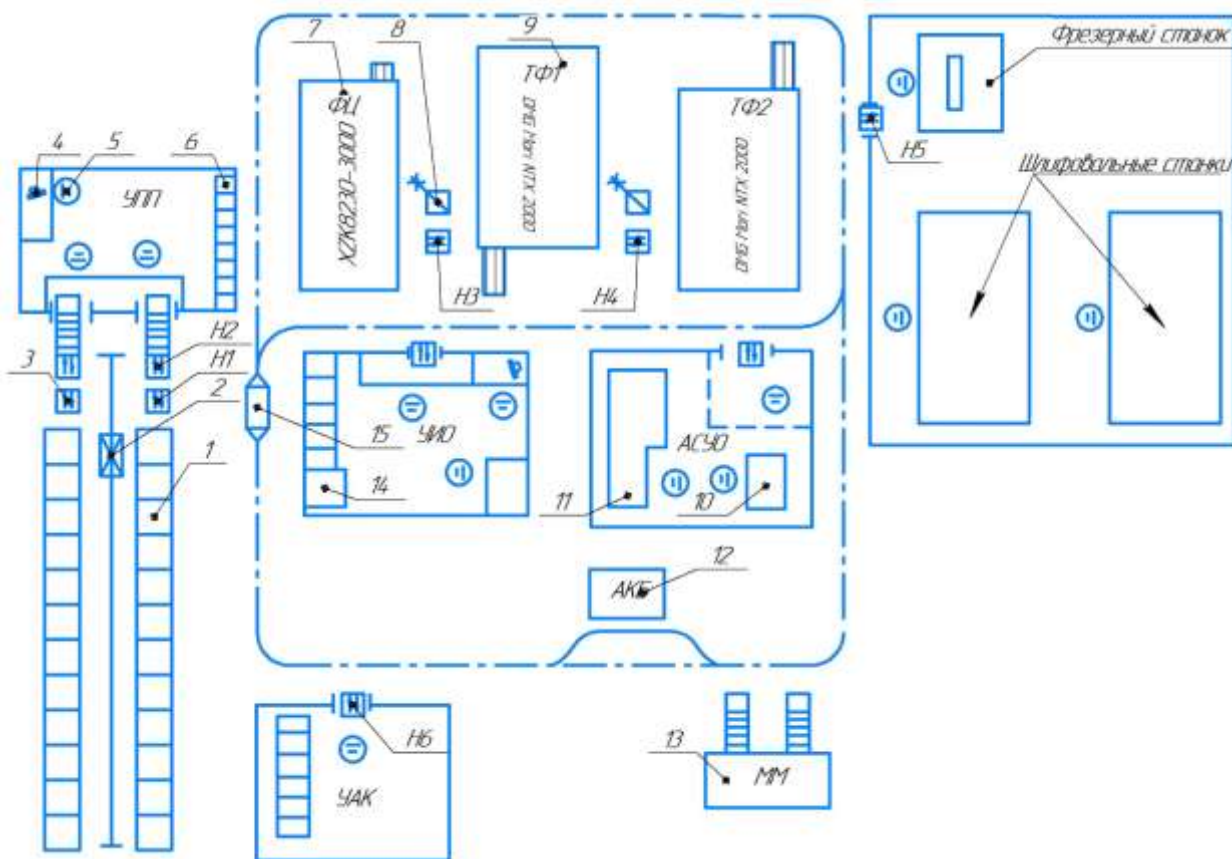


Рисунок 4.2– Планировка ГПС первый вариант

1 – склад; 2– кран-штабелер; 3 – приемо-раздаточный стол; 4 – компьютер; 5– рабочее место; 6– стеллаж; 7– фрезерно – центральный станок с ЧПУ; 8 – промышленный робот; 9 – токарно-фрезерный обрабатывающий комплекс с ЧПУ; 10 – измельчитель стружки; 11 – машина для брикетирования стружки; 12 – станция зарядки робокаров; 13 – моечная машина; 14– стеллаж 15 – электрокар.

Для выявления всех суммарных перемещений была составлена матрица ориентировочных перемещений подвижных механизмов АТСС (таблица 19).

Таблица 19 – Матрица перемещений подвижных механизмов АТСС

От чего движается (мм)	Куда двигается оборудование (мм)							
	С	Н1	Н2	Н3	Н4	Н5	ММ	Н6
С		1012				26559		
Н1			1078	6137				
Н2		1078						
Н3					4722			



Н4						10438		
Н5	26559						13932	
ММ	18898							8907
Н6	8763							
Итого	142015							

Граф перемещений для первого варианта компоновки транспортного механизма в ГПС представлен на рисунке 4.3.

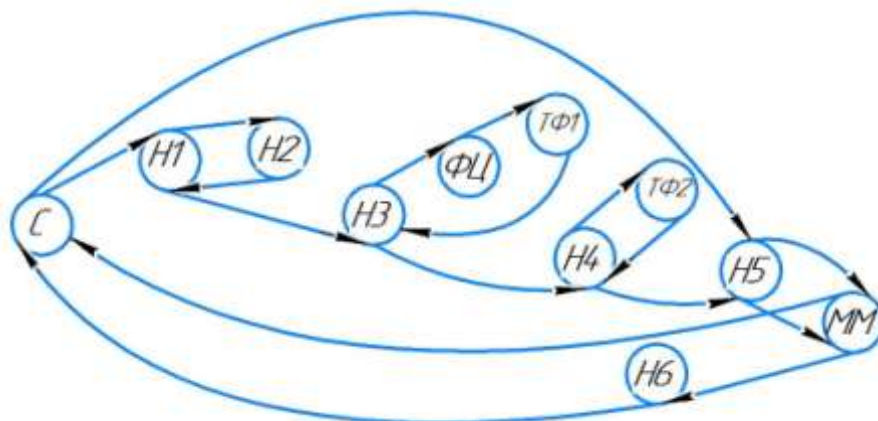


Рисунок 4.3 – Граф перемещений транспортного механизма в ГПУ

Второй вариант расположения оборудования представлен на рисунке 4.4.

На данной схеме алгоритм перемещения заготовки не изменяется, изменяется только расположение оборудования. Для выявления всех суммарных перемещений была составлена матрица ориентировочных перемещений подвижных механизмов АТСС (таблица 20).



Рисунок 4.4– Планировка ГПС второй вариант

Таблица 20 – Матрица перемещений подвижных механизмов АТСС

От чего движается (мм)	Куда движается оборудование (мм)										
	С	Н1	Н2	Н3	Н4	Н5	Н6	ММ	Н7	Н8	С2

С		1012					25394				
Н1			1078	6175							
Н2		1078									
Н3					7043						
Н4						6617					
Н5							6644	9788			
Н6								17196			
ММ	42590								9053		
Н7										6638	
Н8											1372
С2											
Итого											158874

Граф перемещений для второго варианта компоновки транспортного механизма в ГПС совпадает с первым вариантом, он представлен на рисунке 4.5.

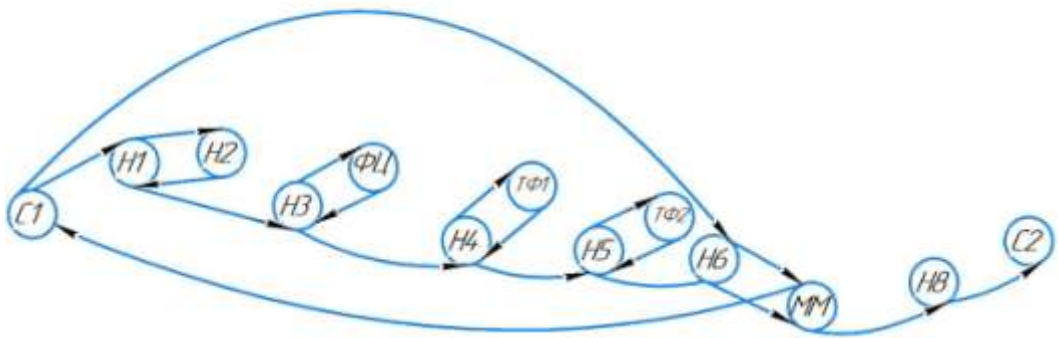


Рисунок 4.5 – Граф перемещений транспортного механизма в ГПУ

#### Определение числа подвижных транспортных механизмов АТСС

Робокар перемещает заготовки между станками и производственными участками, а готовые детали перемещает на склад.

