

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____ В.И. Гузеев
_____ 2018 г.

Разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления
детали «Вал крыльчатки»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 150305.2018.289 ПЗ ВКР

Нормоконтролер, доцент к.т.н.
_____ И.С. Болдырев
_____ 2018 г

Руководитель, доцент к.т.н.
_____ В.В. Батуев
_____ 2018 г.

Автор работы,
студент группы П-453
_____ А.В. Любимов
_____ 2018 г.

АННОТАЦИЯ

Любимов А.В. Разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления детали «Вал крыльчатки»: Выпускная квалификационная работа – Челябинск: ЮУрГУ, 2018, 122с., 69 ил., 15 табл., библиогр. список – 18 наимен., 14 листов чертеж ф. А1, А2, 6 прил.

В данной выпускной квалификационной работе описан узел, в котором работает деталь «Вал крыльчатки» его назначение и условия эксплуатации; служебное назначение детали и технические требования, предъявляемые к ней; представлен анализ действующего технологического процесса данной детали, сформированы цели и задачи курсового проектирования. А также разработан проектный вариант технологического процесса, для которого подобрано оборудование, технологическая оснастка, режущий инструмент, проведен размерно-точностной анализ, спроектирован специальный режущий инструмент и станочное приспособление, разработана расчетно-технологическая карта для 005 операции (Токарная с ЧПУ), спроектированы операции технологического контроля и выбрано измерительное оборудование.

Была спроектирована гибкая производственная система с внедрением средств автоматизации таких как станки с ЧПУ, промышленные роботы, автоматизированные транспортная и складская системы. С соблюдением мероприятий и средств по созданию безопасных и безвредных условий труда, электробезопасности и мероприятий по пожарной безопасности.

					150304.2018.289.00 ПЗ ВКР			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Любимов А.В.</i>			<i>Разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления детали «Вал крыльчатки»</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Проб.</i>		<i>Батцев В.В.</i>					6	122
<i>Н. Контр.</i>		<i>Балдырев И.С.</i>			<i>ЮУрГУ Кафедра ТАМ</i>			
<i>Учб.</i>		<i>Гузев В.И.</i>						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	10
1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ.....	12
1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия	12
1.2 Служебное назначение детали «Вал крыльчатки» и технические требования, предъявляемые к детали.	13
1.3 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для соответствующих отраслей машиностроения.....	14
1.4 Формирование целей и задач проектирования	18
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	20
2.1 Анализ существующей на предприятии документации по конструкторско-технологической подготовке действующего производства.....	20
2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «Вал крыльчатки».....	34
3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	57
3.1 Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки	57
3.2 Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента.....	60
3.3 Проектирование и расчет специального режущего инструмента....	67
3.4 Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля.....	80
4 АВТОМАТИЗИЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.....	84
4.1 Анализ возможных направлений по автоматизации технологического процесса изготовления детали.....	84
4.2 Разработка структурной схемы гибкого производственного участка.....	85

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		8

4.3	Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы	96
4.4	Базирование заготовки, полуфабриката, готовой детали в промышленном роботе, транспортном устройстве, промежуточном накопителе	99
4.5	Анализ производительности автоматизированной системы.....	103
5	ОРГАНИЗАЦИОННО ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ	104
6	БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА	105
6.1	Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда	105
6.2	Мероприятия по электробезопасности	107
6.3	Мероприятия по пожарной безопасности	109
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	114
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	115
	ПРИЛОЖЕНИЯ.....	117

ВВЕДЕНИЕ

Для обеспечения конкурентоспособности продукции машиностроительных предприятий необходимо повышать качество и производительность машин без существенного повышения их стоимости. Эту задачу невозможно решить только с помощью конструктивных новшеств, без серьёзной технологической подготовки производства на основе новейших технологических решений, использующих новые материалы, технологическую оснастку, оборудование.

Применение новых технологий, сочетающих использование прогрессивных, высокоточных методов обработки с энергосбережением, экологичностью и безопасностью, высокопроизводительного технологического оборудования, оснащённого системами управления с элементами искусственного интеллекта, переналаживаемой автоматизированной технологической оснастки позволяет достигать существенного повышения производительности труда и качества изготавливаемых изделий.

Современные требования к точности деталей машин и приборов, качеству их поверхностей, точности сборки столь высоки, что их достижение невозможно без применения научных достижений.

Сочетание гибкости с высокой производительностью и качеством достигается в современном производстве при помощи автоматизированных гибких производственных систем, а сокращение трудоёмкости и продолжительности подготовки производства при помощи систем автоматизированного проектирования.

Цель выпускной квалификационной работы – разработка нового технологического процесса для условий современного конкурентоспособного производства.

В процессе выполнения задания был проведен анализ действующего технологического процесса, выявлены его недостатки, спроектирован новый

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		10

технологический процесс для современного оборудования, подобраны оснастка, инструмент, спроектированы специальные режущие инструменты и станочное приспособление, выполнен размерно-точностной анализ, расчет режимов резания, расчетно-технологическая карта на 005 операцию (Токарная с ЧПУ) а так же был спроектирован гибкий автоматизированный участок механической обработки.

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		11

1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия

Вал крыльчатки входит в сборочный узел 3338-405-4 ротор нагнетателя (рисунок 1.1). Нагнетатель предназначен для принудительной подачи воздуха в цилиндры двигателя, создавая в них избыточное давление, что позволяет увеличить подачу топлива. Кроме того, подача повышенного количества воздуха позволяет улучшить очистку цилиндров двигателя от остаточных газов во время продувки при перекрытии клапанов, что так же улучшает процесс горения.

Ротор нагнетателя заменяют только в сборе с крыльчаткой, т.к он вместе с крыльчаткой балансируется с большой степенью точности. Крепление крыльчатки ротора осуществляется специальным образом: гайкой 19 колесо крыльчатки зажимается на валу, колпачок 16 посредством шлицев удерживает гайку в затянутом положении и в свою очередь сам затянут винтом 18 с резьбой противоположного направления вращению ротора. Стопорная шайба 17 удерживает отогнутыми усиками винт от самого отворачивания. Ротор вращается в стальном центральном подшипнике 33, залитый свинцовистой бронзой и в бронзовой втулке 30.

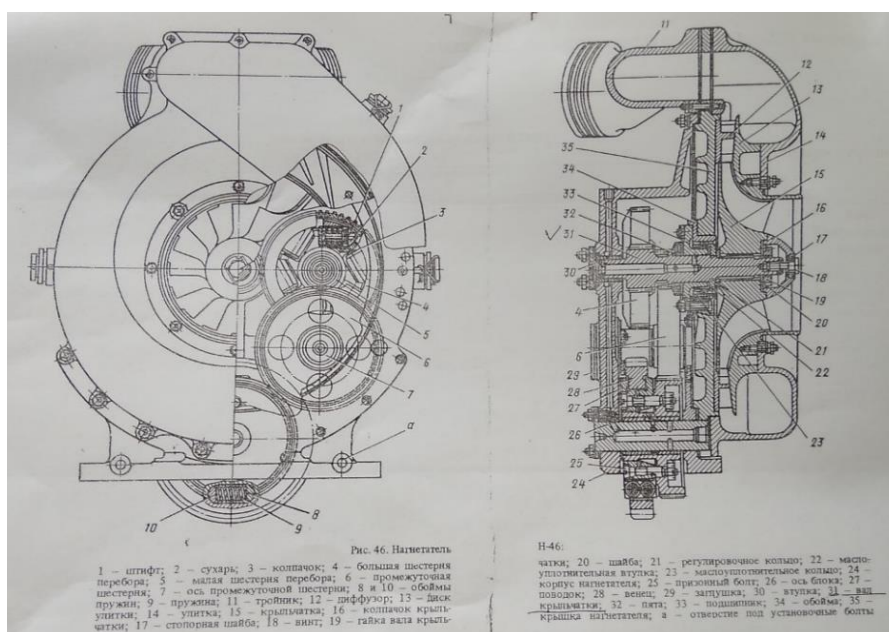


Рисунок 1.1 – Ротор нагнетателя

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		12

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

Крыльчатка, вращаясь с большой частотой (более 26000 об/мин) создает разряжение на входе в нагнетатель и воздух через входной патрубок 13 диска улитки поступает в ее межлопаточные каналы. Воздух, увлекаемый крыльчаткой, приобретает кинетическую энергию, которая в профилированном межлопаточном канале преобразуется в потенциальную (избыточное давление). Окончательно кинетическая энергия преобразуется в давление в лопаточном диффузоре 12 и частично в улитке 14 (Рисунок 1.1).

К детали (изображена на рисунке 1.2) предъявляются следующие технические требования:

- поверхность резьбы должны быть чистой без задиров, заусенцев, забоин и прочих поверхностных дефектов;
- чистота обработки резьбы: “Л”, “Д” Ra 2.5;
- радиальное биение зубчатого венца 0,032 мм;
- допуск на колебание длины общей нормали 0,011 мм;
- острые кромки не допускаются;
- биение поверхностей “Г” и “Н” относительно центров не более 0,03 мм;
- биение поверхностей “Б”, “И”, “К”, “Е” относительно центров не более 0,01 мм;
- смещение отверстия “З” с оси вала не более 0,2 мм;
- отклонение оси отверстия Р на длине 100 мм не более 0,5мм;
- допускается прослабление 1-2 шлицев до размера 3,99 мм;
- допускается уменьшение отверстия “Ю” до Ø5,9 мм;
- заусенцы в отверстиях 1, 2, ,3 4 не допускаются;
- маркировать электроискровым или электрохимическим способом;
- качество зацепления зубьев проверять по отпечатку краски обкаткой с эталонном.

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		13

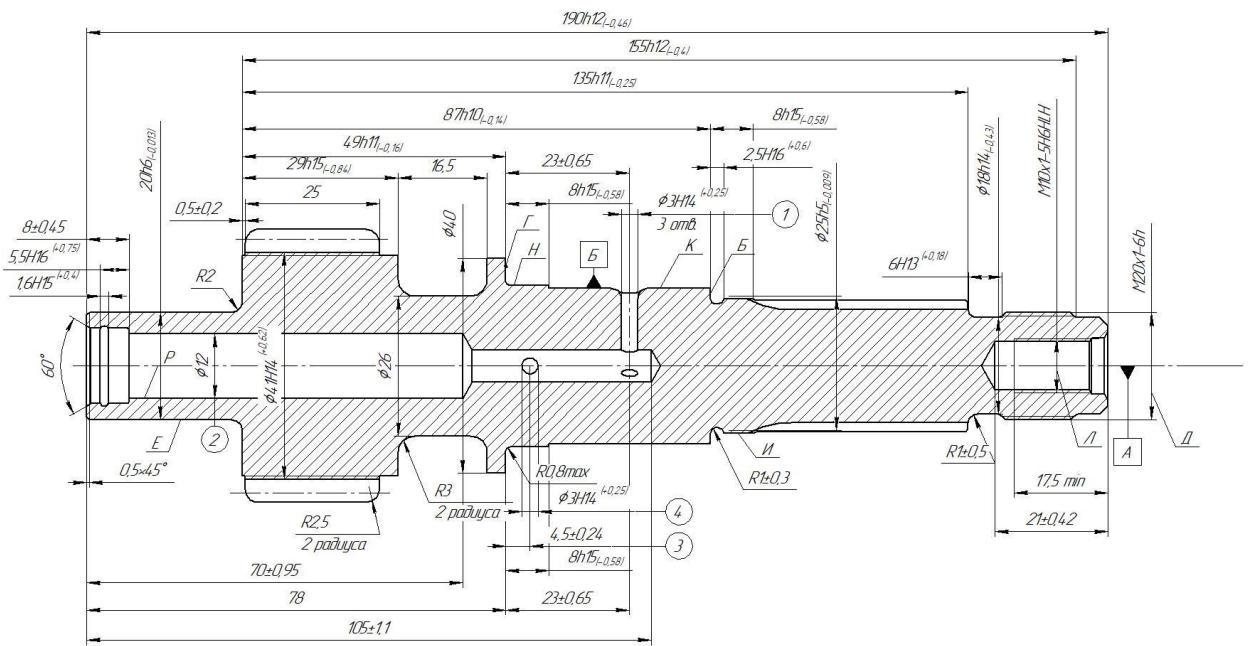


Рисунок 1.2 –Вал крыльчатки

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

В современных условиях развития науки и техники существуют различные разработки как в способах получения заготовок зубчатых колес, так и в методах их обработки.

Свободная ковка на молотах, заготовка из проката, штамповка, выполняемая на молотах и прессах – методы получения заготовок, которые наиболее часто применяются на предприятиях. Одно из направлений заготовительного производства – разработка способа получения заготовок, форма которых максимально схожа с формой готовой детали.

В Германии применяется метод горячей торцевой штамповки, позволяющий получать цилиндрические зубчатые колеса, которые не требуют последующей механической обработки (рисунок 1.3).

Пуансон формирует один торец изделия, матрица (находится в нижней половине штампа) имеет вид кольца, форма которого противоположна получаемой шестерни. В середине зубчатой матрицы располагается цилиндрический вкладыш, который под воздействием толкателя может подняться до верхней границы зубчатой матрицы. Пуансон и

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		14

вкладыш имеют конические кольцеобразные выступы для оформления торцов изделия и облегчению течения металл в радиальном направлении (уклон к центру поковки более крутой, в направлении зубчатого венца – пологий). Разъем штампа в плоскости, которая совпадает с торцевой поверхность заготовки.

Процесс штамповки, следующий: заготовка, нагретая до температурыковки, помещается в полость нижнего штампа, выступы на оси штампа внедряются в заготовку – формирование отверстия поковки, по мере сближения верхней и нижней половин штампа конические кольцевые выступы на пути течения металла образуют сужения, способствующие возрастанию скорости и, как следствие, кинетической энергии перемещения металла в радиальном направлении. Такое течение металла обеспечивает более плотное заполнение ручьев матрицы. Поковка удаляется из штампа при помощи выталкивателя (рисунок 1.4).