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

$$T_{\text{обсл}} = \frac{t_{\text{ст-ст}}}{60},$$

где  $t_{\text{ст-ст}}$  – среднее время, затрачиваемое на передачу спутника со стола на стол, мин

$$t_{\text{ст-ст}i} = \frac{S_i}{V}$$

Примем скорость движения робокара  $V=100$  м/мин

Найдем время перемещений

$$t_{\text{ст-ст}_1} = \frac{S_1}{V} = \frac{6,137}{100} = 0,06137 \text{ мин.}$$

$$t_{\text{ст-ст}_2} = \frac{S_2}{V} = \frac{4,722}{100} = 0,04722 \text{ мин.}$$

Таким же образом найдем время перемещения робокара на остальных участках

$$t_{\text{ст-ст}} = \sum_{i=1}^n t_i + t_k$$

$t_k$  – время расчета и передачи кадра команды от ЭВМ в устройство ЧПУ штабелера, мин. Время  $t_k$  колеблется в пределах  $t_k = 1,5 \dots 10$  с

$$\begin{aligned} t_{\text{ст-ст}} &= \sum_{i=1}^n t_i + t_k = 0,06137 + 0,04722 + 0,10438 + 0,13932 + 0,08907 \\ &\quad + 0,26559 + 0,026559 + 0,18898 + 0,08763 + 0,16 \\ &= 1,40915 \text{ мин.} \end{aligned}$$

Найдем суммарное время работы робокара :

$$T_{\text{обсл}} = \frac{t_{\text{ст-ст}}}{60} = \frac{1,40915}{60} = 0,0208191 \text{ мин.}$$

Рассчитав суммарное время обслуживания станков, можно определить число штабелеров для выполнения этой работы:

$$K_{\text{шт.1}} = \frac{T_{\text{обсл}}}{\Phi_{\text{шт}}},$$

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

$$K_{\text{шт.1}} = \frac{0,0208191}{305} = 6,825 \cdot 10^{-5} \text{ шт.}$$

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

Кран-штабелер, расположенный на складе заготовок и готовой продукции, должен передавать заготовки со склада на приемо-раздаточный

									Лист
									91
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.451.000				

стола, а после на робокар, готовые детали с робокара на приемо-раздаточный стол и затем на склад.

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

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

где  $K_{\text{стел-р}}$  – число перемещений между стеллажом и столом;  $K_{\text{ст-ст}}$  – число перемещений между столами;  $t_{\text{стел-ст}}$  – среднее время, затрачиваемое на передачу спутника со стеллажа на стол и обратно, мин;  $t_{\text{ст-ст}}$  – среднее время, затрачиваемое на передачу спутника со стола на стол, мин.

Время выполнения штабелером одной передачи спутника ( $t_{\text{стел-ст}}$  или  $t_{\text{ст-ст}}$ ) равно:

$$t_{\text{стел-ст}} = t_{\text{ст-ст}} = t_1 + t_2 = 0,2533 + 0,2533 = 0,566 \text{ мин},$$

где  $t_1$  – время отработки кадра "Подойти и взять спутник", мин;  $t_2$  – время отработки кадра "Подойти и поставить спутник", мин.

$$t_1 = t_k + t_{\text{под}} + t_{\text{в.с}},$$

$$t_2 = t_k + t_{\text{под}} + t_{\text{п.с}},$$

где  $t_k$  – время расчета и передачи кадра команды от ЭВМ в устройство ЧПУ штабелера, мин;  $t_{\text{под}}$  – время подхода штабелера к заданной точке, мин;  $t_{\text{в.с}}$  – время работы цикловой автоматики по выполнению команды "Взять спутник", мин;  $t_{\text{п.с}}$  – то же "Поставить спутник", мин.

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

$$t_{\text{под}} = \frac{L}{V},$$

где  $L_x$  и  $L_y$  – соответственно длина перемещения штабелера по осям X и Y, м;  $V_x$  и  $V_y$  – соответственно скорость перемещения штабелера по осям x и y, м/мин. Для расчетов можно примем:  $V = 50$  м/мин;.

Подставляя получим:

$$t_{\text{под}} = \frac{11,541}{50} = 0,2308 \text{ мин};$$

$$t_1 = 0,15 + 0,2308 + 0,25 = 0,6308 \text{ мин};$$

									Лист
									92
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.451.000				

$$t_2 = 0,1 + 0,2308 + 0,2 = 0,5308 \text{ мин};$$

$$t_{\text{стел-ст}} = t_{\text{ст-ст}} = t_1 + t_2 = 0,6308 + 0,5308 = 1,1616 \text{ мин};$$

$$T_{\text{обсл}} = \frac{1,1616 + 2 \cdot 1,1616}{60} = 0,05808 \text{ мин.}$$

Рассчитав суммарное время обслуживания станков, можно определить число штабелеров для выполнения этой работы:

$$K_{\text{шт.1}} = \frac{T_{\text{обсл}}}{\Phi_{\text{шт}}},$$

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

$$K_{\text{шт.1}} = \frac{0,05808}{305} = 0,00019 \text{ шт.}$$

Для выполнения работы по перемещению заготовок и готовых деталей требуется один роботизированный кран-штабелер.

#### 4.3 Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы

В качестве вспомогательного оборудования применим промышленного робота. Промышленный робот – автоматическая машина, стационарная или передвижная, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, и перепрограммируемого устройства программного управления для выполнения в производственном

процессе двигательных и управляющих функций [ГОСТ 25686-85]. [14, с 26]

Промышленный робот необходим для перемещения заготовок с робокара на станки, также для установки и базирования заготовок.

Промышленный робот выбираем исходя из требований грузоподъемности и необходимой зоны обработки. Масса детали составляет 25 кг, но при этом для функционирования ГПС необходим робот с радиусом действия 2,9 м, поэтому принимаем промышленный робот KR 60 L16-2 KS (рисунок 4.6), технические характеристики которого представлены в таблице

21.

									Лист
									93
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.451.000				



Рисунок 4.6 – Промышленный робот KR 60 L16-2 KS

Таблица 21 – Характеристики промышленного робота KR 60 L16-2 KS

Параметры	Значения параметров
Контролируемые оси	6
Максимальная грузоподъёмности, кг	60
Точность позиционирования (мм)	$\pm 0,05$
Масса робота (кг)	650
Радиус действия (мм)	2952

Особенности и преимущества ПР:

- 1) высокая гибкость;
- 2) устойчивость груза;
- 3) минимальные затраты времени на техобслуживание;
- 4) повышенная технологичность;
- 5) автоматическая безопасность.

Для захвата заготовок необходим рабочий орган – схват промышленного робота. Чертеж схвата представлен на рисунке 4.7, на рисунке 4.8 представлена 3д модель.

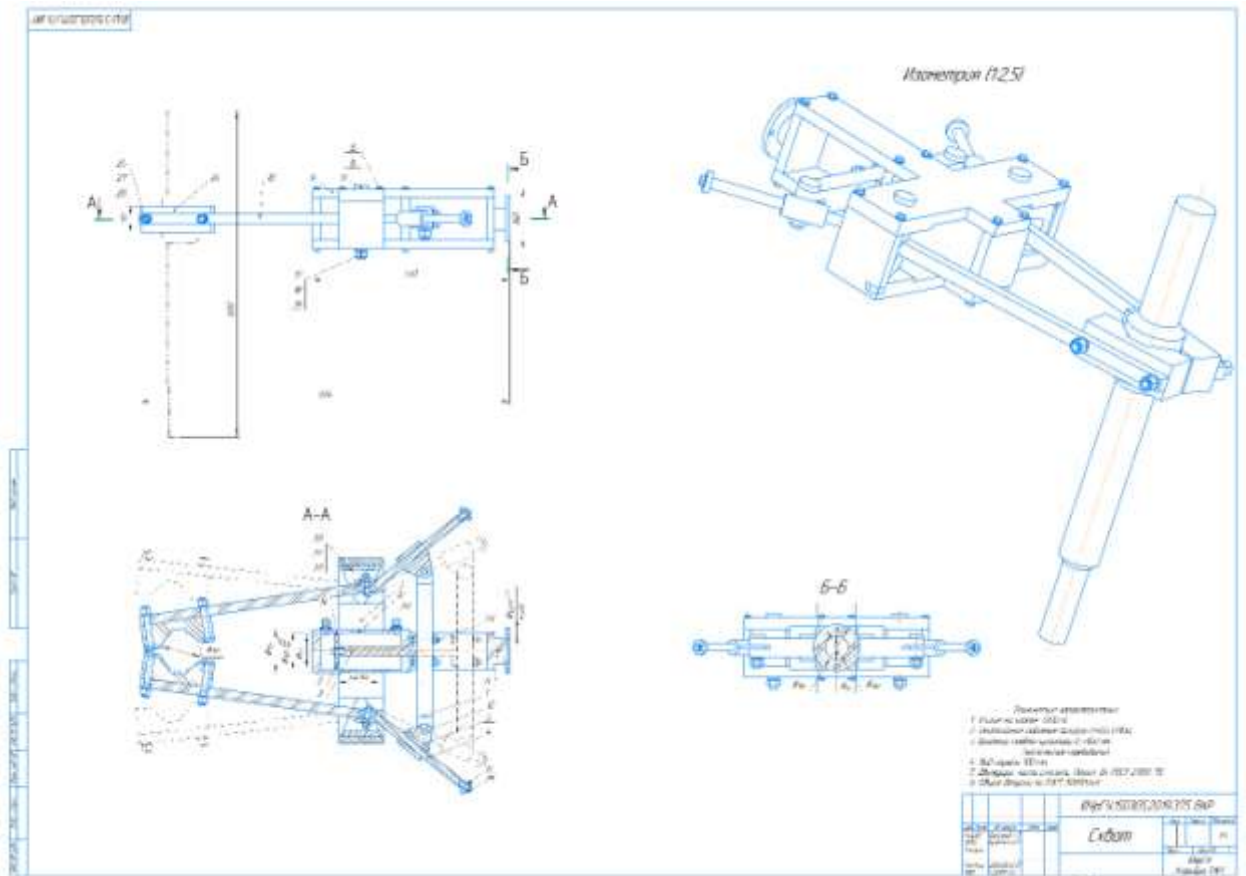
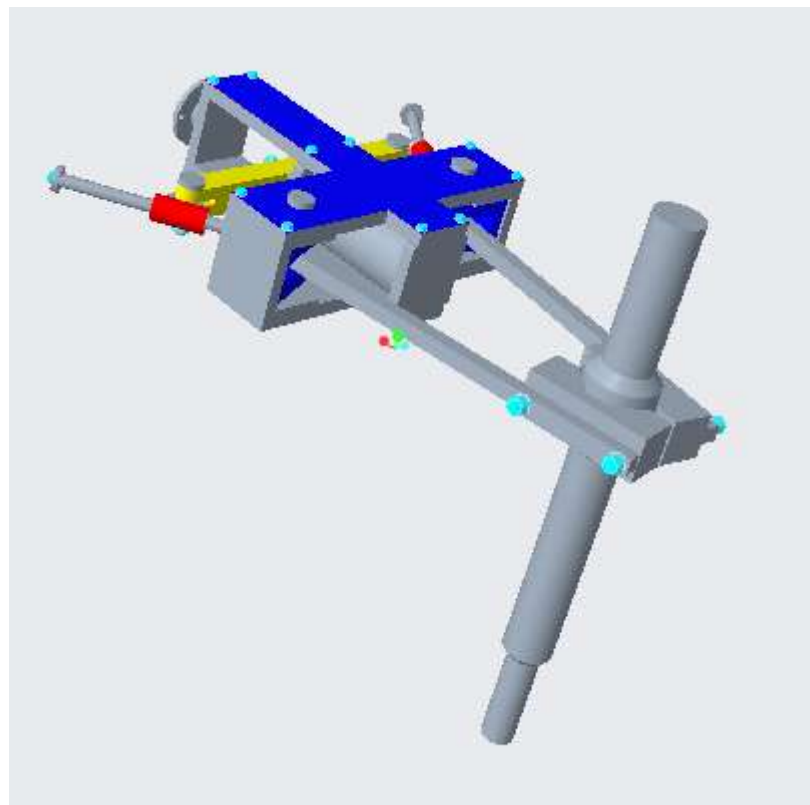


Рисунок 4.7 – Чертеж схвата для промышленного робота



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ.150305.2019.451.000

Лист

95

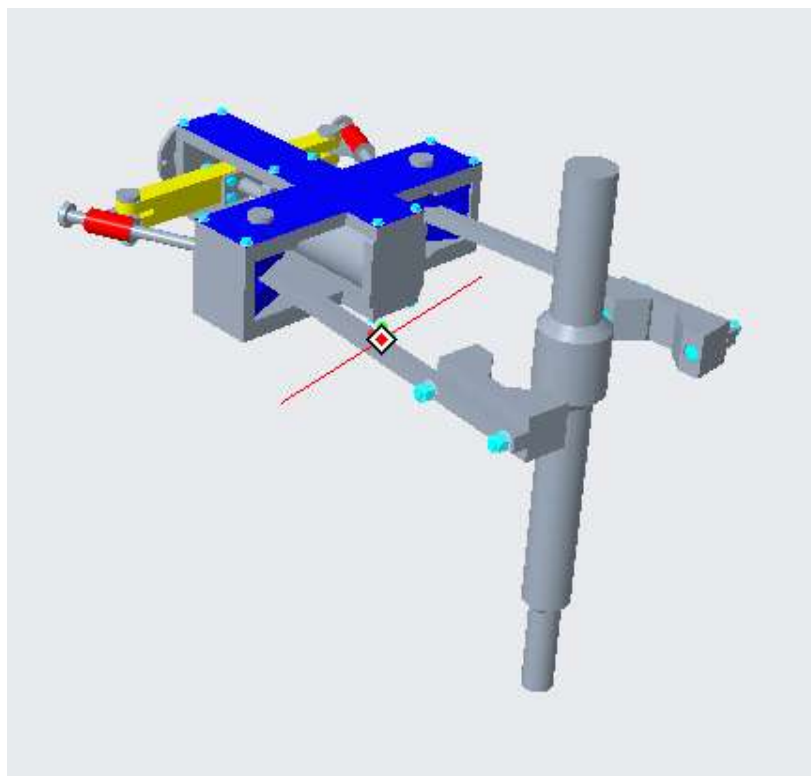


Рисунок 4.8 – Схват промышленного робота, 3д модель

Для транспортного обслуживания основного оборудования и вспомогательных участков выберем робокар. Робокар – это автоматизированный погрузчик, выполняющий транспортирование грузов без участия водителя. Выбираем по характеристикам робокар Skilled LGV 800S, представленный на рисунке 4.9. Высота подъема груза – 1 м, максимальная грузоподъемность – 500 кг, лазерное ориентирование.

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						96
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		





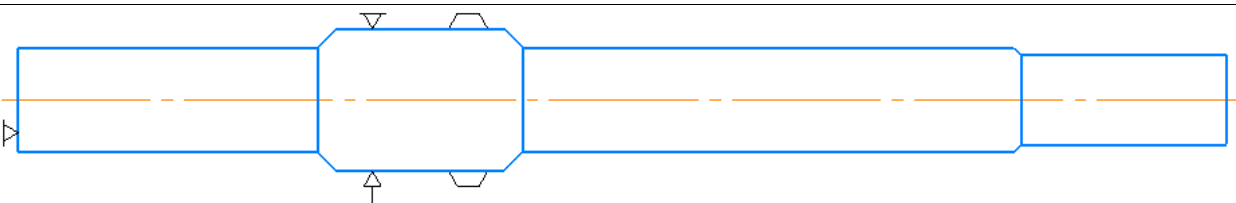
Рисунок 4.9 – Робокар Skilled LGV 800S

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

Рассмотрим схемы базирования заготовки для детали «Вал червячный». Схемы базирования заготовки на операциях изображены в таблице 22.

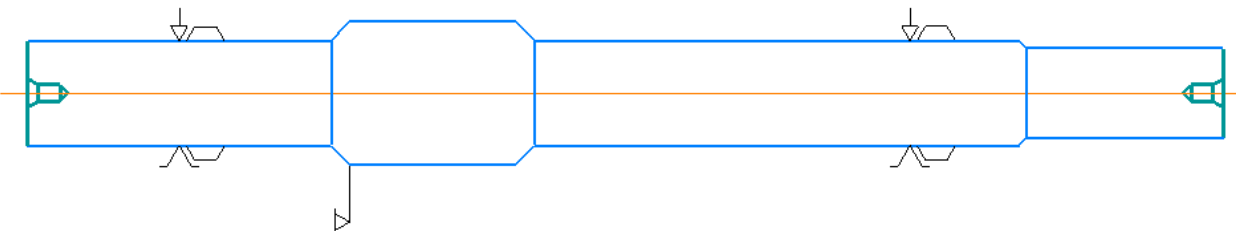
Таблица 22 – Схемы базирования роботом

Название операции, схема базирования и закрепления
В схеме промышленного робота перед обработкой

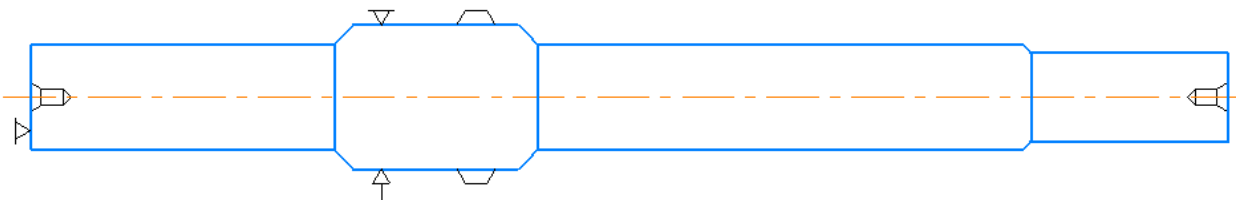


005 Фрезерно-центровальная с ЧПУ

В призмах с зажимом с упором по торцу

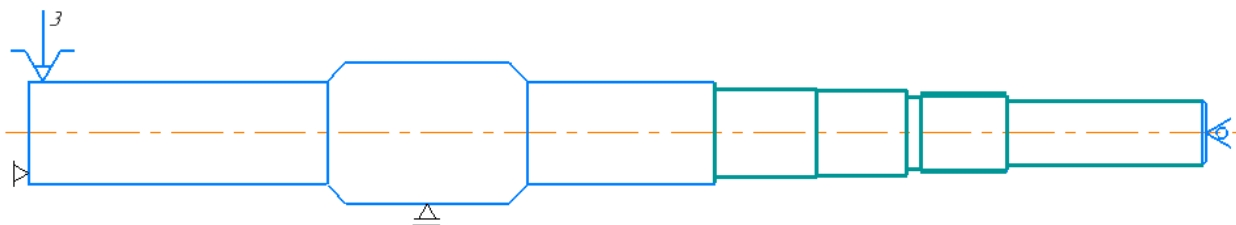


В схвате промышленного робота после фрезерно-центровальной операции с ЧПУ (005)