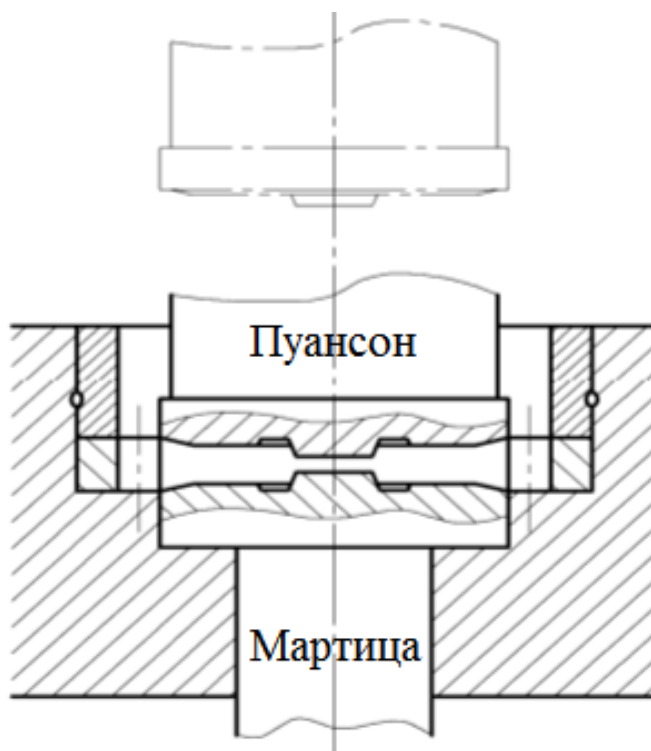


Рисунок 1.3 – Метод торцевой штамповки

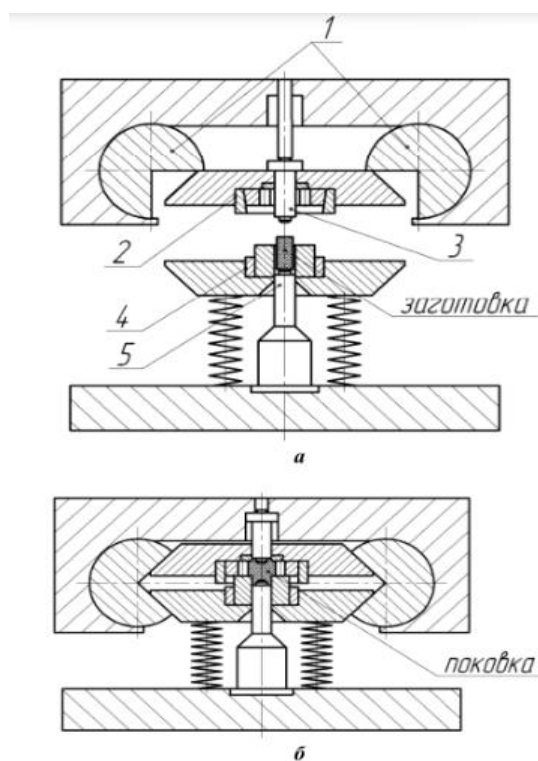


Рисунок 1.5 – Штамп для комбинированного вдавливания с разъемными матрицами: а) заготовка установлена в штамп; б) рабочее состояние

В отечественной и зарубежной промышленности ведутся разработки по получению зубчатых колес из порошков. Наибольшее распространение получил метод горячей обработки давлением. Этот способ обеспечивает высокую производительность, позволяет получать готовые зубчатые колеса требуемой конструкции, не требующих последующей механической обработки (если отсутствуют специальные требования к чистоте зубчатой поверхности). Однако недостатком порошковой металлургии является наличие в объеме готовой детали пор, снижающих механические свойства изделия, поэтому способ пока не получил широкого применения.

Большое внимание уделяется также оборудованию для обработки зубчатых колес. Разработкой оборудования, отвечающим различным требованиям современного производства, занимаются различные фирмы по всему миру, но самой преуспевающей в этой сфере из стран является Германия.

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		17

Фирма Boehringer (Германия) разработала линейку токарных станков серии NG для комплексной механической обработки заготовок зубчатых колес: при обработке торцов оба конца вала одновременно обрабатываются в размер длины детали и центрируются за одну фрезерно-центровальную операцию, а при последующем переходе осуществляется обработка точением. Преимущества: использование одного станка вместо двух, сокращение технологической цепочки, сокращение времени цикла обработки.

Компания Gleason разработала способ шлифования зубчатых колес MITEC, который имеет преимущества по сравнению с обычным процессом притирки зубчатой пары после термообработки: обычно зубчатое колесо и шестерня притираются и обрабатываются совместно (в таком случае они не являются взаимозаменяемыми и должны обрабатываться, храниться и транспортироваться совместно), разработанный метод обработки MITEC позволяет получать взаимозаменяемые шестерни и зубчатые колеса, осуществлять обработку рабочих поверхностей зубчатых колес с требуемой точностью.

Фирма Oerlikon (Швейцария) предлагает станки моделей G27, G60, G80, в которых шпиндель расположен вертикально, что обеспечивает оптимальный и беспрепятственный отвод стружки вниз. Важно также, что шлифовальный хлам не попадает на приводы, потому что они расположены выше зоны обработки.

1.4 Формирование целей и задач проектирования

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса детали «вал крыльчатки», отвечающего требованиям современного конкурентоспособного производства, отличающегося от действующего по некоторым конструктивным и технологическим показателям.

Задачами квалификационной работы являются:

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		18

- разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «Вал крыльчатки»;
- выбор и обоснование способа получения исходной заготовки;
- аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования;
- выбор технологической оснастки и режущего инструмента;
- проектирование и расчет специального режущего инструмента;
- аналитический обзор и выбор мерительного оборудования;
- расчет режимов резания и норм времени на все операции проектного варианта технологического процесса;
- разработка структурной схемы гибкого производственного участка;
- разработка планировки участка механической обработки;
- организация мероприятий безопасности технологического цикла изделия.

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		19

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

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

2.1.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса

Операция 010 фрезерно-центровальная.

На данной операции осуществляется фрезерование и центрование торцов с двух сторон одновременно. Операция выполняется на фрезерно-центровальном станке FXLZ-160А. При закреплении заготовки в станочном приспособлении с упором по торцу, торцевая поверхность является опорной базой, а ось заготовки двойной направляющей (рисунок 2.1).

В качестве режущего инструмента используется: фреза Л160I с пластиной Т5К10, сверло Ø4мм Р6М5 2317-0107 ГОСТ14952-75.

Мерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ-125-0.1-1 ГОСТ 166-73, скоба 194,6 Н5 Т8102-ОП4 ГОСТ 18356-73.

Станочные приспособления: зажимное приспособление при станке, оправка Т9488-465, цанга Т9455-853, съемник Т9698-23036.

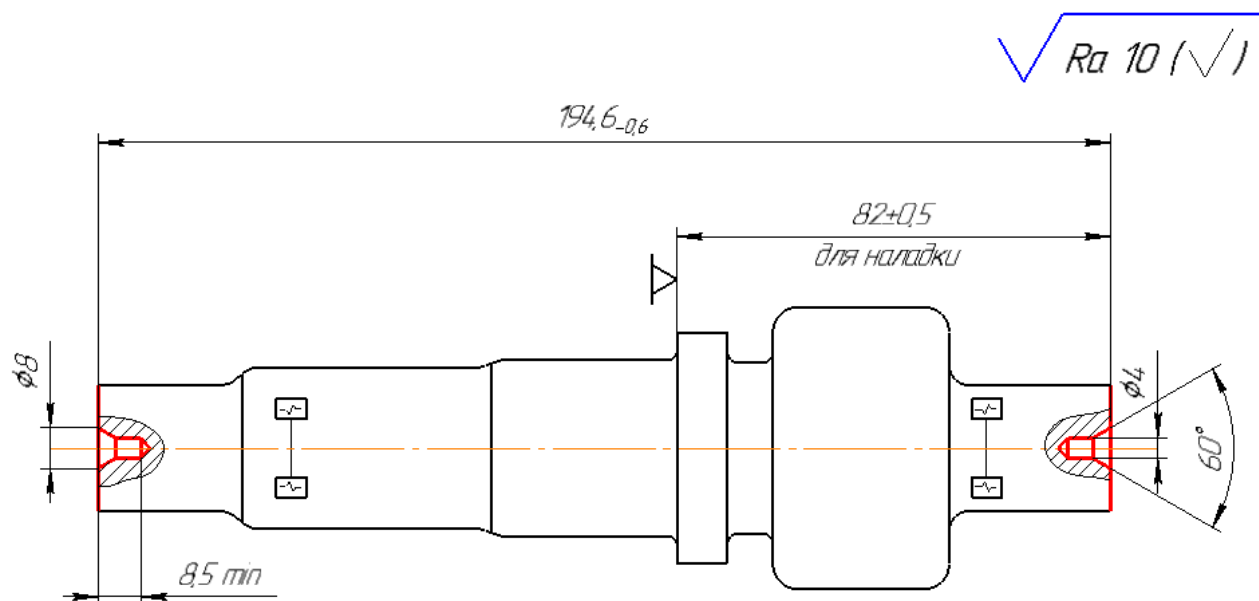


Рисунок 2.1 – Эскиз 010 операции

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		20

Операция 020 токарная

На данной операции осуществляется расточка наружного контура по копиру на токарно-копировальном станке SP12P. При закреплении заготовки в патроне с упором по торцу торцевая поверхность является опорной базой, а двойной направляющей базой является ось заготовки (рисунок 2.2).

В качестве режущего инструмента используется: резец черновой Т9311-708; резец чистовой Т9311-709.

Мерительный инструмент: скоба $\varnothing 43h14$ 05500-35; скоба $\varnothing 24h14$ 05500-19; скоба $\varnothing 53h14$ 05500-24; скоба $\varnothing 29,5$ 05500-24; скоба $79,8h11$ Т9549-6686.

Станочные приспособления: патрон поводковый Т9660-5043; копир Т9669-611.

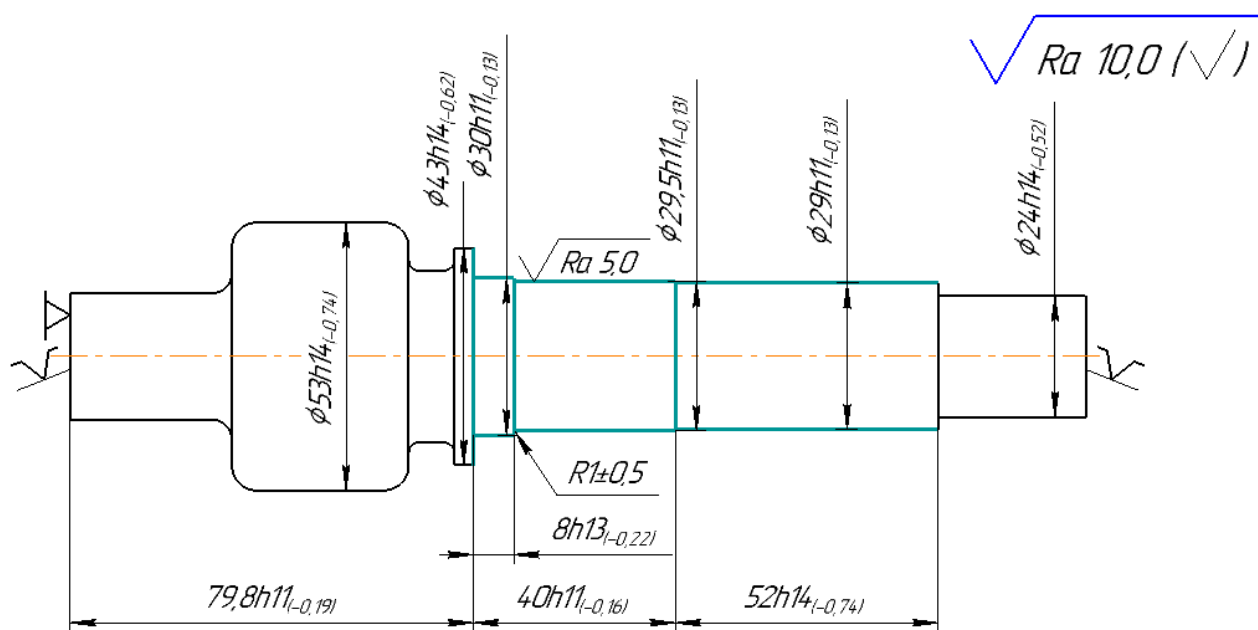


Рисунок 2.2 – Эскиз 020 операции

Операция 030 токарная с ЧПУ

На данной операции выполняется точение цилиндрической поверхности вала на токарном станке с ЧПУ – 16К20Т1. Комплект баз: двойная направляющая, опорная (рисунок 2.3).

В качестве режущего инструмента используется: резец $25 \times 20 \times 130$ Т2102-0305 с напайной пластиной Т5К10 ГОСТ 19048-80 и резец Т9315-1949.

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		21

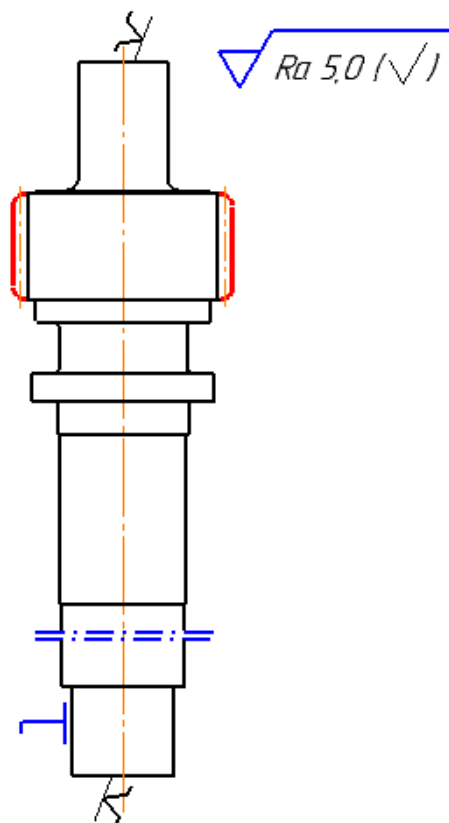


Рисунок 2.4 – Эскиз 040 операции

070 операция револьверная

На данной операции выполняется подрезка торца, точение фаски, сверление отверстия $\text{Ø}12\text{мм}$, специальное глубокое сверление отверстия $\text{Ø}6\text{мм}$, а также зенковка фаски. Используемый станок – БС2М805П. Комплект баз установочная, направляющая, опорная (рисунок 2.5).

В качестве режущего инструмента применяется: резец 25x20x140 ГОСТ 21151-78 с пластиной Т15К6 ГОСТ 19052-73, сверло $\text{Ø}12,2\text{мм}$ ГОСТ 10903-77, сверло $\text{Ø}6,1\text{мм}$ ГОСТ 2092-77, зенковка $60^\circ \times 22$, сверло $\text{Ø}6\text{ мм}$ Т9345-367сб.

Мерительный инструмент: скобы 78,1 Т9549-6960, калибр $\text{Ø}5,9 \times 105$ Т95953-2733 СБ, калибр $\text{Ø}6 \times 105$ Т9553-2732СБ, пробка 12Н14 ГОСТ 14810-09, штангенциркуль 125 ГОСТ 166-63.

Станочное приспособление: центры 500 057-05, втулка кондукторная Т9698-38046.