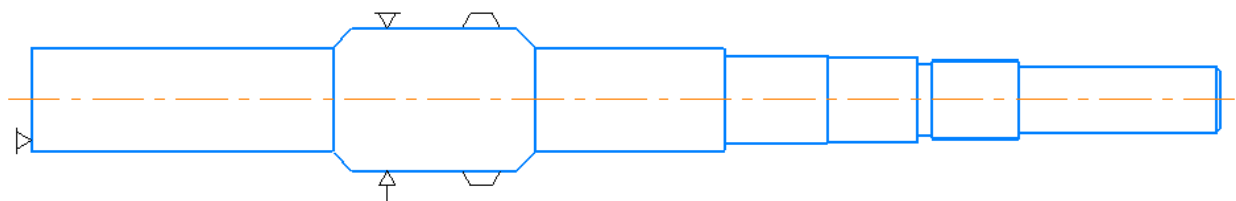
010 (установ А) Токарная операция с ЧПУ

В трехкулачковом патроне с упором по торцу, люнетом и вращающимся центром



Продолжение таблицы 22

(010 установ А) В схвате промышленного робота после токарной операции с ЧПУ

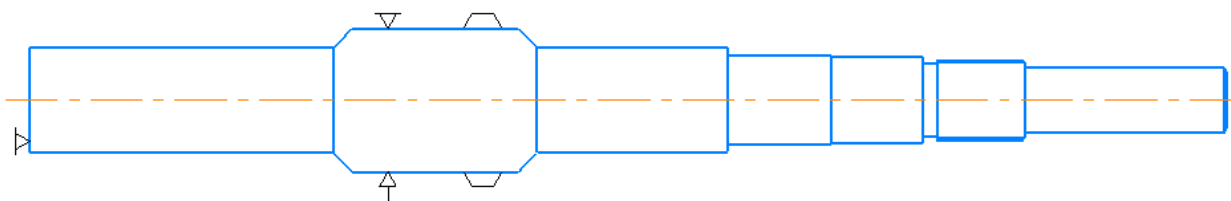


(010 установ Б) В схвате промышленного робота перед комплексной

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

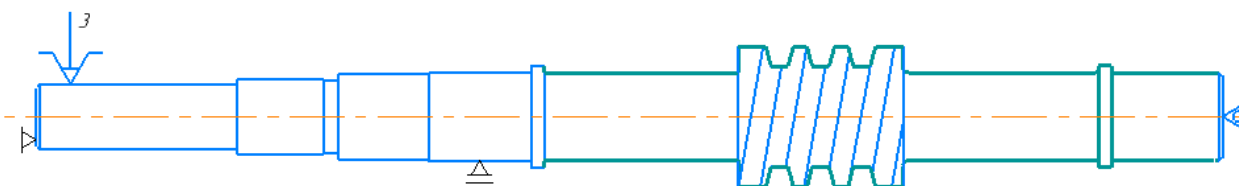
ЮУрГУ.150305.2019.451.000

операцией с ЧПУ



010 (установ Б) Комплексная операция с ЧПУ

В трехкулачковом патроне с упором по торцу, люнетом и вращающимся центром



В захвате промышленного робота после комплексной операций с ЧПУ (010 установ Б)



#### 4.5 Анализ производительности автоматизированной системы

Внедрение средств автоматизации, таких как, станки с ЧПУ, промышленные роботы, автоматизированные транспортная и складская системы, позволило ускорить производственный процесс, повысить качество изготавливаемой продукции снизить количество высококвалифицированного персонала, улучшить условия труда.

### 5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ

Раздел включает в себя разработку планировки участка механической обработки для спроектированного варианта технологического процесса.

На планировке укажем все технологическое оборудование: станки, рабочие места, приемо-раздаточные столы, промышленных роботов,

контрольные столы, моечную машину, средства межоперационного транспортирования заготовок, места рабочих у станков и склады.

В строительной части укажем: колонны с осями, дорожные пути, стены и перегородки. Шаг колонн выбираем 9 м, проезд принимаем равным 4 м.

Заготовки со склада на приемо-раздаточный стол перемещает кран-штабелер, оттуда их забирает робокар и передает на станок. Снятие и установку заготовок производит промышленный робот, перемещение заготовок между станками осуществляет робокар. После механической обработки робокар отвозит заготовки в моечную машину, а после на контрольный стол. После операции контроля робокар отвозит заготовки на приемо-раздаточный стол, и кран-штабелер перемещает их на склад.

## 6 БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА

6.1 Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда

Организация охраны труда на предприятиях является одной из важнейших задач и обязанностей администрации. Администрация

предприятий, учреждений, организаций обязана обеспечивать надлежащее					Лист
ЮУрГУ.150305.2019.451.000					100
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

техническое оборудование всех рабочих мест и создавать на них условия работы, соответствующие правилам по охране труда.

Действующее трудовое законодательство устанавливает, что ответственность за организацию труда в целом по предприятию несут его директор и главный инженер. По отдельным подразделениям такая ответственность возложена на соответствующих руководителей этих подразделений (начальников цехов, участков, мастеров и т. д.). Непосредственное руководство по организации охраны труда осуществляет главный инженер предприятия.

На предприятиях и в организациях в коллективных договорах, которые ежегодно от имени коллектива рабочих и служащих заключаются профсоюзом с администрацией, должна предусматриваться конкретная работа в области охраны труда.

Кроме того, проведение текущих мероприятий по охране труда отражается в соглашениях по охране труда, являющихся официальным приложением, составной частью коллективных договоров, а также в единых комплексных планах оздоровительных мероприятий. Ежегодные соглашения по охране труда — это важная правовая форма планирования мероприятий по охране труда. В соглашениях по охране труда уточняются и дополняются мероприятия по охране труда по цехам, участкам, агрегатам, устанавливаются сроки проведения каждого мероприятия, указываются лица, ответственные за их проведение.

Согласно ст. 148 КЗоТ РФ для проведения мероприятий по охране труда предприятия (организации) выделяют в установленном порядке средства и необходимые материалы. Расходование этих средств и материалов на другие цели запрещается.

Важное значение имеют правовые нормы, которые регулируют деятельность администрации предприятий (учреждений) и других должностных лиц, направленную на организацию предупреждения несчастных случаев и устранение вредных и опасных условий труда.

В целях охраны труда Кодекс Законов о Труде России возлагает на администрацию предприятий, учреждений, организаций, во-первых, проведение инструктажа рабочих и служащих по технике безопасности, производственной санитарии, противопожарной охране и другим правилам охраны труда, и во-вторых, осуществление постоянного контроля за соблюдением работниками всех требований инструкций по охране труда.

									Лист
									101
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.451.000				

Инструктаж и обучение работников правилам безопасных приемов и методов работы должны проводиться обязательно на всех предприятиях и в организациях, независимо от характера и степени опасности производства, а также квалификации и стажа работы работающего по данной профессии или должности.

Особую роль в организации работы по предупреждению несчастных случаев и проведению мероприятий, обеспечивающих безопасные и здоровые условия труда, играет инженерная служба техники безопасности, которая непосредственно подчинена руководителю предприятия (организации) и главному инженеру. В ее состав входят инженеры по технике безопасности или отдела (группы) по технике безопасности.

Инженер по технике безопасности отвечает за организацию разработки мероприятий по технике безопасности производственными подразделениями и принимает участие во внедрении этих мероприятий; осуществляет контроль за соблюдением на предприятиях законодательства по технике безопасности и проверку выполнения намеченных мероприятий в области охраны труда; участвует в комиссиях по рассмотрению проектов строительства, реконструкции ремонта цехов и оборудования и по приемке их в эксплуатацию и в расследовании причин аварий и несчастных случаев.

Для выполнения этих функций инженеру по технике безопасности предоставлен ряд прав, в том числе, право давать указания руководителям цехов и участков об устранении недостатков и нарушений правил безопасности, право запрещать работу на отдельных производствах, участках, агрегатах и станках в условиях, явно опасных для жизни и здоровья работающих, право принимать меры к изъятию инструментов, оборудования и приспособлений при несоответствии их требованиям техники безопасности и т. д.

Важнейшей задачей отдела техники безопасности является привлечение всего коллектива к участию в разработке и внедрении мероприятий по охране труда, а также к контролю за состоянием охраны труда на предприятии. Для этого отдел совместно с общественными организациями предприятия проводит смотры, соревнования по улучшению охраны труда и культуры производства.

## 6.2 Мероприятия по электробезопасности

К работе в электроустановках должны допускаться лица, прошедшие

инструктаж и обучение безопасным методам труда, проверку знаний правил					Лист
ЮУрГУ.150305.2019.451.000					102
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

безопасности и инструкций в соответствии с занимаемой должностью применительно к выполняемой работе с присвоением соответствующей квалификационной группы по технике безопасности и не имеющие медицинских противопоказаний.

Для обеспечения безопасности работ в действующих электроустановках должны выполняться следующие организационные мероприятия:

- 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 рабочие места;
- установление рациональных режимов труда и отдыха.

Для обеспечения безопасности работ в электроустановках следует выполнять:

- отключение установки (части установки) от источника питания;
- проверку отсутствия напряжения;
- механическое запираание приводов коммутационных аппаратов, снятие предохранителей, отсоединение концов питающих линий и другие меры, исключающие возможность ошибочной подачи напряжения к месту работы;
- заземление отключенных токоведущих частей (наложение переносных заземлителей, включение заземляющих ножей);
- ограждение рабочего места или остающихся под напряжением токоведущих частей, к которым в процессе работы можно прикоснуться или приблизиться на недопустимое расстояние.

При проведении работ со снятием напряжения в действующих электроустановках или вблизи них:

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						103
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- отключение установки (части установки) от источника питания электроэнергией;
- механическое запираание приводов отключенных коммутационных аппаратов, снятие предохранителей, отсоединение концов питающих линий и другие мероприятия, обеспечивающие невозможность ошибочной подачи напряжения к месту работы;
- установку знаков безопасности и ограждение остающихся под напряжением токоведущих частей, к которым в процессе работы можно прикоснуться или приблизиться на недопустимое расстояние;
- наложение заземлений (включение заземляющих ножей или наложение переносных заземлений);
- ограждение рабочего места и установка предписывающих знаков безопасности.

При проведении работ на токоведущих частях, находящихся под напряжением: выполнение работ по наряду не менее чем двумя лицами, с применением электрозщитных средств, с обеспечением безопасного расположения работающих и используемых механизмов и приспособлений. [14, с 36]

### 6.3 Мероприятия по пожарной безопасности

Основы противопожарной защиты предприятий определены стандартами

ГОСТ 12.1. 004 - 76 "Пожарная безопасность", ГОСТ 12.1.010- 76 "Взрывобезопасность. Общие требования"

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на организационные, технические, режимные, строительно-планировочные и эксплуатационные.

Организационные мероприятия: предусматривают правильную эксплуатацию машин и внутризаводского транспорта, правильное содержание зданий, территории, противопожарный инструктаж и тому подобное.

Режимные мероприятия - запрещение курения в неустановленных местах, запрещение сварочных и других огневых работ в пожароопасных помещениях и тому подобное.

									Лист
									104
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.451.000				



Эксплуатационные мероприятия - своевременная профилактика, осмотры, ремонты и испытание технологического оборудования.

Строительно-планировочные определяются огнестойкостью зданий и сооружений (выбор материалов конструкций: сгораемые, несгораемые, трудносгораемые) и предел огнестойкости — это количество времени, в течение которого под воздействием огня не нарушается несущая способность строительных конструкций вплоть до появления первой трещины. [15, с 16]

Все строительные конструкции по пределу огнестойкости подразделяются на 8 степеней от 1/7 ч до 2ч.

Технические мероприятия— это соблюдение противопожарных норм при эвакуации систем вентиляции, отопления, освещения, эл. обеспечения и т.д.

— использование разнообразных защитных систем;

— соблюдение параметров технологических процессов и режимов работы оборудования.

Способы и средства тушения пожаров

В практике тушения пожаров наибольшее распространение получили следующие принципы прекращения горения:

- 1) изоляция очага горения от воздуха или снижение концентрации кислорода путем разбавления воздуха негорючими газами (углеводы  $CO_2 < 12-14\%$ ).
- 2) охлаждение очага горения ниже определенных температур;
- 3) интенсивное торможение (ингибирование) скорости химической реакции в пламени;
- 4) механический срыв пламени струей газа или воды;
- 5) создание условий огнепреграждения (условий, когда пламя распространяется через узкие каналы).

Оценка пожарной опасности промышленных предприятий

В соответствии со СНиП 2-2-80 все производства делят по пожарной, взрывной и взрывопожарной опасности на 6 категорий.

А - взрывопожароопасные: производства, в которых применяют горючие газы с нижним пределом воспламенения 10% и ниже, жидкости с  $t_{всп} \leq 28^0C$  при условии, что газы и жидкости могут образовывать взрывоопасные смеси в объеме, превышающем 5 % объема помещения, а также вещества, которые способны взрываться и гореть при взаимодействии

										Лист
										105
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.451.000					

с водой, кислородом воздуха или друг с другом (окрасочные цехи, цехи с наличием горючих газов и тому подобное).

Б - взрывопожароопасные: производства, в которых применяют горючие газы с нижним пределом воспламенения выше 10%; жидкости  $t_{всн} = 28...61^{\circ}\text{C}$  включительно; горючие пыли и волокна, нижний концентрационный предел воспламенения которых  $65 \text{ г/м}^3$  и ниже, при условии, что газы и жидкости могут образовывать взрывоопасные смеси в объеме, превышающем 5 % объема помещения (аммиак, древесная пыль).

В - пожароопасные: производства, в которых применяются горючие жидкости с  $t_{всн} > 61^{\circ}\text{C}$  и горючие пыли или волокна с нижним пределом воспламенения более  $65 \text{ г/м}^3$ , твердые сгораемые материалы, способные гореть, но не взрываться в контакте с воздухом, водой или друг с другом.

Г - производства, в которых используются негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, а также твердые вещества, жидкости или газы, которые сжигаются в качестве топлива.

Д - производства, в которых обрабатываются негорючие вещества и материалы в холодном состоянии (цехи холодной обработки материалов и так далее).

Е - взрывоопасные: производства, в которых применяют взрывоопасные вещества (горючие газы без жидкостной фазы и взрывоопасные пыли) в таком количестве при котором могут образовываться взрывоопасные смеси в объеме превышающем 5% объема помещения, и в котором по условиям технологического процесса возможен только взрыв (без последующего горения); вещества, способные взрываться (без последующего горения) при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом.

Правила устройства электроустановок ПУЭ регламентируют устройство электрооборудования в промышленных помещениях и для наружных технологических установок на основе классификации взрывоопасных зон и смесей.

Зона класса В-помещения, в которых могут образовываться взрывоопасные смеси паров и газов с воздухом при нормальных условиях работы (слив ЛВЖ в открытые сосуды).

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						106
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Зона класса В-Ia. Взрывоопасные смеси не образуются при нормальных условиях эксплуатации оборудования, но могут образоваться при авариях и неисправностях.

Зона класса В-Iб:

а) помещения, в которых находятся горючие газы и пары с высоким нижним пределом воспламенения (15 % и более) с резким запахом (аммиак);

б) помещения, в которых могут образовываться взрывоопасные смеси в объеме, превышающем 5% объема помещения.

Зона класса В-Iв. Наружные установки, в которых находятся взрывоопасные газы, пары и ЛВЖ.

Зона класса В-II. Обработка горючих пылей и волокон, которые могут образовать взрывоопасные смеси при нормальном режиме работы.

Зона класса В-IIa. В-II при авариях или неисправностях.

Помещения и установки, в которых содержатся ГЖ и горючие пыли с нижним концентрационным пределом выше  $65 \text{ г/м}^3$ , относят к пожароопасным и классифицируют.

Зона класса П - I. Помещения, в которых содержатся ГЖ.

Зона класса П - II. Помещения, в которых содержатся горючие пыли с нижним концентрационным пределом выше  $65 \text{ г/м}^3$ .

Зона класса П - IIa. Помещения, в которых содержатся твердые горючие вещества, не способные переходить во взвешенном состоянии.

Установки класса П - III. Наружные установки, в которых содержатся ГЖ ( $t_{вост} > 61^\circ\text{C}$ ) и твердые горючие вещества.

Помещение по взрывопожарной и пожарной опасности по ОНТП 24-86 должно быть категории "В", класс помещения по ПУЭ-86 - П-IIa, группа производственных процессов по санитарной характеристике СНИП 2.09.04-87 -16.

Характеристика производственных помещений для эксплуатации Комплекса:

- по степени огнестойкости зданий и сооружений - группа III
- по классу помещений с образованием взрывоопасных смесей – группа П-IIa
- по категории пожароопасности технологического процесса - группа В
- по категории и группе взрывоопасных смесей - Т2

В производственном помещении должны быть предусмотрены устройства автоматической противопожарной сигнализации и пожаротушения.

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						107
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В общей схеме противопожарной сигнализации производственного помещения должны быть предусмотрены датчики температуры саморазогрева и самовоспламенения материалов при измельчении и хранении продуктов переработки. Все перемещающиеся и вращающиеся части оборудования закрыты ограждениями. [15]

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						108
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

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

Для проектного варианта технологического процесса варианта был выбран способ получения заготовок в условиях крупносерийного производства, было изменено основное технологическое оборудование (обрабатывающий центр с ЧПУ DMG MORI NTX 200, фрезерно-центровальный станок с ЧПУ XZK8230-3000, вертикально-фрезерный станок 6Т12, полуавтомат круглошлифовальный 3М132В, промышленный робот KUKA KR 60 L16-2 KS, робокар Skilled LGV 800S) с учётом автоматизации механической обработки заготовки. Так же была сформирована операционно-маршрутная технология, произведён размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса, рассчитаны режимы резания и нормы времени на все операции ( $T_{шт} \approx 50,84$  мин).