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		23

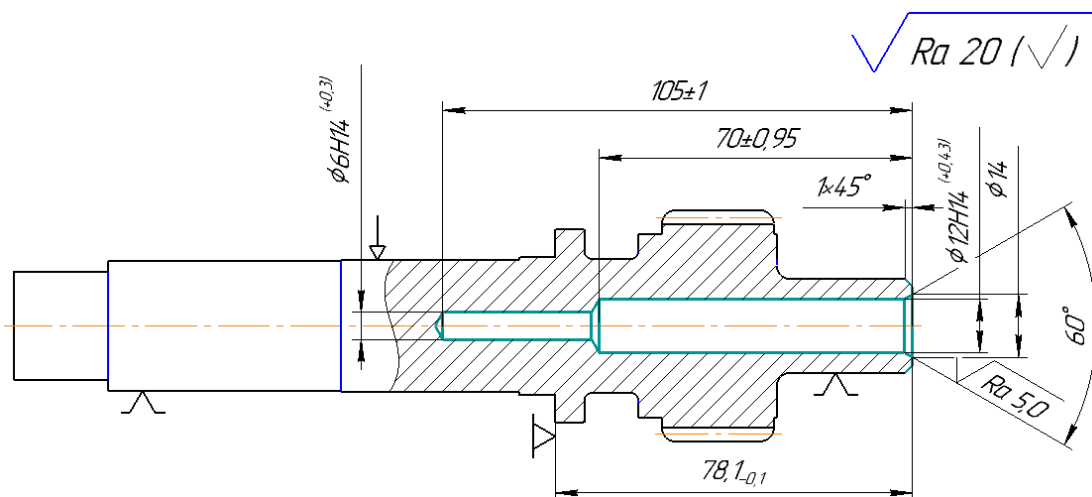


Рисунок 2.5 – Эскиз 070 операции

Операция 075 токарная

На данной операции выполняется подрезка торца, сверление отверстия $\phi 10$ мм, рассверливание отверстия, расточка фаски. Применяемый станок – 1К62. Комплект баз: двойная направляющая, опорная (рисунок 2.6).

В качестве режущего инструмента применяется: резец 25x20x140 ГОСТ 21151-75 с пластиной Т15К6 ГОСТ 19052-75; сверло Р18 $\phi 9$ мм 2301-0023; сверло Р18 $\phi 10$ мм 62301-0490; резец 93178-124.

Мерительный инструмент: скоба 190h12 05513-69; штангенциркуль ШЦ-Ю,1-125-1 ГОСТ 166-80; пробка 8,95 ГОСТ 14810-69; пробка 10,5H14 ГОСТ 14810-69.

Станочное приспособление: втулка 04644-03; центр 0-500 05710-05.

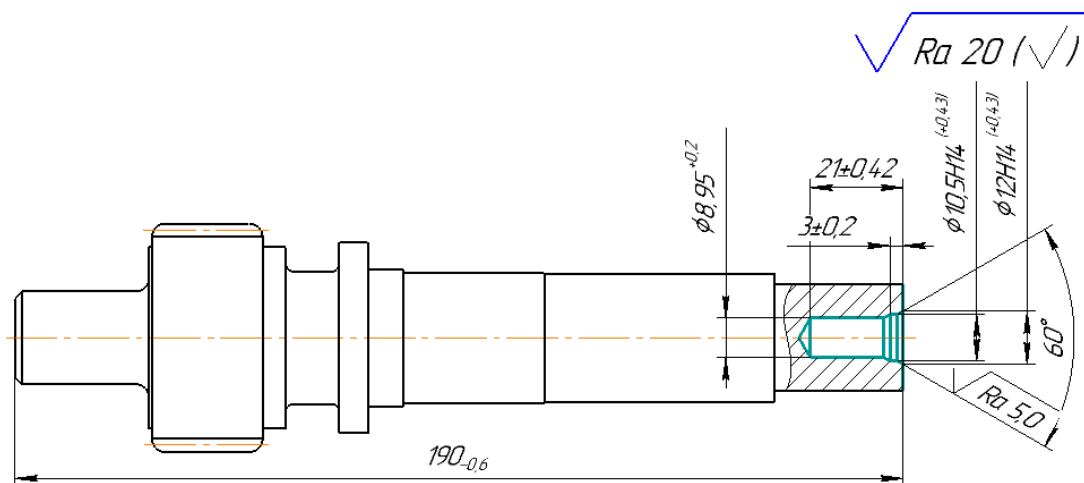


Рисунок 2.6 – Эскиз 075 операции

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		24

Операция 080 токарная с ЧПУ

На данной операции выполняется точение цилиндрических поверхностей вала на токарном станке 16К20Т1. Комплект баз: двойная направляющая, опорная (рисунок 2.7).

В качестве режущего инструмента применяется: резец 25x20x150 ГОСТ 21151-75 с пластиной Т15К6 03114-120408 ГОСТ 19052-80; резец канавочный Т9315-5976; резец Т9215-5388.

Мерительный инструмент: скоба 29h10 05518-19; скоба 26h14 0550-21; скоба 40h12 05500-34; скоба 23h14 05508-52; скоба 25,6h11 05508-20; скоба 18h14 05508-44; скоба 20,4h11 05500-15; скоба 18h12 05500-13; скоба 135h10 Т9549-10475; скоба 87,4h10 Т9549-10067; калибр 2,5Н14 0550-04.

Станочное приспособление: центр МР5 04607-03.

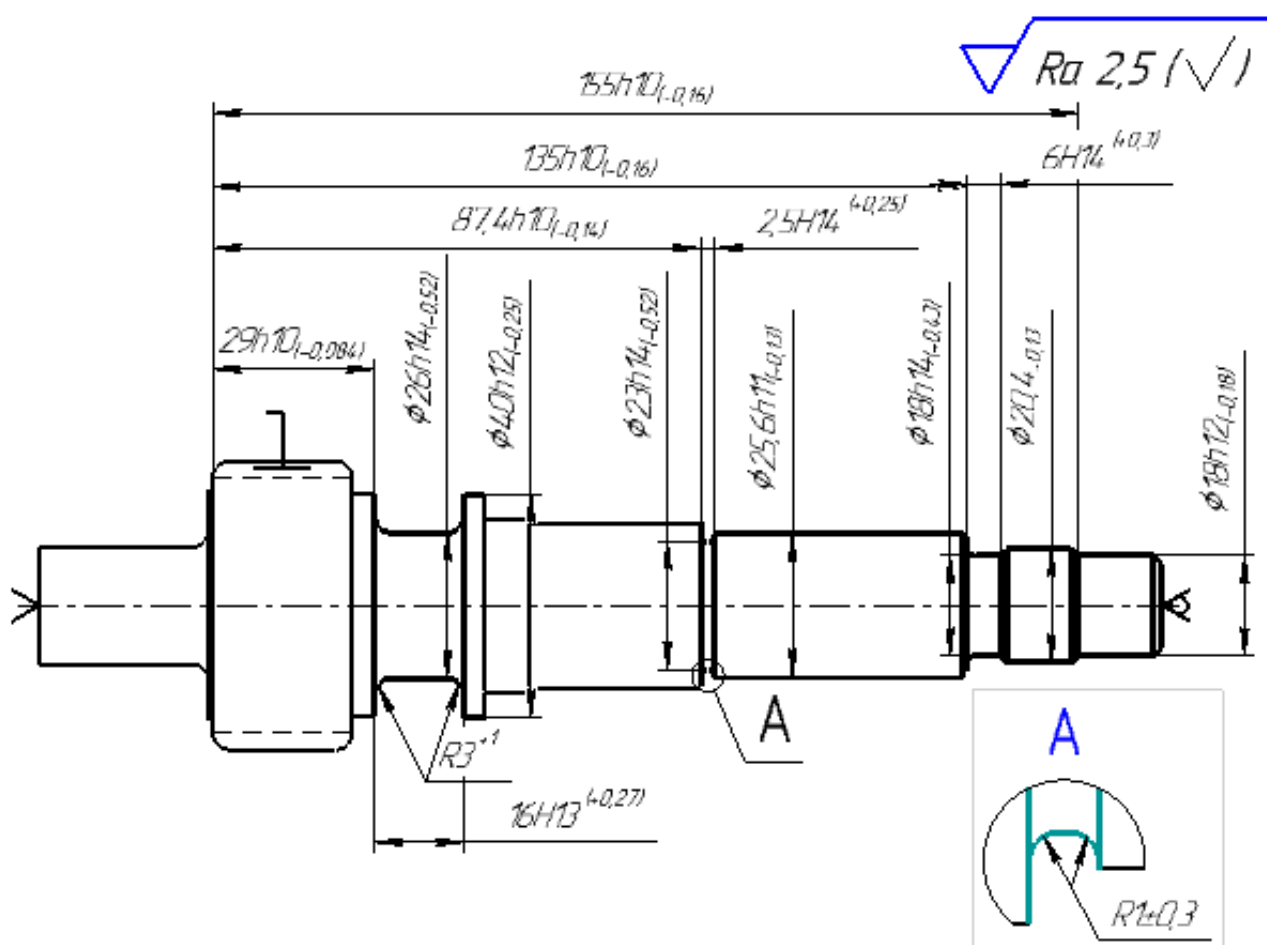


Рисунок 2.7 – Эскиз 080 операции

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		25

Операция 090 шлицефрезерная

На данной операции выполняется фрезерование шлицев на станке 5306К. Комплект баз: двойная направляющая, опорная (рисунок 2.8).

В качестве режущего инструмента применяется: фреза червячная 21x25x4 Т9339-1567.

Мерительный инструмент: скоба 4,45h11 05502-12; скоба 2105 h11 Т9559-2377; калибр шлицев Т9539-931.

Станочное приспособление: центр МР5 0467-03; центр ГОСТ 2579-79

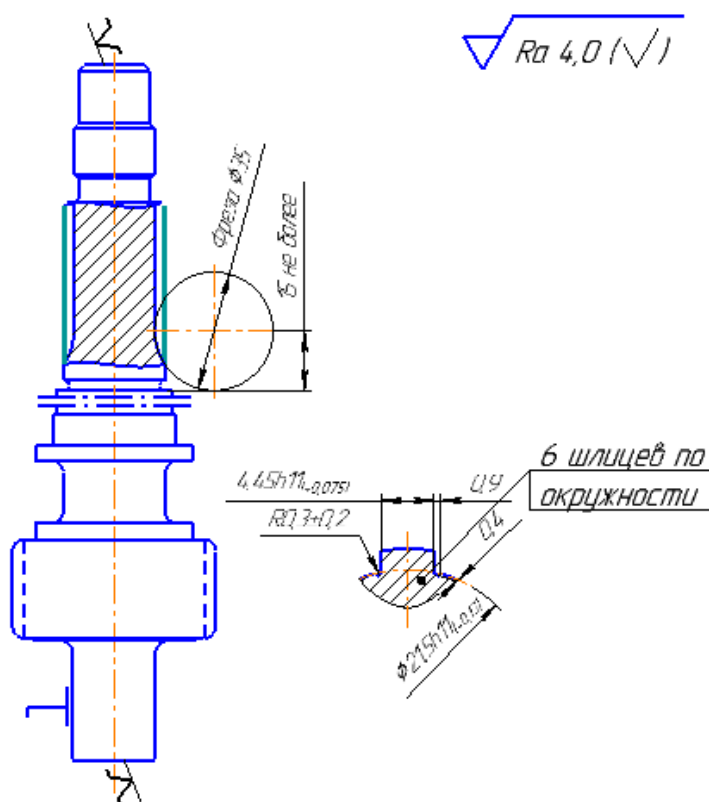


Рисунок 2.8 – Эскиз 090 операции

Операция 105 сверлильная

На данной операции выполняется сверление двух отверстий Ø3мм. Применяемый станок – НС-12А (рисунок 2.9).

В качестве режущего инструмента применяется: сверла Ø3,15 2300-1012 ГОСТ 16544-74.

Мерительный инструмент: пробка ЗН14 8133-0620 ГОСТ 14807-69.

Станочное приспособление патрон 2-12 6150-0011.

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		26

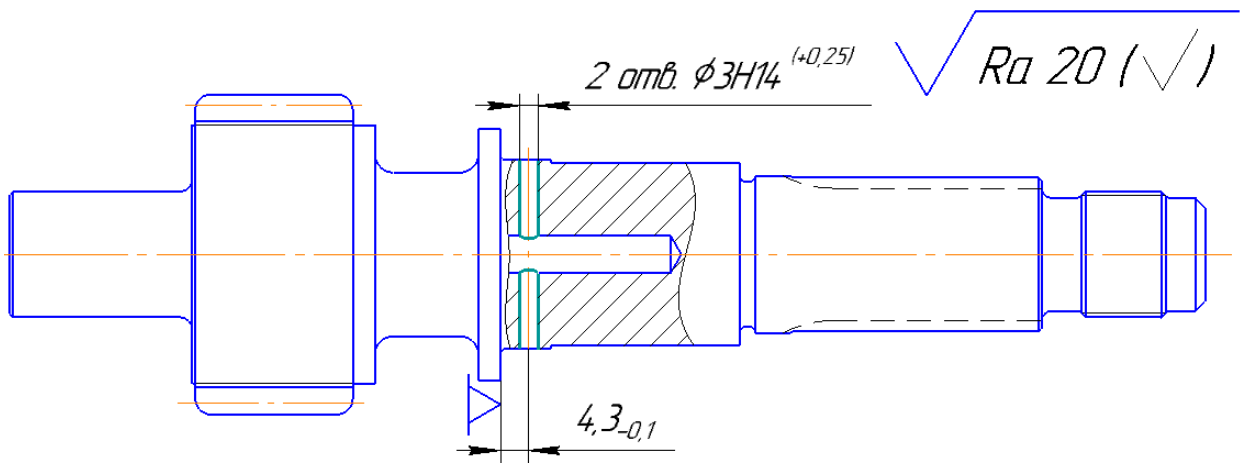


Рисунок 2.9 – Эскиз 105 операции

Операция 110 сверлильная

На данной операции выполняется сверление 3-х отверстий $\phi 3$ мм.

Применяемый станок – НС-12А (рисунок 2.10).

В качестве режущего инструмента применяется: сверло $\phi 3,15$ мм.

Мерительный инструмент: пробка 3Ат 8133-0620 ГОСТ 14807-69.

Станочные приспособления: патрон 2-12 6150-0011.