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

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						109
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

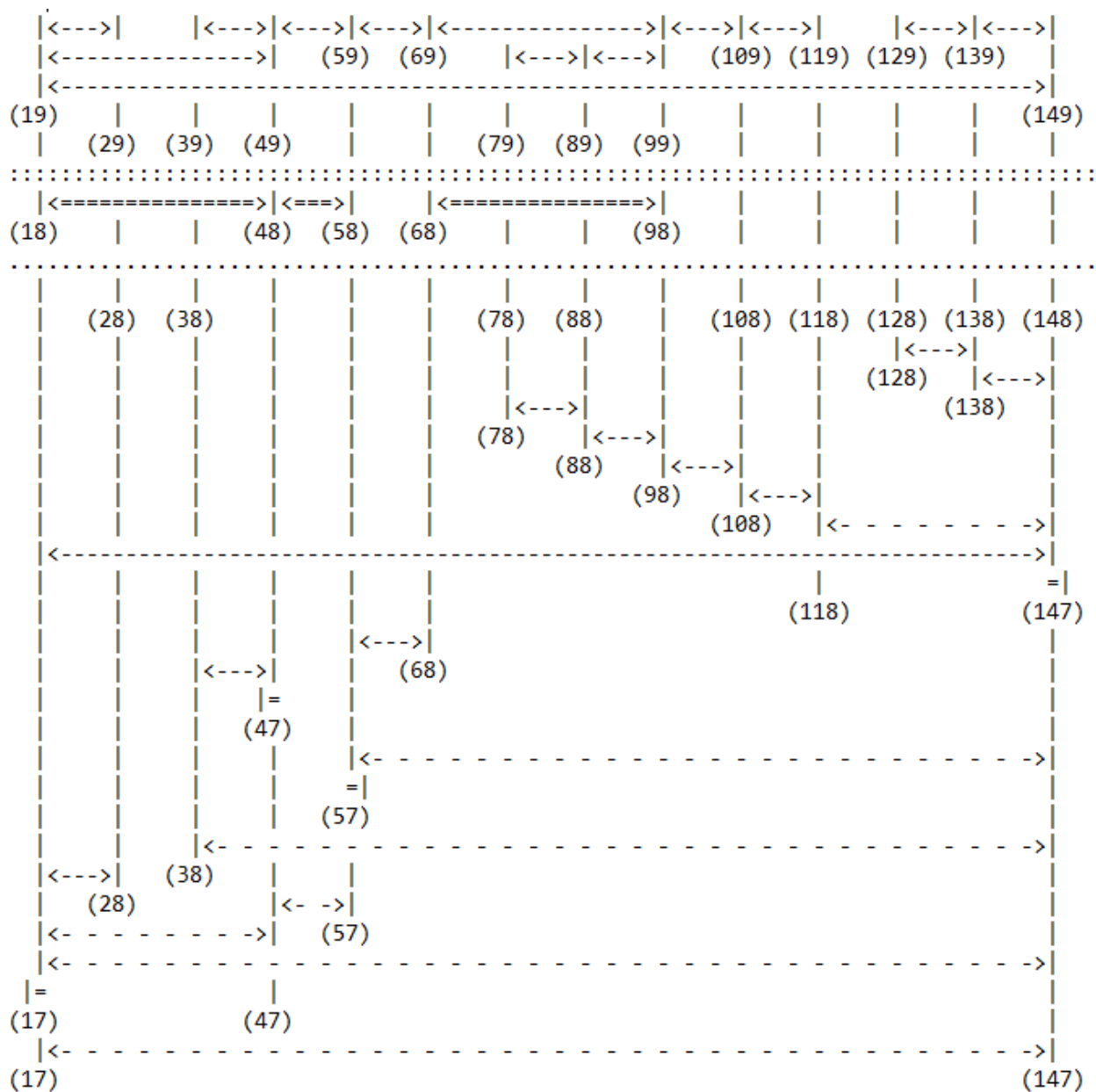
- 1) Кулыгин, В.Л. Основы технологии машиностроения: учебное пособие / В.Л. Кулыгин, И.А. Кулыгина, – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 147 с.
- 2) . Зубарев Ю. М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении: Учебник. – СПб.: Издательство «Лань», 2015. – 320 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).
- 3) Кулыгин, В.Л. Технология машиностроения: учебное пособие / В.Л. Кулыгин В.И. Гузеев, И.А. Кулыгина. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. Ч. 1. –93 с.
- 4) Кулыгин, В.Л. Технология машиностроения: учебное пособие / В.Л. Кулыгин, В.И. Гузеев, И.А. Кулыгина, – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – Ч.2. – 77 с.
- 5) Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть 2. Нормативы режимов резания. – М.: Экономика, 1990. – 473 с.
- 6) [ru.dmgmori.com](http://ru.dmgmori.com) – каталог компания DMG MORY
- 7) Шамин, В.Ю. Теория и практика решения конструкторских и технологических размерных цепей: электронное учебное пособие. – 5-е изд., перер. и доп. / В.Ю. Шамин. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 530 с.
- 8) Гришин, Р.Г. Нормирование станочных работ. Определение вспомогательного времени при механической обработке деталей: учебное пособие / Р.Г. Гришин, Н.В. Лысенко, Н.В. Носов.– Самара 2008. – 143 с.
- 9) Батуев, В.В. Оформление технологической документации: Методические указания / В.В. Батуев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – 61 с.

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						110
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- 10) Фельдштейн, Е. Э. Режущий инструмент. Курсовое и дипломное проектирование / Е. Э. Фельдштейн, М. А. Корниевич, В. И. Шагун. – М.: Дизайн ПРО, 2002. – 320 с.
- 11) Общий каталог металлорежущего инструмента фирмы SECO.
- 12) Семеченко, И.И Проектирование металлорежущих инструментов / И.И Семеченко, В.М Матюшин, Г.Н Саханов 1963. 920с.,ил.
- 13) 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.
- 14) Боровик, С.И. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие с элементами самостоятельной работы студентов / С.И. Боровик, Л.М. Киселева, А.В. Кудряшов и др; под ред. А.И. Сидорова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – Ч. I. – 247 с.
- 15) Герасимова, В.Г. Электротехнический справочник. Общие вопросы. Электротехнические материалы. Под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова, П. Г. Грудинского, Л. А. Жукова и др. — 6-е изд., испр. и доп. — М.: Энергия, 1980. — 520 с.

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
						111
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## ПРИЛОЖЕНИЕ А





|<--->|<##>|<--->|  
 | Visual KursAR | Курс Автоматизированного Расчета размерных цепей  
 | Version 7.12 | (с) Без права эксплуатации в других организациях!  
 |<- ->|<=>|<- ->|

Файл: Шамгунов тех процесс 1.rkc  
 Организация: Деканат МТ факультета  
 Расчётчик: Шамгунов А.Э. П-451  
 Изделие: Вал червячный  
 Дата (д.м.г): 10.4.2019

Исходная размерная информация

```
-----
1: 9 19 29 76 0,37 -0,37           2: 9 39 49 144 1 0
3: 9 19 49 231 0,575 -0,575       4: 9 49 59 122 0 -1
5: 9 59 69 144 1 0                 6: 9 69 99 153 0 -1
7: 9 79 89 76 0,37 -0,37          8: 9 89 99 67 0,37 -0,37
9: 9 99 109 4 0,3 0                10: 9 109 119 75 0 -0,74
11: 9 129 139 70 0,74 0            12: 9 139 149 70 0 -0,74
13: 9 19 149 874 0 -2,3            14: 3 18 48 231 0,575 -0,575
15: 3 48 58 122 0 -1               16: 3 68 98 153 0 -1
17: 8 128 138 70 0,74 0           18: 8 138 148 70 0 -0,74
19: 8 78 88 76 0,15 -0,15         20: 8 88 98 67 0,15 -0,15
21: 8 98 108 4 0,024 -0,024       22: 8 108 118 75 0 -0,12
23: 6 118 148 0,08 -0,08 3        24: 8 18 148 874 0 -0,36
25: 2 148 147 0,18                26: 8 58 68 144 0,16 0
27: 2 47 48 0,18                  28: 6 58 147 0,14 -0,14 3
29: 8 38 48 144 0 -0,16           30: 2 58 57 0,18
31: 6 38 147 0,16 -0,16 3         32: 8 18 28 76 0,37 -0,37
33: 6 47 57 0 -0,16 3             34: 6 18 47 0,0925 -0,0925 3
35: 2 17 18 0,18                   36: 6 18 147 0 -0,36 3
37: 6 17 147 0 -3,6 3
```

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 0.  
 Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 7.  
 Гр. 5 ..... - заменяющие-замыкающие размеры-звенья - {~} = 0.  
 Гр. 6 ..... - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 7.  
 Гр. 7 и 8 .. - составляющие известные размеры ..... - (+) = 10.  
 Гр. 9 ..... - исходные (чертежные) размеры ..... - (+) = 13.

Диагностическая информация по схеме

Все размеры схемы связаны и не имеют циклов.

Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 7.

Гр. 6 ..... - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 7.

Цепи размерные.

Уравнения решены методом Максимума-Минимума:

1. [148=147]=+(18-147)-(18+148)
2. [18=48]=+(38+48)-(38-147)+(18\_147)
3. [48=58]=- (58-147)+(38\_147)-(38+48)
5. [47=48]=+(38+48)-(38\_147)+(18\_147)-(18-47)
6. [58=57]=+(47-57)+(18\_47)-(18\_147)+(58\_147)
7. [17=18]=- (18\_147)+(17-147)

Вероятностный метод решения. Тип производства: серийное.

4. [68=98]=- (98+108)-(108+118)-(118-148)+(18+148)-(18\_147)+(58\_147)-  
-(58+68)

Таблица .....

Результаты расчета размерной схемы (см. ....)