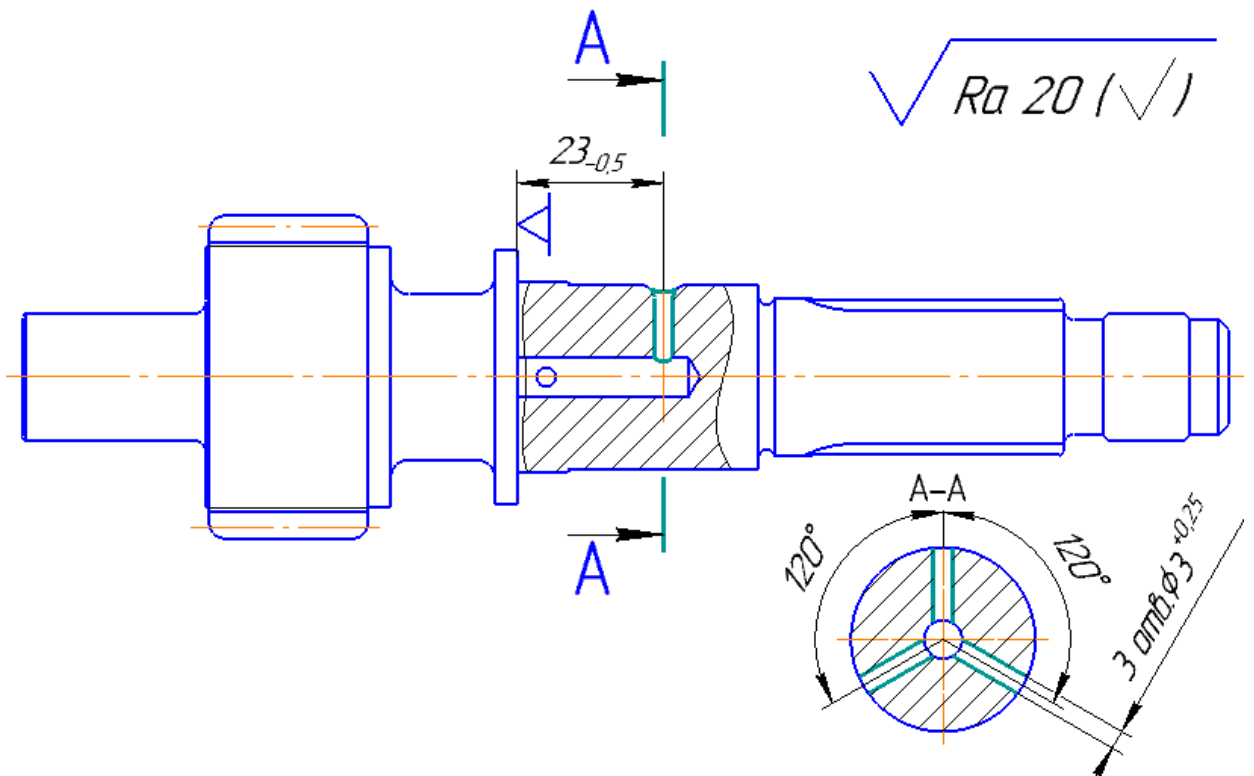


Рисунок 2.10 – Эскиз 110 операции

Операция 115 сверлильная

На данной операции выполняется зенкерование радиусов в 3-х отверстиях, а также зенковать фаски в 2х отверстиях. Применяемый станок – НС-12А (рисунок 2.11).

В качестве режущего инструмента применяется: зенкер 3х8Т9347-1847; зенковка 90х14 03475-22.

Мерительный инструмент: эталон R2-3.5.

Станочное приспособление: патрон 25MP2 04746-42.

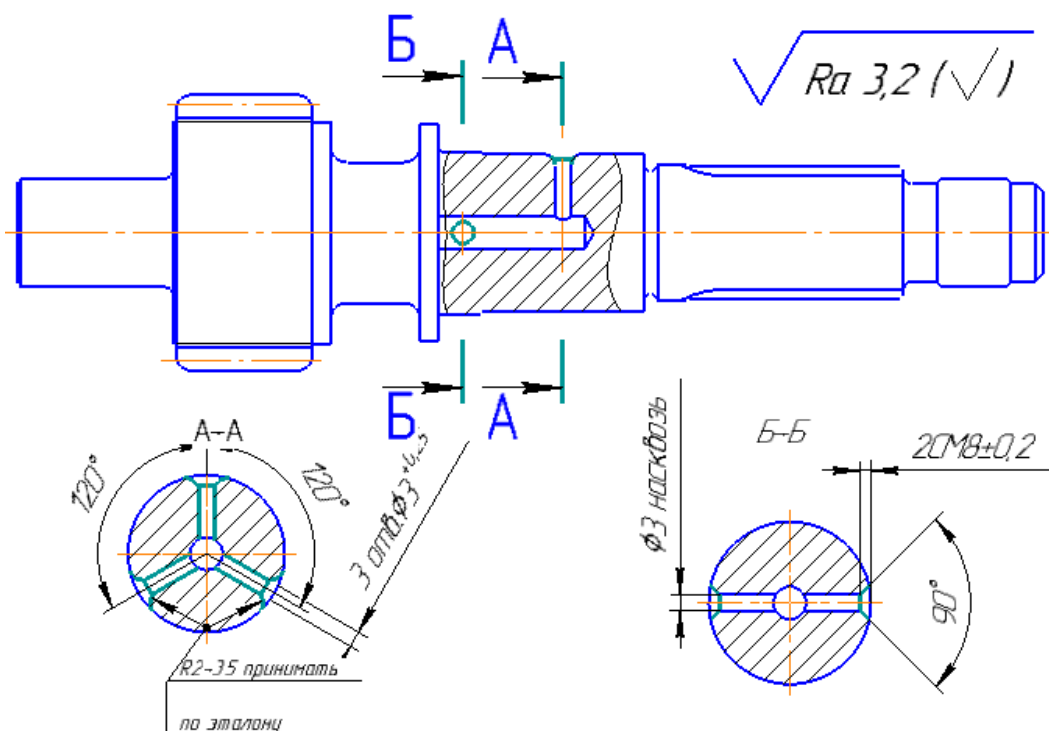


Рисунок 2.11 – Эскиз 115 операции

Операция 210 резьбонарезная

На данной операции выполняется нарезание резьбы на внешней цилиндрической поверхности вала. Используемый станок – 1К62. Комплект баз: двойная направляющая, опорная (рисунок 2.12).

В качестве режущего инструмента применяется: резец 20х12х120 S-1Т15К6 ГОСТ 18885-73.

Мерительный инструмент: кольцо Пр. М20х1-6h ГОСТ 17763-72; кольцо Нв М20х1-6h ГОСТ 17764-72; кольцо Т9538-628.

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		28

Станочное приспособление: центр МР 5 7032-0039; центр МР-5 0460-03; хомутик 17-22 04620-52.

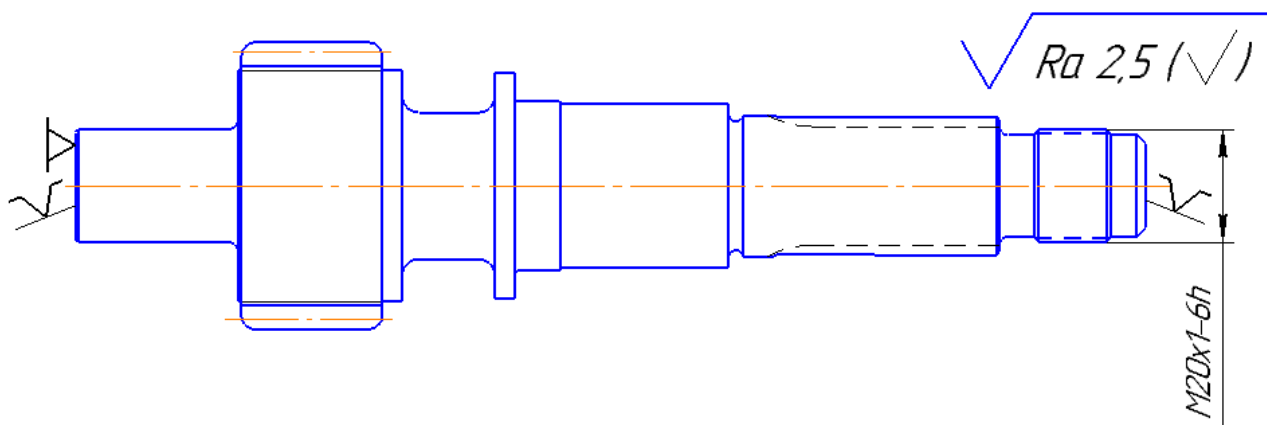


Рисунок 2.12 – Эскиз 210 операции

Операция 160 шлифовальная

На данной операции выполняется шлифование зубчатого венца поперху. Применяемый станок – кругло-шлифовальный 3А-151 (рисунок 2.13).

В качестве режущего инструмента применяется: круг шлифовальный 600хх63х305 ГОСТ 2424-67; круг шлифовальный 125х32х32 ГОСТ 6565К.

Мерительный инструмент: скоба $\varnothing 50,8h8$ Т5349-9535

Станочное приспособление: центр МР-4 7032-0032; хомутик 17-22 04620-52.

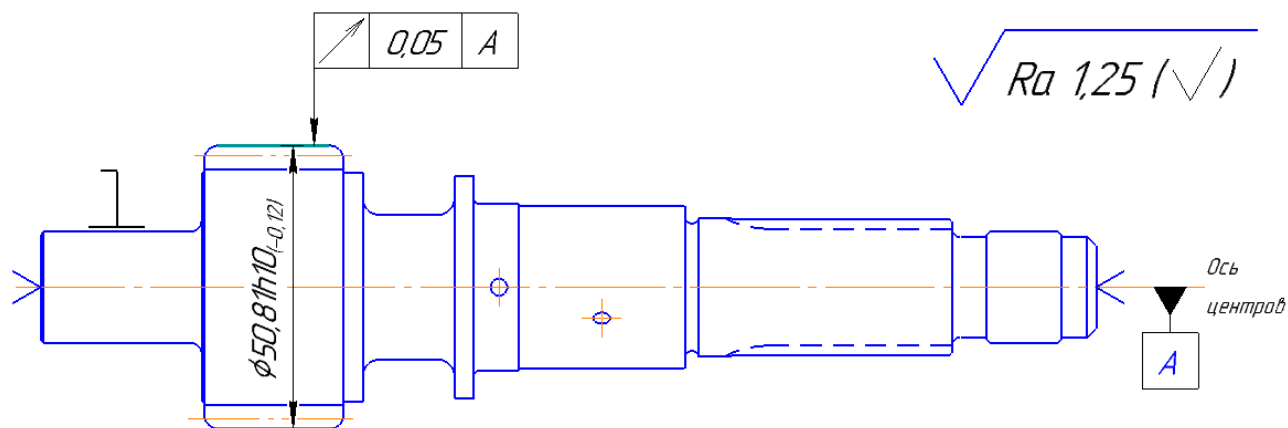


Рисунок 2.13 – Эскиз 155 операции

2.1.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента

В качестве основного технологического оборудования на предприятии применяются универсальные металлорежущие станки. За исключением токарных операций 030 и 080 на которых, деталь обрабатывается на токарном полуавтомате с ЧПУ 16K20T1 (рисунок 2.14).



Рисунок 2.14 – Станок 16K20T 1

Оснастка универсальная, как и станочные приспособления, за исключением приспособлений для зубообработки а также фрезерно центровой операции. Для которой применяется специально разработанная призма с торцевым упором. Данный способ позволяет прочно зафиксировать заготовку и избежать её смещение при фрезеровании.

Для контроля применяется стандартный измерительный инструмент, а также специальные измерительные инструменты.

При механической обработке детали в большей степени применяются универсальные режущие инструменты, но на некоторых операциях также используется специальный режущий инструмент: на 020 операции используется специальный проходной резец T9311-5043; на 030 операции резец T2102-0305; на 070 операции используется сверло специальное Ø9

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		30

T2301-0023; на операции 040 зубофрезерования используется специальная червячная модульная фреза $\varnothing 51\text{мм}(m=2,25)$ T9339-907; на 090 шлицефрезерной операции используется специальная червячная шлицевая фреза 21x25x4 T9339-1567.

2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса

Размерный анализ действующего технологического процесса проводится с целью проверки выполнения конструкторских размеров и расчета значений припусков

Проверочный расчет размерной цепи предоставлен на рисунке 2.15

$$[17...18] = -(18...87) + (87...17^{\wedge}) - (17^{\wedge}...207) + (207...17)$$

$$[17...18] = -78_{-0.1} + 79.8_{-0.19} - 194.6_{-0.6} + 193_{-0.46}$$

$$[17...18] = 0.2_{-0.65}^{+0.7} \text{ мм};$$

$$[17^{\wedge}...17] = -(17...207) + (207...17^{\wedge})$$

$$[17^{\wedge}...17] = -193_{-0.46} + 194.6_{-0.6}$$

$$[17^{\wedge}...17] = 1.6_{-0.6}^{+0.46} \text{ мм};$$

$$[16...17^{\wedge}] = -(17^{\wedge}...86) + (86...16)$$

$$[16...17^{\wedge}] = -82 \pm 0.5 + 86_{-0.8}^{+1.6}$$

$$[16...17^{\wedge}] = 4_{-1.3}^{+2.1} \text{ мм};$$

$$[208...207] = (207...17^{\wedge}) - (17^{\wedge}...87) + (87...18) - (18...208)$$

$$[208...207] = 194.6_{-0.6} - 79.8_{-0.19} + 78_{-0.1} - 190_{-0.6}$$

$$[208...207] = 2.8_{-0.7}^{+0.79} \text{ мм};$$

$$[207...206] = (206...16) - (16...86) + (86...17^{\wedge}) - (17^{\wedge}...207)$$

$$[207...206] = 201_{-1}^{+2} - 86_{-0.8}^{+1.6} + 82 \pm 0.5 - 194.6_{-0.6}$$

$$[207...206] = 3_{-3.1}^{+3.9} \text{ мм};$$

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		31

$$[138...137] = (137...27) - (27...58) + (58...28) - (28...138)$$

$$[138...137] = 87.4_{-0.14} - 30.5_{-0.1} + 29_{-0.21} - 87_{-0.14}$$

$$[138...137] = 1.1_{-0.35}^{+0.24} \text{ мм};$$

$$[108...107] = (107...87) - (87...108)$$

$$[108...107] = 8_{-0.22} - 8_{-0.36}$$

$$[108...107] = 0_{-0.22}^{+0.36} \text{ мм};$$

$$[27...28] = -(28...58) + (58...27)$$

$$[27...28] = 29_{-0.21} + 30.5_{-0.1}$$

$$[27...28] = 1.5_{-0.1}^{+0.24} \text{ мм};$$

$$[87...86] = (86...17) - (17...87)$$

$$[87...86] = 82 \pm 0.5 - 79.8_{-0.19}$$

$$[87...86] = 2.2_{-0.5}^{+0.69} \text{ мм};$$

В действующем технологическом процессе при размерном анализе линейных размеров замыкающие звенья отсутствуют. Припуски положительные.

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		32

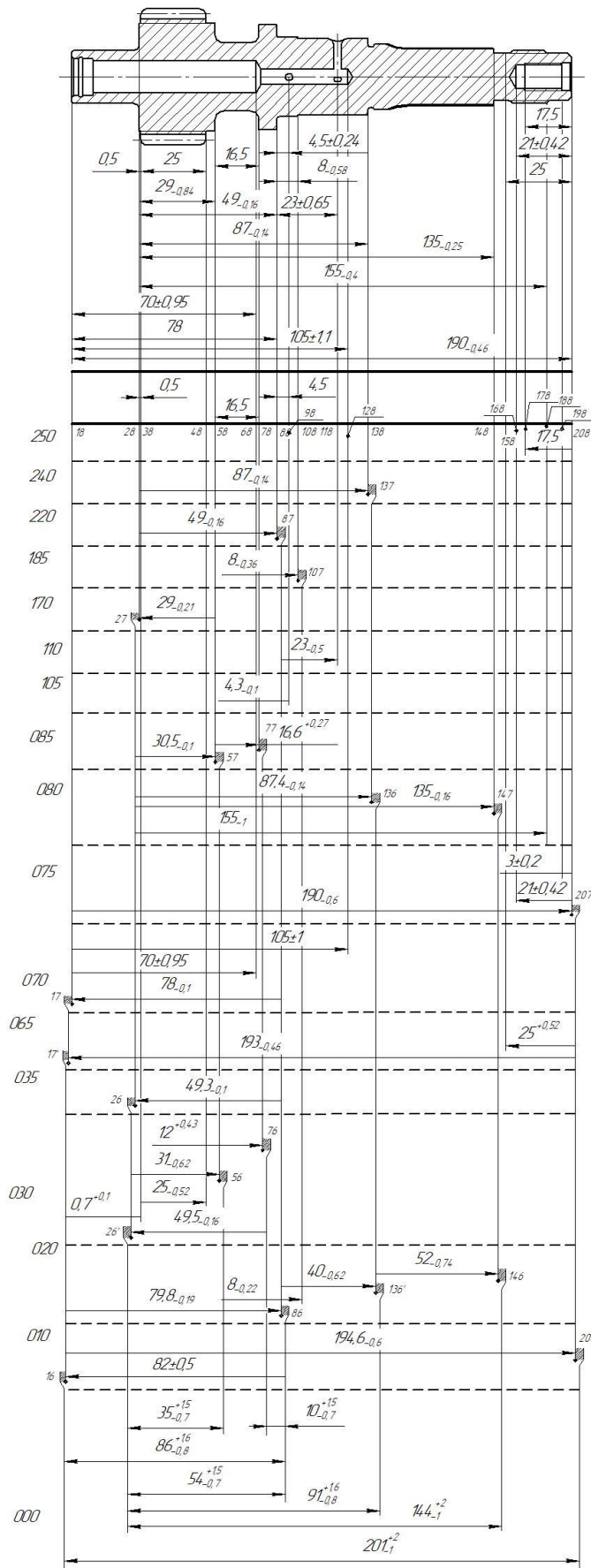


Рисунок 2.15 – Проверочный расчет размерной цепи действующего технологического процесса

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		33

2.1.4. Вывод по разделу

К основным недостаткам действующего технологического процесса относятся: отсутствие автоматизации, а также наличие большого количества специального инструмента и приспособлений. Что приводит к сложной переналадке и невозможности применения однотипного технологического оборудования и технологической оснастки.

2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «Вал крыльчатки»

2.2.1 Аналитический обзор, 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.

С учетом технико-экономического принципа проектирования, а именно получения заготовки требуемой точности с минимальными затратами на производство готовой детали, а также на основании годовой программы и серийности выпуска. Для проектного варианта технологического процесса в качестве метода получения исходной заготовки выбирается пластическое деформирование металла –штамповка на молотах.

Штамповка осуществляется на многоручьевых штампах. Из-за сложности формы поковка штампуются в несколько переходов,

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		34

последовательно приближая заготовку к окончательной форме, которая придается ей последнем ручье.

Преимуществом заготовок, получаемых штамповкой, является то, что профиль исходной заготовки приближен к профилю готовой детали, вследствие чего значительно сокращается объем последующей механической обработки, а некоторые поверхности получать окончательно уже на заготовительной операции.

Недостатками данного метода является высокая стоимость изготовления штампов, потеря точности при их износе и не возможность восстановления изношенных гравюр и зеркал штампов. Эскиз получаемой заготовки представлен на рисунке 2.16.

Материал заготовки: Сталь 12Х2Н4А ГОСТ 4543-71

$$\text{КИМ} = \frac{0,95}{1,4} = 0,67$$

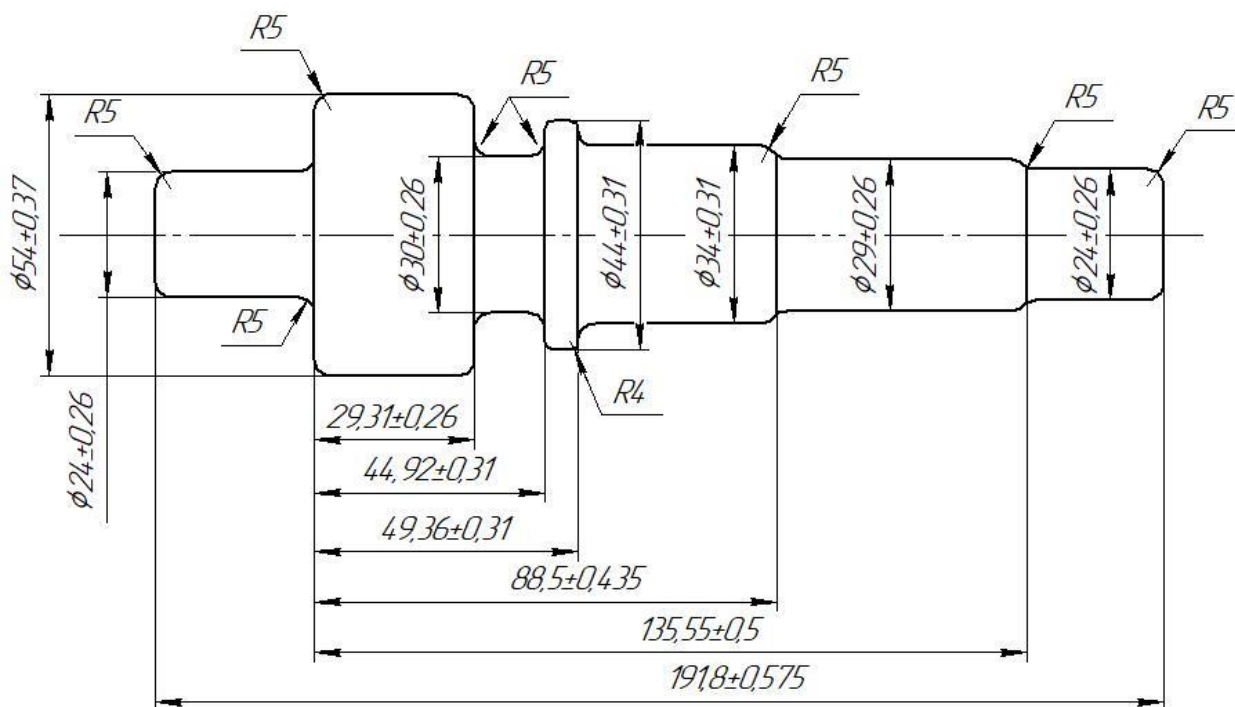


Рисунок 2.16 – Эскиз заготовки

2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования

Для проектируемого технологического процесса подбирается новое технологическое оборудование.

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 005 и 010 применяется универсальный токарный станок с ЧПУ DMG MORI серии NEF 400 (рисунок 2.17). Отличительными особенностями станка являются: интегрированные мотор-шпиндели с жидкостным охлаждением, обеспечивающие максимальную термостабильность; частота вращения шпинделя до 4500 об/м; мощность 11,5кВт; небольшая занимаемая площадь 4м²; экономия энергии до 20%; новейшая система управления; 6 инструментальных позиций в качестве приводных модулей; пакет для обработки пруткового материала с устройством приема готовых деталей, а также не высокая цена по сравнению с аналогами. Технические характеристики станка NEF 400 представлены в приложении А.



Рисунок 2.17 – Токарный станок NEF 400

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		36

На 015 шлицефрезерной операции применяется полуавтомат Simens BSH-620 NC22 (рисунок 2.18) предназначенный для нарезания шлицевых валов червячными фрезами методом обката. Имеет горизонтальную компоновку, цифровую синхронную связь, привода и устройства управления фирмы Siemens.

Особенности конструкции:

- червячная фреза устанавливается на оправке в суппорте, который соединен со стойкой, перемещающейся по салазкам, перпендикулярно направляющим основания, т.е. в радиальном направлении (радиальная подача);
- осевая подача фрезы осуществляется за счет перемещения салазок по плоским горизонтальным направляющим основания;
- синхронные электронные кинематические связи вместо механических;
- управление с операционного пульта с визуализацией режимов и параметров.

Технические характеристики станка представлены в приложении Б.



Рисунок 2.18 – Полуавтомат Simens BSH NC22

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		37

Для нарезания зубьев на 020 операции подобран зубофрезерный вертикальный полуавтомат ВСН-332NC2 (рисунок 2.19). Высокоточный зубофрезерный станок с вертикальной осью изделия предназначен для фрезерования шлицевых валов, прямозубых и косозубых зубчатых колес, а также звездочек и зубчатых секторов червячными фрезами методом обката. Технические характеристики станка ВСН –322 представлены в приложении В.



Рисунок 2.19 – ВСН-322

Для шлифования зубьев применяется зубошлифовальный профильный станок GearSpect SBP 400 CNC (рисунок 2.20). Данный станок предназначен для шлифования двусторонним коническим кругом эвольвентного профиля термически обработанных цилиндрических прямозубых и косозубых зубчатых колес наружного зацепления с модификацией профиля по длине и высоте.

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		38

Станок работает с цикловым программным управлением, которое обеспечивает:

- заданное число проходов и величину радиальной подачи между проходами
- правку шлифовального круга через заданное число зубьев в черновом режиме
- изменение скорости обката, числа двойных ходов ползуна и скорости при переходе с чернового на чистовой режим
- автоматический возврат всех механизмов в исходное положение для обработки следующей детали
- выключение всех механизмов станка, кроме вращения шлифовального круга

Технические характеристики зубошлифовального станка SBP 400 CNC представлены в приложении Г.



Рисунок 2.20 – Зубошлифовальный станок GearSpect SBP 400 CNC5M841

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		39

Для шлифования шлицев принимается полуавтомат шлицешлифовальный ВЗ-729Ф4-01 (рисунок 2.21). Данный станок предназначен для обработки прямобочных эвольвентных и треугольных профилей валов и протяжек. Технические характеристики полуавтомата ЗВ451ВФ20 представлены в приложении Г.



Рисунок 2.21 – ВЗ-729Ф4-01

Для шлифования наружных цилиндрических поверхностей применяется шлифовальный станок GA-2020CNC (рисунок 2.22). Серия GU представляет собой компактные универсальные круглошлифовальные станки с точностью позиционирования 0.0001 мм. Данный станок обладает следующими преимуществами:

- возможность установки оптических линеек с датчиками обратной связи;
- жесткая станина с гидростатической смазкой направляющих опор;
- автоматическое запоминание положения шлифовального круга в случае внезапного отключения электроэнергии;
- Удобный ввод значений корректоров правки круга.

Круглошлифовальные станки серии GU оснащаются системой ЧПУ с удобным интерфейсом для сокращения времени на установку, привязку и повышения производительности. Оператору не потребуется выходить в

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		40

нулевые точки при включении станка. Технические характеристики станка представлены в приложении Е.



Рисунок 2.22 – GA2020CNC

2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта

Маршрутный технологический процесс представлен в таблице 1.

Таблица 1

Номер и название операции	Оборудование
000 Заготовительная (Штамповка)	
005 Токарная с ЧПУ	DMG MORI серии NEF 400
010 Токарная с ЧПУ	DMG MORI серии NEF 400
015 Шлицефрезерная с ЧПУ	BCH-620 NC22
020 Зубофрезерная	BCH-322
025 Термическая	
030 Зубошлифовальная	SBP 400 CNC5M841
035 Шлицешлифовальная	B3-729Ф4-01
040 Шлифовальная с ЧПУ	GA2020CNC
045 Шлифовальная с ЧПУ	GA2020CNC
050 Контрольная	Оптическая сканирующая система Opticlone

выдерживая размеры 18,9,6; нарезание внутренней резьбы выдерживая размеры 8,10; сверление двух отверстий выдерживая размеры 5,42,39,41 и сверление 3 трех отверстий выдерживая размеры 3,36,37,48

Операционный эскиз 010 операции представлен на рисунке 2.24

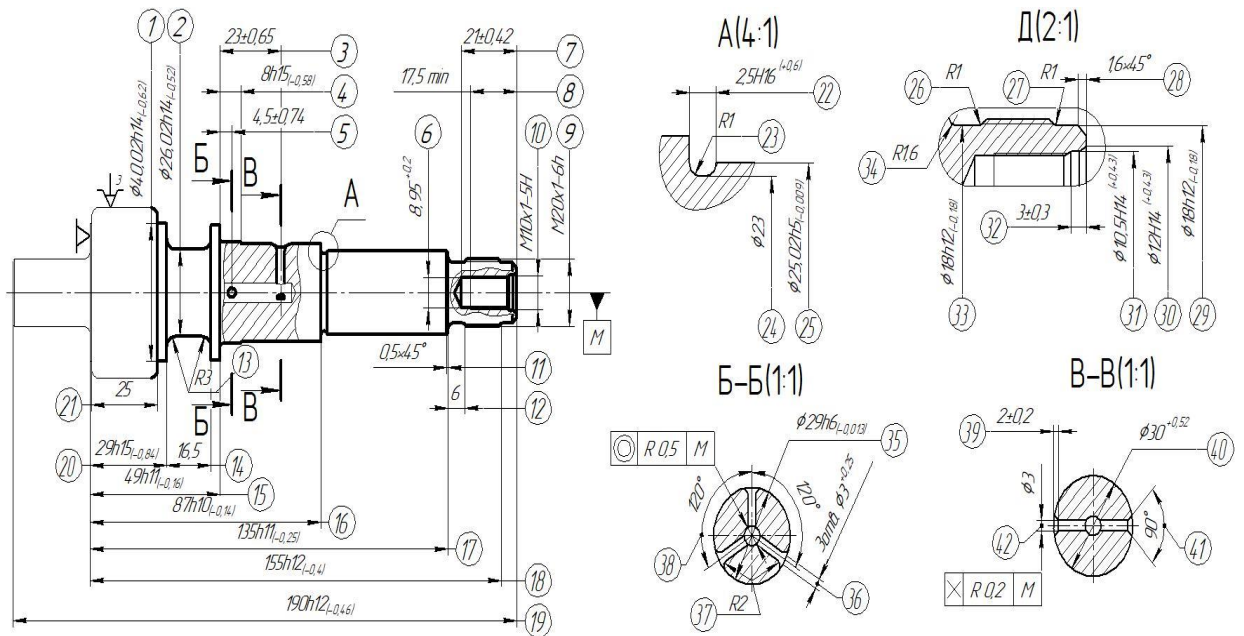


Рисунок 2.24 – Операционный эскиз 010 операции

Операция 015 шлицефрезерная с ЧПУ

Заготовка устанавливается в центрах. Шлицы фрезеруются червячной шлицевой фрезой выдерживая размеры 1,2,3,4,5,6. Операционный эскиз представлен на рисунке 2.25

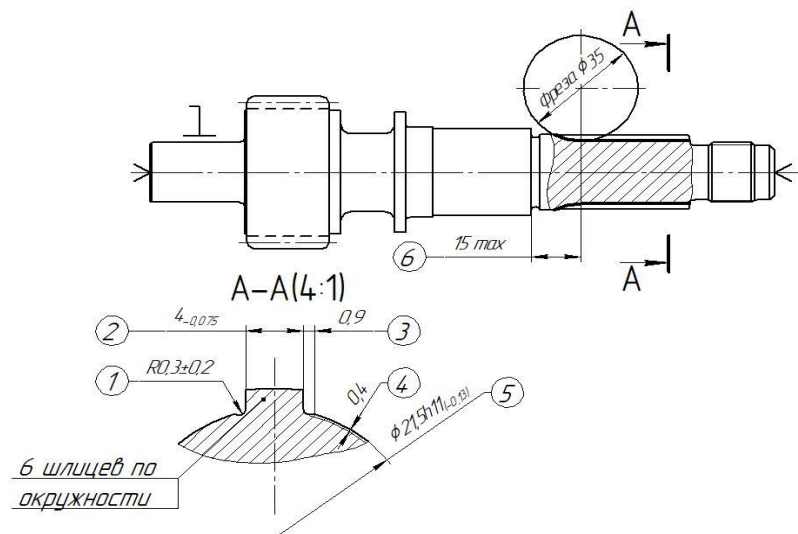


Рисунок 2.25 – Операционный эскиз 015 операции

Операция 020 зубофрезерная.