Гр	Номера левой и правой поверхностей звена	Номинал. значение	Верхнее отклон.	Нижнее отклон.	Средний номинальный размер звена	Запасы расчетн. предельных значений исходного звена
п	поверхностей звена	Если нет номинала	Предельн.значен.: Min и Max		размер звена	по Min и по Max
3=	18 48	231,000	0,420	-0,420	231,000	0,155 0,155
3=	48 58	122,000	-0,120	-0,880	121,500	0,120 0,120
3=	68 98	153,000	-0,110	-0,889	152,500	0,111 0,111
2=	148 147		0,110	0,830	0,470	0,000
2=	47 48		0,111	1,136	0,623	0,001
2=	58 57		0,111	1,096	0,603	0,001
2=	17 18		0,110	4,070	2,090	0,000
6+	38 147	787,210	0,160	-0,160	787,210	
6+	58 147	521,790	0,140	-0,140	521,790	
6+	118 148	145,800	0,080	-0,080	145,800	
6+	18 147	874,470	0,000	-0,360	874,290	
6+	18 47	230,377	0,093	-0,092	230,377	
6+	47 57	122,806	0,000	-0,160	122,726	
6+	17 147	878,180	0,000	-3,600	876,380	

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Тип станка		NTX 2000
Технические характеристики		
Диаметр обточки	max. mm	Ø 610
Длина обточки	max. mm	1,540
Ход инструментального шпинделя по оси X	mm	495
Ход инструментального шпинделя по оси Y	mm	125
Ход инструментального шпинделя по оси Z	mm	1,560
Скорость вращения шпинделя	max. об/мин	5,000
Скорость инструментального шпинделя	max. об/мин	12,000
Объем накопителя инструментов		38
Быстрый ход	X/Y/Z/m/min	40/40/40
• Перемещение по оси X	• kW	• 22/18.5
• Мощность приводного инструмента (30 мин/пост)	• kW	• 4,8/2,3
• Занимаемая площадь	• mm	• 4,080/2,980/2,621

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

Технические характеристики	Ед. изм.	XZK8230-3000
Диаметр обработки × Длина обработки	мм	Ø300×3000
Макс. диаметр фрезеруемого торца	мм	Ø300
Диаметр отверстия	мм	Ø6.3/ 8/ 10
Макс. длина детали	мм	3000
Мин. длина детали	мм	700 (или 1400, если используются торцевые тиски с обеих сторон)
Расстояние от осевой линии сверлильного и фрезерного шпинделей до поверхности направляющих	мм	400
Расстояние между сверлильным и фрезерным шпинделями	мм	350
Расстояние от сверлильного и фрезерного шпинделей до пола	мм	1200
Диаметр зажима	мм	Ø200 - Ø350
Диаметр зажима поддерживающих суппортов с V-образными зажимами	мм	Ø220- Ø320
Контроль скорости фрезерного шпинделя (коробкой скоростей)		бесступенчато (частотным преобразователем двигателя) - опция
Контроль скорости сверлильного шпинделя (коробкой скоростей)		бесступенчато (частотным преобразователем двигателя) - опция
Диапазон подач сверлильного и фрезерного шпинделей	м/мин	0.03-0.1 (бесступенчато)
Макс. ход фрезерного шпинделя	мм	345
Макс. ход сверлильного шпинделя	мм	45
Макс. припуск на обработку при фрезеровании (на одну сторону)	мм	8-10
Диаметр фрезы	мм	Ø350
Ускоренная подача сверлильного шпинделя, суппорта и тисков	м/мин	2.5
Суммарная мощность двигателей	кВт	28
Мощность двигателя фрезерного шпинделя	кВт	11×2
Мощность двигателя сверлильного шпинделя	кВт	3×2
Мощность двигателя гидростанции	кВт	1.5
Мощность двигателя системы охлаждения	кВт	0.12
Габаритные размеры в плане (Д × Ш × В)	мм	4930×2300×1850
Вес станка	кг	18000
Точность обработки (при обработке деталей из закаленной стали Ст45)		
- биение между центральным отверстием и наружным диаметром	мм	0.2
- параллельность торцов	мм	0.15
- биение между торцами и общей длиной осевой линии отверстий	мм	0.05 / Ø50
- соответствие глубины отверстий	мм	0.1
- шероховатость торцов		6,3
- шероховатость конуса 60° центрального отверстия		3,2

ПРИЛОЖЕНИЕ I

ЮУрГУ.150305.2019.451.000

Лист

116

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

Наименование параметра	6Т12
Размеры поверхности стола, мм	1250 x 320
Наибольшая масса обрабатываемой детали, кг	400
Наибольший продольный ход стола (X), мм	800
Наибольший поперечный ход стола (Y), мм	320
Наибольший вертикальный ход стола (Z), мм	420
Расстояние от торца шпинделя до поверхности стола, мм	30..450
Расстояние от оси шпинделя до вертикальных направляющих станины (вылет), мм	380
Расстояние от края стола до вертикальных направляющих станины, мм	70..390
Шпиндель	
Мощность привода главного движения, кВт	7,5
Частота вращения шпинделя, об/мин	31,5..1600
Количество скоростей шпинделя	18
Перемещение пиноли шпинделя, мм	70
Перемещение пиноли шпинделя на одно деление лимба, мм	0,05
Угол поворота шпиндельной головки, град	±45°
Конец шпинделя ГОСТ 836-62	
Конец шпинделя ГОСТ 24644-81, ряд 4, исполнение 6	50
Рабочий стол. Подачи	
Пределы продольных и поперечных подач стола (X, Y), мм/мин	12,5..1600
Пределы вертикальных подач стола (Z), мм/мин	4,1..530
Количество подач стола (продольных, поперечных, вертикальных)	22
Скорость быстрых перемещений (продольных, поперечных/ вертикальных) X, Y/ Z, м/мин	4/ 1,330
Перемещение стола на одно деление лимба (продольное, поперечное, вертикальное), мм	0,05
Перемещение стола на один оборот лимба (продольное, поперечное/ вертикальное), мм	6/ 2
Наибольшее допустимое усилие резания (продольное/ поперечное/ вертикальное), кН	15/ 12/ 5
Механика станка	
Выключающие упоры подачи (продольной, поперечной, вертикальной)	Есть
Блокировка ручной и механической подач (продольной, поперечной, вертикальной)	Есть
Блокировка раздельного включения подач	Есть
Торможение шпинделя	Есть
Предохранительная муфта от перегрузок	Есть
Автоматическая прерывистая подача	Есть
Количество электродвигателей на станке	4
Электродвигатель главного движения, кВт	7,5
Электродвигатель привода подач, кВт	3
Электродвигатель зажима инструмента, кВт	0,25
Электродвигатель насоса СОЖ, кВт	0,12
Суммарная мощность всех электродвигателей, кВт	10,87
Габариты станка (длина ширина высота), мм	2280 1965 2265
Масса станка, кг	3250

					ЮУрГУ.150305.2019.451.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		117

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Наименование параметра	3М132В
Основные параметры	
Класс точности по ГОСТ 8-82	В
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм	280
Наибольшая длина обрабатываемого изделия, мм	1000
Наибольший диаметр шлифования без люнета, мм	280
Наибольший диаметр шлифования в люнете, мм	60
Наименьший диаметр шлифования при изношенном круге, мм	-
Наибольшая длина шлифования, мм	
Расстояние от оси шпинделя передней бабки до зеркала стола (высота центров), мм	185
Наибольшая масса обрабатываемого изделия, кг	55
Конус шпинделя передней бабки и пиноли задней бабки по ГОСТ 2847-67	
Конец шлифовального шпинделя по ГОСТ 2323-67 (конусность 1:5, номинальный диаметр), мм	
Станина и столы станка	
Наибольшее продольное перемещение стола, мм	995
Наименьший ход стола между упорами, мм	
Ручное замедленное/ ускоренное перемещения стола за один оборот маховика, мм	
Скорость перемещения стола от гидросистемы, м/мин	0,05..5
Наибольший угол поворота верхнего стола по часовой стрелке, град	8
Наибольший угол поворота верхнего стола против часовой стрелки, град	8
Цена деления шкалы поворота верхнего стола, град	0°20'
Шлифовальная бабка	
Диаметр шлифовального круга - наибольший/ наименьший, мм	600/ 450
Диаметр шлифовального круга - посадочный, мм	305
Наибольшая высота устанавливаемого круга, мм	80
Частота вращения шпинделя шлифовальной бабки (круг = Ø600мм), об/мин	
Наибольший угол поворота шлифовальной бабки, град	±30°
Механизм поперечных подач шлифовальной бабки	
Наибольшее перемещение шлифовальной бабки по винту, мм	290
Величина быстрого подвода шлифовальной бабки, мм	
Время быстрого подвода шлифовальной бабки, с	
Толчковая подача - периодическая подача с реверсированием стола, мм	0,001..0,05
Величина тонкой подачи, мм	
Величина тонкой толчковой подачи, мм	0,001

Величина врезной подачи на диаметр изделия, мм	
------------------------------------------------	--