Заготовка устанавливается вертикально в центрах, зубья фрезеруются червячной фрезой выдерживая размеры 1,2,3. Операционный эскиз представлен на рисунке 2.26

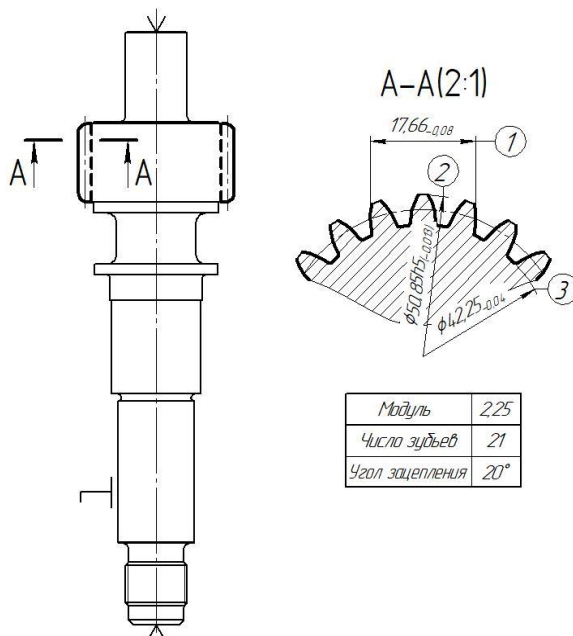


Рисунок 2.26 – Операционный эскиз 015 операции

Операция 030 зубошлифовальная

Заготовка устанавливается в центрах. Шлифуется профиль зубьев выдерживая размер 1,2. Операционный эскиз представлен на рисунке 2.27

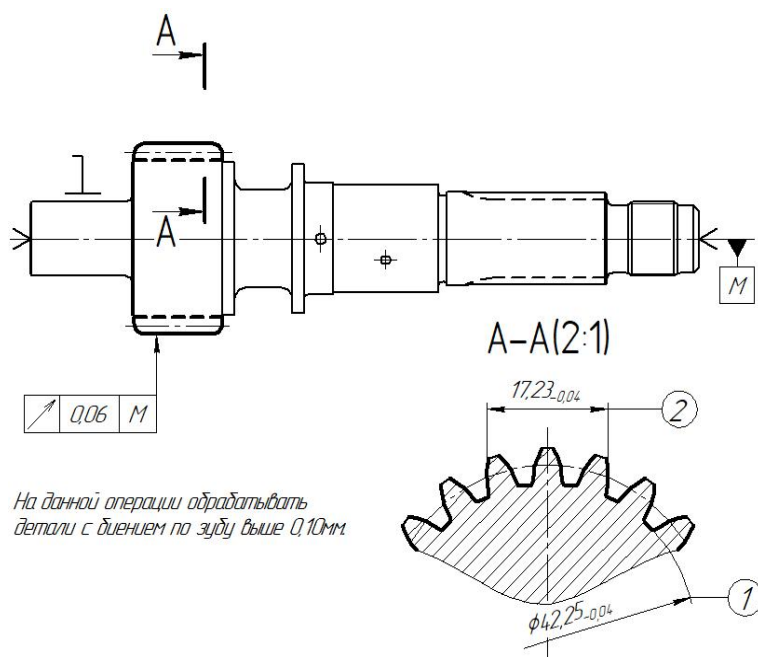


Рисунок 2.27 – Операционный эскиз 030 операции

Операция 035 шлифшлифовальная

Заготовка устанавливается в центрах. Шлифуются впадины шлицев выдерживая размер 1. Операционный эскиз представлен на рисунке 2.28

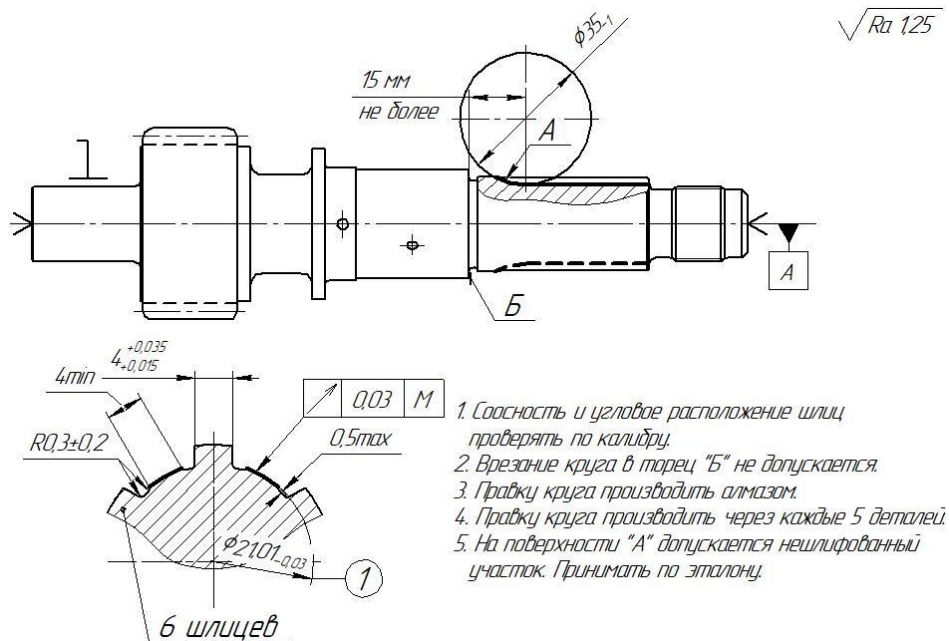


Рисунок 2.28 – Операционный эскиз 035 операции

Операция 040 круглошлифовальная с ЧПУ

Деталь устанавливается в центрах. Шлифуются наружные цилиндрические поверхности выдерживая размеры: 1,7; 2,8; 3,5; 4,6. Операционный эскиз представлен на рисунке 2.29

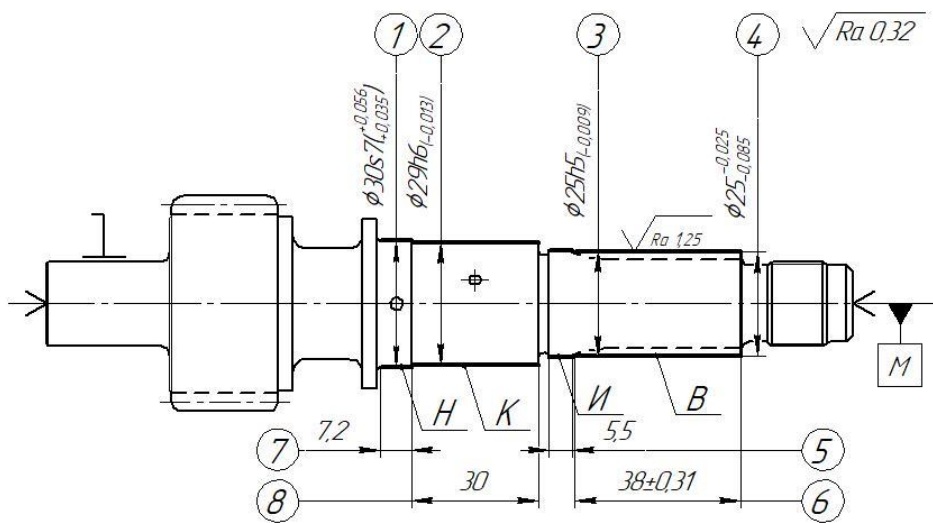
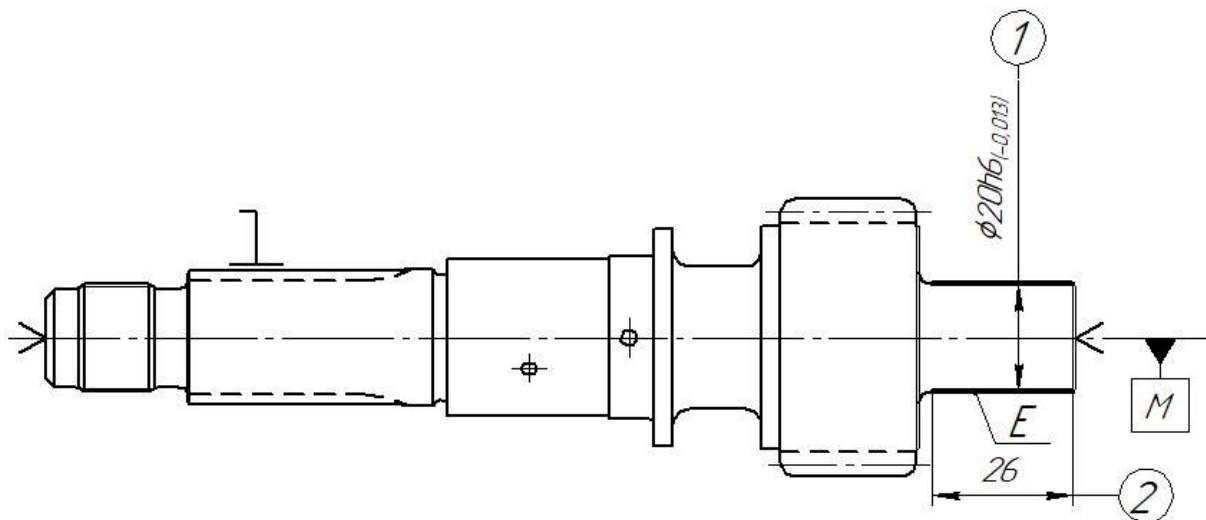


Рисунок 2.29 – Операционный эскиз 040 операции

					Лист
150305.2018.289.00 ПЗ ВКР					45
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

Операция 045 круглошлифовальная с ЧПУ

Деталь устанавливается в центрах. Шлифуется наружная цилиндрическая поверхность выдерживая размеры 1,2. Операционный эскиз представлен на рисунке 2.30



1. Биение поверхности "E" относительно центров не более 0,01мм.

Рисунок 2.30 – Операционный эскиз 045 операции

2.2.3 Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса

В проектном варианте технологического процесса имеется необходимость расчета замыкающего звена, припусков и минимального размера заготовки.

Составим размерную схему и выявим в ней замыкающие звенья. Далее составим уравнения припусков и замыкающих звеньев. Рассчитаем минимальные припуски на обработку.

Замыкающие звено:

$$[18...238] = (238...58) + (58...18) \text{ мм}$$

$$0.46 > 0.25 + 0.13$$

Выполняется.

Расчет припусков:

$$[238...237] = (237...18) - (18...58) - (58...238)$$

$$[238...237] = X_{-0,46} - 29 \pm 0,065 - 161_{-0,25}$$

Номинал припуска определяется по формуле:

$$z = z_{\min} + \frac{W_{Ai}}{2} - \Delta_{0Ai} \quad (1)$$

$$z_{\min} = 0,025 + 0,03 = 0,055 \text{ мм};$$

$$W_{Ai} = 0,46 + 0,13 + 0,25 = 0,84 \text{ мм};$$

Δ_{0Ai} – координата середин полей допусков составляющих звеньев:

$$\Delta_{0Ai} = \left(\frac{0 + (-0,46)}{2} \right) - \left(\frac{0,065 - 0,065}{2} + \frac{0 - 0,25}{2} \right) = -0,105 \text{ мм};$$

$$[238...237] = 0,055 + \frac{0,84}{2} + 0,1 = 0,575 \text{ мм};$$

$$0,57 = x - 29 - 161$$

$$x = 190,57 \text{ мм};$$

$$[17...18] = -(18...237) + (237...17)$$

$$[17...18] = -190,57_{-0,46} + Y \pm 0,575$$

$$Z_{\min} = 0,25 + 0,4 = 0,65 \text{ мм};$$

$$W_{Ai} = 0,46 + 1,15 = 1,61 \text{ мм};$$

$$\Delta_{0Ai} = \left(\frac{0,575 - 0,575}{2} \right) - \left(\frac{0 - 0,46}{2} \right) = 0,23 \text{ мм};$$

$$[17...18] = 0,65 + \frac{1,61}{2} - 0,23 = 1,22 \text{ мм};$$

$$Y = 1,225 + 190,575 = 191,8 \text{ мм};$$

$$[88...87] = (87...78) - (78...88)$$

$$[88...87] = A \pm 0,26 - 29_{-0,84}$$

$$Z_{\min} = 0,05 \text{ мм};$$

$$W_{Ai} = 0,52 + 0,84 = 1,36 \text{ мм};$$

$$\Delta_{0Ai} = \left(\frac{0,26 - 0,26}{2} \right) - \left(\frac{0 - 0,84}{2} \right) = 0,42 \text{ мм};$$

$$[88...87] = 0,05 + \frac{1,36}{2} - 0,42 = 0,31 \text{ мм};$$

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		47

$$A = 0,1+29 = 29,31 \text{ мм};$$

$$[108...107] = (108...88) - (88...58) - (58...107)$$

$$[108...107] = B \pm 0,31 - 29_{-0,84} - 16,5 \pm 0,215$$

$$[108...107] = 0,05 + \frac{1,89}{2} - 0,42 = 0,575 \text{ мм};$$

$$B = 29 + 16,5 - 0,575 = 44,92 \text{ мм};$$

$$[118...117] = (117...58) - (58...118)$$

$$[118...117] = C \pm 0,31 - 49_{-0,16}$$

$$[118...117] = 0,05 + \frac{0,78}{2} - 0,08 = 0,36 \text{ мм};$$

$$C = 0,36 + 49 = 49,36 \text{ мм};$$

$$[168...167] = (167...58) - (58...168)$$

$$[168...167] = D \pm 0,435 - 87_{-0,14}$$

$$[168...167] = 0,05 + \frac{1,01}{2} - 0,07 = 0,48 \text{ мм};$$

$$D = 87,48 \text{ мм};$$

$$[178...177] = (177...58) - (58...178)$$

$$[178...177] = E \pm 0,5 - 135_{-0,25}$$

$$[178...177] = 0,05 + \frac{1,25}{2} - 0,125 = 0,55 \text{ мм};$$

$$E = 135,55 \text{ мм};$$

В результате расчета размерной цепи линейных размеров проектного варианта технологического процесса изготовления вала-крыльчатки были выявлены минимальные припуски, а также что, замыкающие звенья выполняются. Проверочный расчет размерной цепи и полученные размеры заготовки представлены на рисунке 2.31

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

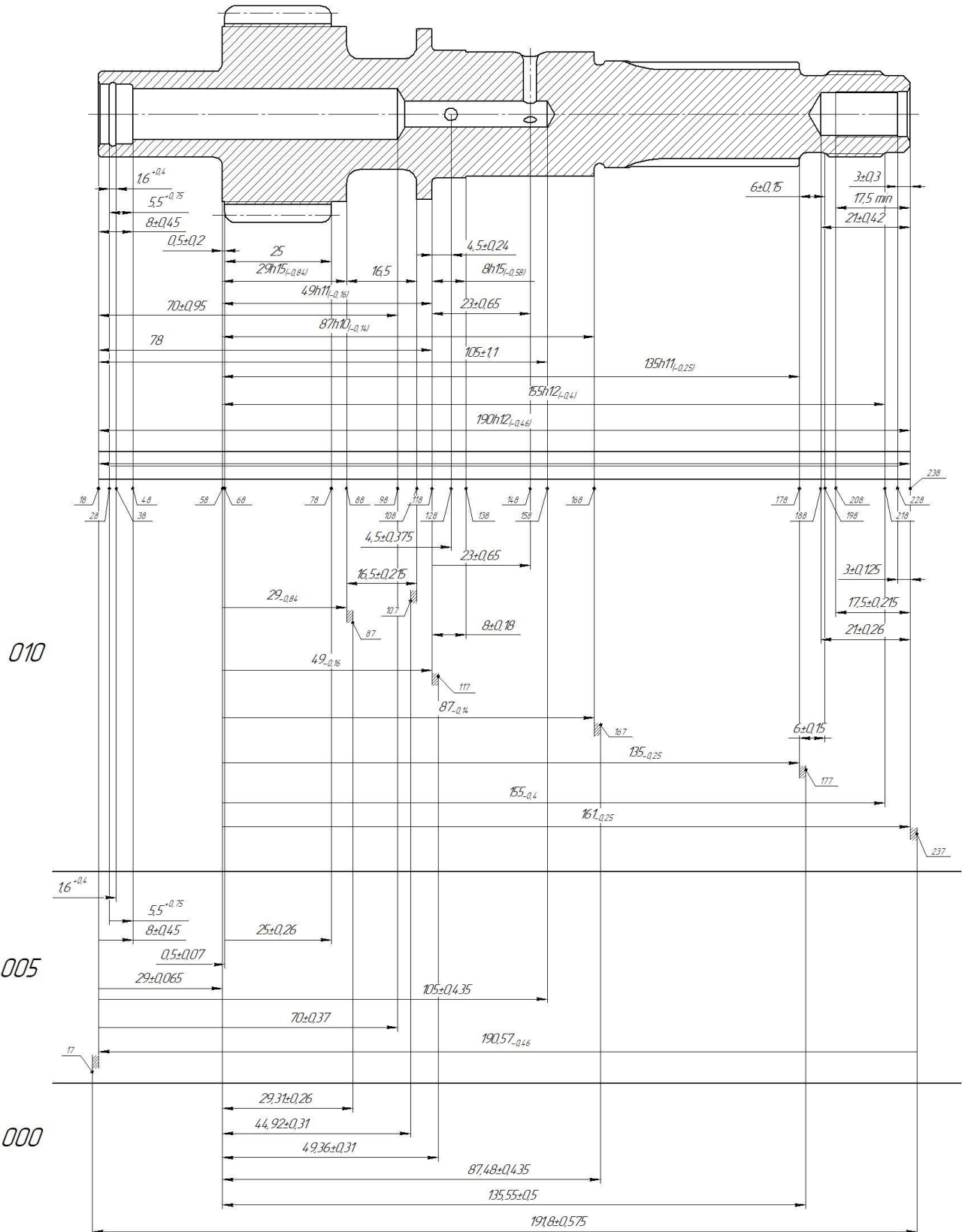


Рисунок 2.31 – Размерный анализ детали Вал крыльчатки действующего технологического процесса

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.

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.

Подрезка торца припуск 0,9 мм осуществляется за один проход так как поверхности торцов необходимо получить по 12 качеству.

Получистовая стадия для цилиндрической поверхности Ø20 мм.

Подача рассчитывается по формуле:

$$S = S_{от} \cdot K_{си} \cdot K_{сп} \cdot K_{сд} \cdot K_{sh} \cdot K_{см} \cdot K_{sy} \cdot K_{сп} \cdot K_{сф} \cdot K_{sj}, \quad (2)$$

где $S_{от} = 0,27$ мм/об;

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

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

$K_{сд} = 1$ – сечения державки;

$K_{sh} = 1$ – прочности режущей части;

$K_{см} = 1,25$ – механических свойств обрабатываемого материала;

$K_{sy} = 1,2$ – схемы установки заготовки;

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

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

$K_{sj} = 1,1$ – жесткости станка.

Тогда подача:

$$S = 0,27 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,25 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 = 0,33 \text{ мм/об.}$$

Составляющие силы резания [5 карта 32, с.98]:

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		50

$$P_{\text{хт}} = 630 \text{ Н и } P_{\text{ут}} = 230 \text{ Н.}$$

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

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

Формула для расчёта скорости:

$$V = V_T \cdot K_{\text{ви}} \cdot K_{\text{вс}} \cdot K_{\text{во}} \cdot K_{\text{вж}} \cdot K_{\text{вф}} \cdot K_{\text{вт}} \cdot K_{\text{вж}}, \quad (3)$$

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

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

$K_{\text{во}} = 1$ – вида обработки;

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

$K_{\text{вм}} = 1,7$ – 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:

$$V = 203 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 190 \text{ м/мин.}$$

Поправочный коэффициент [5, карта 24, с. 85] на мощность резания в зависимости от механических свойств обрабатываемого материал $K_{\text{NM}} = 0,6$.

Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (4)$$

где D – диаметр обработки, мм.

При подстановке:

$$n = \frac{1000 \cdot 190}{3,14 \cdot 20} = 2500 \text{ об/мин.}$$

Минутная подача определяется по формуле:

$$S_M = S_o \cdot n, \quad (5)$$

$$S_M = 0,33 \cdot 2500 = 825 \text{ мм/мин.}$$

Основное время:

$$T_o = \frac{L}{S_M}, \quad (6)$$

Где L – путь резца с учетом недобега.

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		51

Время на получистовой стадии:

$$T_o = \frac{32}{825} = 0,038 \text{ мин.}$$

Чистовая стадия.

Подача $S_{от} = 0,14$ мм/об [5, карта 6, с.46].

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

- механических свойств обрабатываемого материала $K_{SM} = 1,25$;
- схемы установки заготовки $K_{sy} = 1,2$;
- радиуса вершины резца $K_{sr} = 0,52$;
- качества обрабатываемой детали $K_{sk} = 0,8$;
- угла в плане $K_{сфк} = 1$.

Подача с учетом коэффициентов:

$$S_o = 0,14 \cdot 1,25 \cdot 1,2 \cdot 0,52 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,08 \text{ мм/об.}$$

Скорость резания $V_T = 430$ м/мин [5, карта 21, с.80] Поправочные коэффициенты в зависимости от [5, карта 23, с.82]:

- группы обрабатываемости материала $K_{vc} = 1$;
- вида обработки $K_{vo} = 1$;
- жесткости станка $K_{vj} = 1$;
- механических свойств обрабатываемого материала $K_{vm} = 1,7$;
- 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:

$$V = 190 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 206 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 206}{3,14 \cdot 20} = 3280 \text{ об/мин.}$$

Минутная подача определяется по формуле:

$$S_M = S_o \cdot n,$$

$$S_M = 0,08 \cdot 3280 = 262,4 \text{ мм/мин.}$$

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		52

Время на чистовой стадии обработки:

$$T_o = \frac{32}{262,4} = 0,122 \text{ мин.}$$

Аналогичным образом по картам нормативов определяются режимы и время для обработки остальных поверхностей. Результаты расчетов для операции 005 сведены в таблицу 2, для 010 в таблицу 3.

Таблица 2 – Расчет режимов резания для 005 операции

Подрезка торца		
	Получистовая стадия	Чистовая стадия
Глубина t, мм	0,9	
Подача S, мм/об	0,27	
Скорость резания V, м/мин	190	
Частота вращения шпинделя, n об/мин	2500	
Время обработки, мин	0,1	
Итого, мин	0,1	
Точение Ø20		
Глубина t, мм	1,5	0,5
Подача S, мм/об	0,33	0,08
Скорость резания V, м/мин	172	206
Частота вращения шпинделя, n об/мин	2610	3286
Время обработки, мин	0,82	0,45
Итого, мин	1,27	
Точение Ø50,85		
Глубина t, мм	1,5	0,5
Подача S, мм/об	0,33	0,08
Скорость резания V, м/мин	206	228
Частота вращения шпинделя, n об/мин	1589	1423
Время обработки, мин	0,76	0,35
Итого, мин	1,11	
Сверление отверстий	Ø12	Ø6
Глубина t, мм	6	3
Подача S, мм/об	0,273	0,143
Скорость резания V, м/мин	29,12	29,32
Частота вращения шпинделя, n об/мин	772	1556
Время обработки, мин	0,43	0,34
Растачивание Ø15,5H14	Ø15,5H14	Ø14 H9
Глубина t, мм	0,7	0,5
Подача S, мм/об	0,16	0,16
Скорость резания V, м/мин	137,7	137,7
Частота вращения шпинделя, n об/мин	3132	2829
Время обработки, мин	0,1	0,15

Таблица 3 – Расчет режимов резания для 010 операции

Подрезка торца		
	Получистовая стадия	Чистовая стадия
Глубина t , мм	0,9	
Подача S , мм/об	0,27	
Скорость резания V , м/мин	190	
Частота вращения шпинделя, n об/мин	2500	
Время обработки, мин	0,1	
Итого, мин	0,1	
Точение $\varnothing 20$		
Глубина t , мм	1,5	0,5
Подача S , мм/об	0,33	0,08
Скорость резания V , м/мин	172	206
Частота вращения шпинделя, n об/мин	2610	3286
Время обработки, мин	0,8	0,45
Итого, мин	1,27	
Точение $\varnothing 30$		
Глубина t , мм	1,5	0,5
Подача S , мм/об	0,33	0,08
Скорость резания V , м/мин	203	185
Частота вращения шпинделя, n об/мин	2085	1963
Время обработки, мин	0,6	0,5
Итого, мин	1,1	
Точение $\varnothing 40$		
Глубина t , мм	1,5	0,5
Подача S , мм/об	0,33	0,08
Скорость резания V , м/мин	252	185
Частота вращения шпинделя, n об/мин	2972	1472
Время обработки, мин	0,56	0,56
Итого, мин	1,12	
Точение $\varnothing 26$		
Глубина t , мм	1,5	0,5
Подача S , мм/об	0,29	0,07
Скорость резания V , м/мин	252	205
Частота вращения шпинделя, n об/мин	2972	2486
Время обработки, мин	0,5	0,4
Итого, мин	0,9	
Сверление отв. $\varnothing 9$		
Глубина t , мм	4,5	
Подача S , мм/об	0,23	
Скорость резания V , м/мин	26	
Частота вращения шпинделя, n об/мин	828	
Время обработки, мин	0,43	
Рассверливание отв. $\varnothing 10,5$		
Глубина t , мм	0,5	
Подача S , мм/об	0,07	
Скорость резания V , м/мин	172	
Частота вращения шпинделя, n об/мин	2738	
Время обработки, мин	0,2	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

150305.2018.289.00 ПЗ ВКР

Лист

54

Нарезание наружной резьбы М20х1		
Глубина t , мм	0,5	
Подача S , мм/об	1	
Скорость резания V , м/мин	136	
Частота вращения шпинделя, n об/мин	1976	
Время обработки, мин	0,58	
Нарезание внутренней резьбы М10х1		
Глубина t , мм	0,5	
Подача S , мм/об	1	
Скорость резания V , м/мин	21	
Частота вращения шпинделя, n об/мин	670	
Время обработки, мин	0,4	
Сверление отв.	Ø3 2отв.	Ø3 3отв.
Глубина t , мм	1,5	1,5
Подача S , мм/об	0,065	0,065
Скорость резания V , м/мин	28,2	28,2
Частота вращения шпинделя, n об/мин	2970	2970
Время обработки, мин	0,18	0,24

Вспомогательное время на операцию 005 $T_{всп} = 0,75$ мин, а подготовительно-заключительное $T_{пз} = 30$ мин.

Итак, операционное время на 005 операции:

$$T_{ца} = 3,5 \text{ мин.}$$

Норма штучного времени определяется по формуле:

$$T_{шт} = (T_{ца} + T_{всп}) \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{тех} + \alpha_{орг} + \alpha_{отл}}{100}\right), \quad (7)$$

$$T_{ца} = T_o + T_{мв}, \quad (8)$$

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

$$\alpha_{тех} + \alpha_{орг} + \alpha_{отл} = 10\%.$$

Таким образом, штучное время равно:

$$T_{шт} = 1,1(T_{ца} + T_{всп}),$$

$$T_{шт} = 1,1 \cdot (3,5 + 0,75) = 4,67 \text{ мин.}$$

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

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		55

Таблица 4 – Результат расчета времени на обработку

Операция	$T_{шт}$	$T_{пз}$
005 Токарная с ЧПУ	4,67	30
010 Токарная с ЧПУ	13,49	30
015 Шлицефрезерная с ЧПУ	2,67	23
020 Зубофрезерная операция	10,61	23
030 Зубошлифовальная операция	7,21	32
035 Шлицешлифовальная операция	4,41	16
040 Шлифовальная с ЧПУ	4,26	15
045 Шлифовальная с ЧПУ	0,6	15
Итого	47,92	184

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 0,68. При таком КИМ во время обработки детали образуется небольшое количество стружки и использование материала становится более экономичным.

Составлен маршрутный технологический процесс, содержащий меньшее количество операций механической обработки, Описано применяемое станочное оборудование его характеристики и опции. Проведен расчет режимов резания и норм времени, который выявил значительное сокращение штучного времени по сравнению с действующим технологическим процессом.

Также был проведен размерный анализ технологического процесса и посчитана величина минимального припуска.

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 машиностроении при токарных операциях существует множество способов закрепления заготовок на станках. Наиболее простым и распространенным является метод установки в центрах. 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

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		57

направления перемещения стола вызывает конусность обрабатываемой поверхности. Эти же погрешности в вертикальной плоскости вызывают 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.

Для обработки детали «вал крыльчатки», на 005 и 010 операциях целесообразно использовать трехкулачковый патрон HS-08 (рисунок 3.1).