Лист

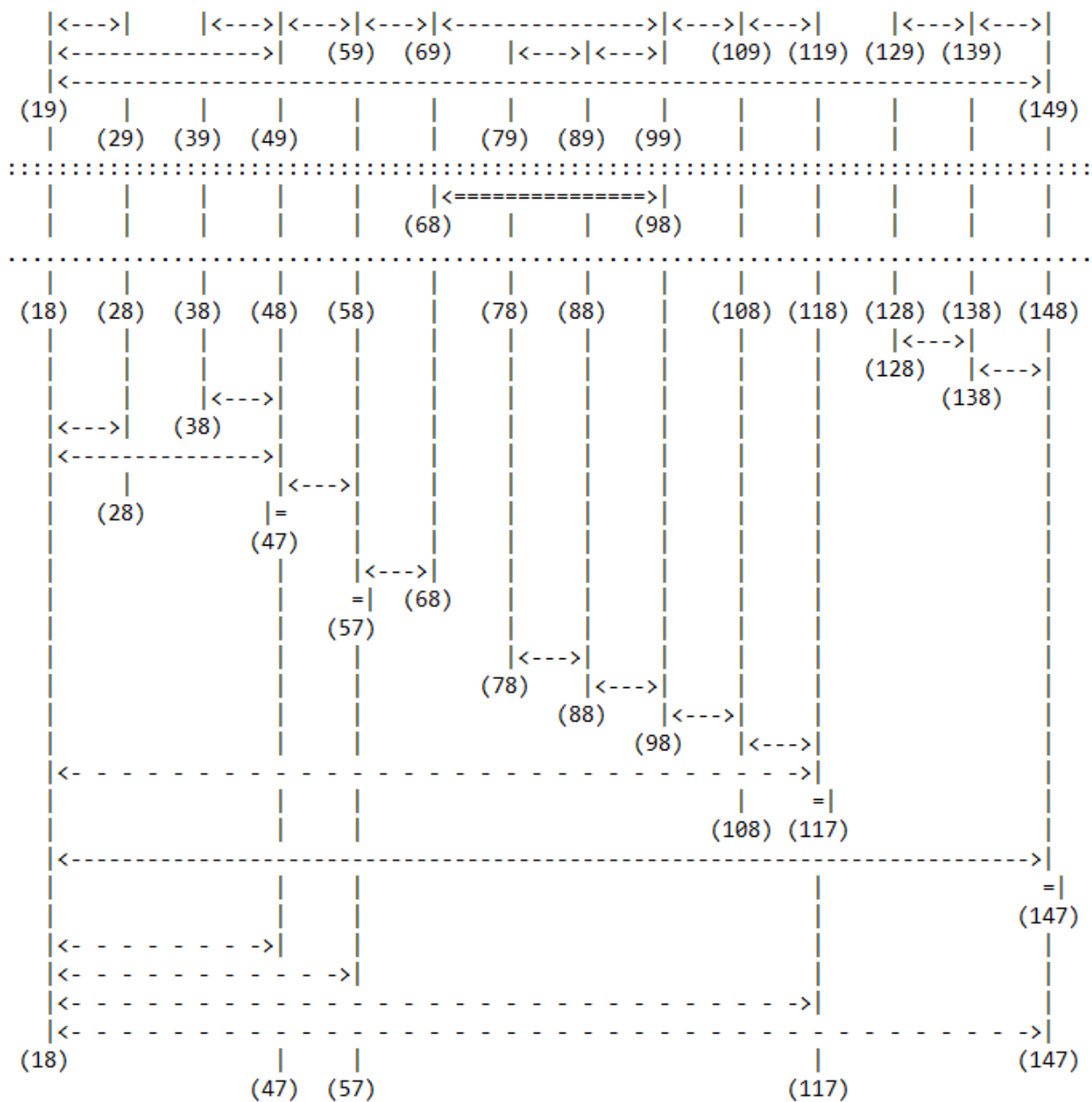
**ЮУрГУ.150305.2019.451.000**

118

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

Непрерывная подача для врезного шлифования (бесступенчатое регулирование), мм/мин	
Цена деления лимба поперечной подачи, мм	0,005
Величина поперечного перемещения шлифовальной бабки за один оборот маховика, мм	0,5
Скорость быстрого установочного перемещения шлифовальной бабки, мм/мин	
Приспособление для внутреннего шлифования	
Наибольший диаметр заготовки, устанавливаемой в патроне, мм	200
Наибольшая длина шлифуемого отверстия, мм	125
Диаметр шлифуемого отверстия, мм	15..125
Диаметр внутришлифовальной головки, мм	
Число оборотов внутришлифовального шпинделя	
Передняя бабка	
Частота вращения изделия (бесступенчатое регулирование), об/мин	40..800
Конус центра по ГОСТ 13211-67	Морзе 4
Наибольший угол поворота передней бабки к шлифовальному кругу, град	90
Наибольший угол поворота передней бабки от шлифовального круга, град	30
Задняя бабка	
Величина отвода пиноли задней бабки от руки, мм	35
Конус центра задней бабки по ГОСТ 13211-67	Морзе 4
Привод и электрооборудование станка	
Количество электродвигателей на станке	13
Электродвигатель шпинделя шлифовальной бабки, кВт	
Электродвигатель перемещения шлифовальной бабки, кВт	
Электродвигатель внутришлифовального шпинделя, кВт	
Электродвигатель привода изделия, кВт	
Электродвигатель насоса гидросистемы, кВт	
Электродвигатель насоса системы смазки шпинделя, кВт	0,27

## ПРИЛОЖЕНИЕ Е





|<--->|<##>|<--->|  
 | Visual KursAR | Курс Автоматизированного Расчета размерных цепей  
 | Version 7.12 | (с) Без права эксплуатации в других организациях!  
 |<- ->|<==>|<- ->|

Файл: Шамгунов тех.процесс2.rkc  
 Организация: Деканат МТ факультета  
 Расчётчик: Шамгунов П-451  
 Изделие: Вал червячный  
 Дата (д.м.г): 13.4.2019

Исходная размерная информация

```
-----
1: 9 19 29 76 0,37 -0,37      2: 9 19 49 231 0,575 -0,575
3: 9 39 49 144 1 0           4: 9 49 59 122 0 -1
5: 9 59 69 144 1 0           6: 9 69 99 153 0,5 -0,5
7: 9 79 89 76 0,37 -0,37     8: 9 89 99 67 0,37 -0,37
9: 9 99 109 4 0,3 0          10: 9 109 119 75 0 -0,74
11: 9 129 139 70 0,74 0      12: 9 139 149 70 0 -0,74
13: 9 19 149 874 0 -2,3      14: 3 68 98 153 0,5 -0,5
15: 8 128 138 70 0,74 0      16: 8 138 148 70 0 -0,74
17: 8 38 48 144 0,5 -0,5     18: 8 18 28 74 0,37 -0,37
19: 8 18 48 231 0,145 -0,14 20: 2 47 48 0,65
21: 8 48 58 122 0 -0,25     22: 2 58 57 0,65
23: 8 58 68 144 0,25 0      24: 8 78 88 76 0,37 -0,37
25: 8 88 98 67 0,37 -0,37   26: 8 98 108 4 0,07 0
27: 8 108 118 75 0 -0,19    28: 6 18 118 0 -0,5 3
29: 2 118 117 0,65          30: 8 18 148 874 0 -2,3
31: 2 148 147 1,3           32: 6 18 47 1,45 -1,45 3
33: 6 18 57 0 -3,6 3        34: 6 18 117 0 -5 3
35: 6 18 147 0 -5 3
```

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 0.  
 Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 5.  
 Гр. 5 ..... - заменяющие-замыкающие размеры-звенья - {~} = 0.  
 Гр. 6 ..... - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 5.  
 Гр. 7 и 8 .. - составляющие известные размеры ..... - (+) = 12.  
 Гр. 9 ..... - исходные (чертежные) размеры ..... - (+) = 13.

Диагностическая информация по схеме

Все размеры схемы связаны и не имеют циклов.

Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 5.

Гр. 6 ..... - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 5.

Цепи размерные.

Уравнения решены методом Максимума-Минимума:

2.  $[47=48]=+(18+48)-(18-47)$

3.  $[58=57]=+(18-57)-(18+48)-(48+58)$

4.  $[118=117]=+(18-117)-(18-118)$

5.  $[148=147]=+(18-147)-(18+148)$

Вероятностный метод решения. Тип производства: серийное.

1.  $[68=98]=-(98+108)-(108+118)+(18-118)-(18+48)-(48+58)-(58+68)$

Таблица .....

Результаты расчета размерной схемы (см. ....)

Гр	Номера левой и правой поверхно- стей звена	Номинал. значение ----- Если нет номинала	Верхнее отклон. ----- Предельн.значен. Min и	Нижнее отклон. ----- Max	Средний номи- нальный размер звена	Запасы расчетн. предельных зна- чений относит. исходного звена по Min и по Max
3=	68 98	153,000	0,432	-0,432	153,000	0,068 0,069
2=	47 48		0,650	3,835	2,243	0,000
2=	58 57		0,650	4,785	2,718	0,000
2=	118 117		0,650	6,150	3,400	0,000
2=	148 147		1,300	8,600	4,950	0,000
6+	18 118	729,192	0,000	-0,500	728,942	
6+	18 47	228,760	1,450	-1,450	228,760	
6+	18 57	357,395	0,000	-3,600	355,595	
6+	18 117	734,842	0,000	-5,000	732,342	
6+	18 147	880,300	0,000	-5,000	877,800	