- диаметр проходного отверстия – 52 мм.
- диаметр захвата максимальный – 210 мм.
- диаметр захвата минимальный 13 мм.
- ход кулаков на диаметре 7,4 мм.
- ход штока 16 мм.
- максимальное прилагаемое усилие – 17,5 кН.
- максимальное статическое усилие зажима 86 кН.
- максимальное число оборотов 8000
- вес 22,3 кг.
- максимальное давление гидравлики 2,65 Мра.
- используемые кулачки HB08A1

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		58

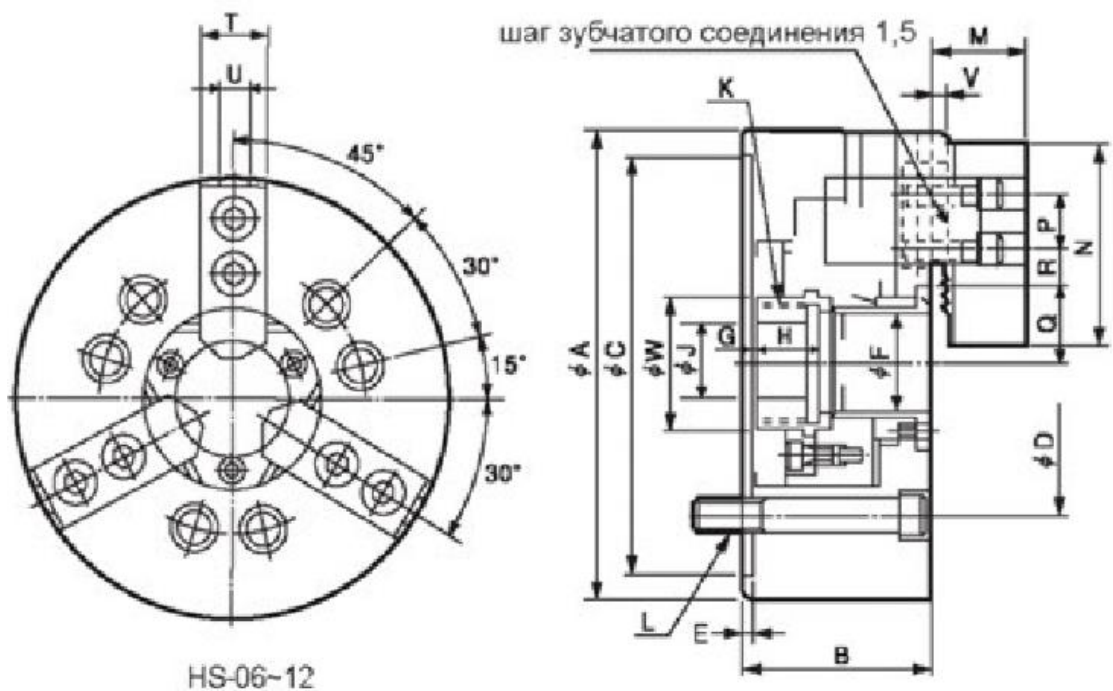


Рисунок 3.1 – Патрон трехкулочковый HS-8

Инструментальная оснастка.

Для крепления призматических державок применяются Адаптер VDI - ASHR/L-VDI40-25-HP. Основные размеры представлены на рисунке 3.2 - $DCON = 40\text{мм}$; $LF=85\text{мм}$; $HF=25$; $WF=25$; $OAW=92$; $OAH=88$. [9]

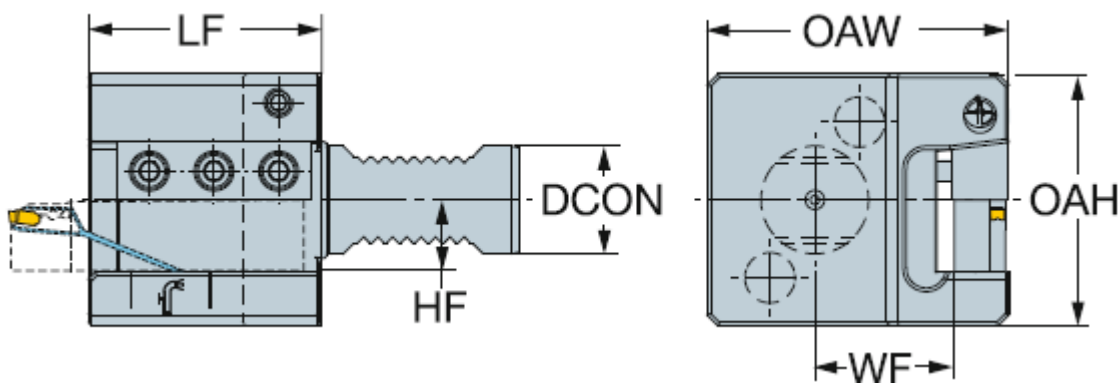


Рисунок 3.2 – ASHR-VDI40-25-HP

Инструментальные блоки для револьверной головки, для расточных оправок - SBB-60-DO-PU400. Основные размеры представлены на рисунке 3.3 $LPR=105\text{мм}$; $LF=60\text{мм}$; $WF=125\text{мм}$; $OAH=120\text{мм}$; $OAW=252\text{мм}$. [9]

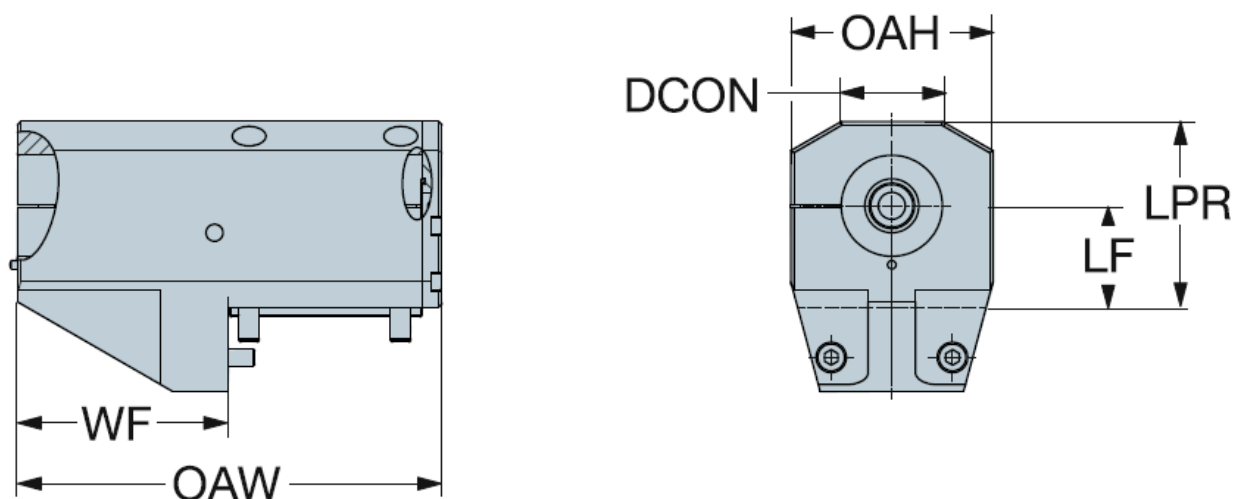


Рисунок 3.3 – Инструментальный блок SBB-60-DO-PU400

Для цельных твердосплавных свёрл применяется цанговый патрон A214-30 16 080 с конусом MAS-BT 403. Основные размеры $DCON_{ws}=10$ мм; $LF=80.0$ мм; $LB_1=55.0$ мм; $BD_1=28.0$ мм; $BD_2=46.0$ мм. [10] Основные размеры представлены на рисунке 3.4

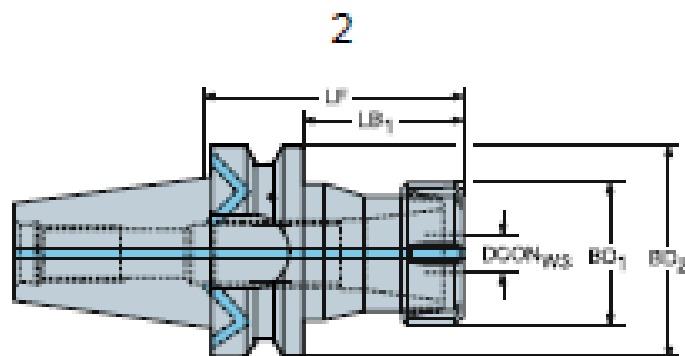


Рисунок 3.4 – Цанговый патрон A214-30 16 080

3.2 Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента

При разработке технологического процесса механической обработки заготовки выбор режущего инструмента, его вида, конструкции и размеров в значительной мере предопределяется методами обработки, свойствами

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		60

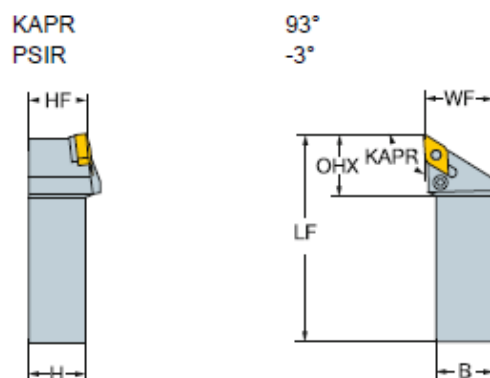


Рисунок 3.6 – Державка SDNCN 2525M 11

Пластина для державки: DNMG 11 04 04-SF. Основные размеры: $RE=04\text{мм}$; $LE=11\text{мм}$; $S=4\text{мм}$; $IC=9.5\text{мм}$. Материал пластины: M1115. [9]

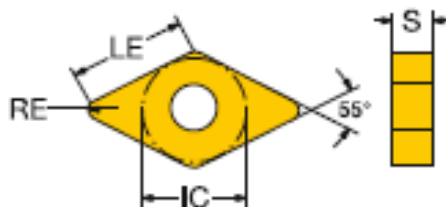


Рисунок 3.7 – Пластина DNMG 11 04 04-SF

Для обработки канавки 8 применяется державка QS-SMAL/L1616E3HP. Основные размеры: $B=16\text{мм}$; $H=16\text{мм}$; $LF=70\text{мм}$; $WF=16\text{мм}$; $OHX=28\text{мм}$ [9].

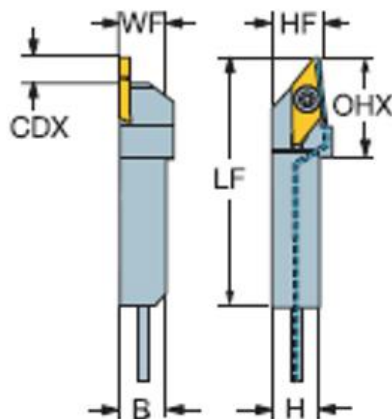


Рисунок 3.8 – Державка QS-SMALR/L1616E3HP

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		62

Для державки QS-SMAL/L1616E3HP применяется пластина MACR/L 3 100-L. Основные размеры: CW=1мм; PSIRL=15; REL=0.05; CDX=6.3; RER=0.05. [9]

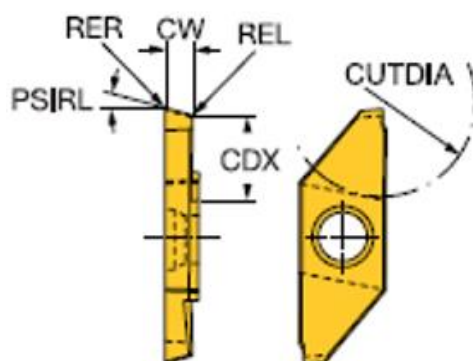


Рисунок 3.9 – MACR/L 3 100-L

Для обработки поверхности б применяется державка RCMT 10 T3 M0. Основные размеры: B=25мм; H=25мм; LF150мм; WF=32мм; HF=25мм; OHX=32мм. [9]

SRSCR/L (INCH)

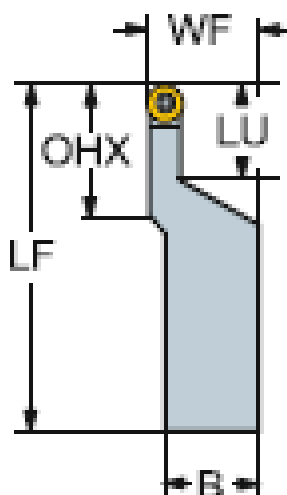


Рисунок 3.10 – Державка SRDCN 2525M 10-A

Пластина для державки: DNMG 11 04 04-SF. Основные размеры:- S=4мм; IC=9.5мм [9]

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		63

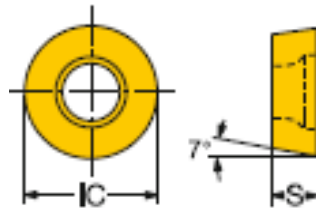


Рисунок 3.11 – Пластина: DNMG 11 04 04-SF

Для растачивания поверхностей 8,9,10 применяется Расточные оправки CoroTurn - A08H-SCLCR/L 06. Основные размеры основные размеры: $DCON=8$; $LF=100$; $WF=5$; $DMIN=10$; $OHN=12$.

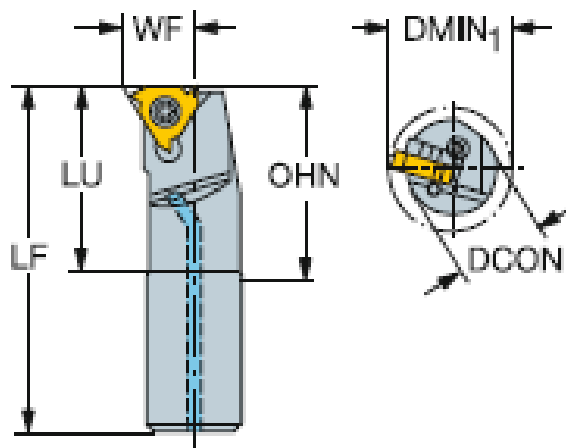


Рисунок 3.12 – Расточная оправка - A08H-SCLCR/L 06

Пластина, применяемая для расточной оправки: R166.0L-11UN01-320. Основные размеры: $HA=0,50$ мм; $HB=0,04$ мм; $PDX=0,60$ мм; $PDY=0,68$ мм; $IC=9.5$ мм. Материал: P1020. [9]

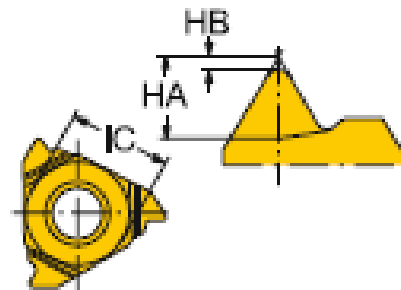


Рисунок 3.13 – Пластина R166.0L-11UN01-320

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		64

Для точения резьбы на поверхности 11 используется державка: 12 - 266R/LFG-2525-16. Основные размеры: $B=25\text{мм}$; $H=25\text{мм}$; $LF=150\text{мм}$; $WF=32\text{мм}$; $HF=25\text{мм}$; $OHX=22\text{мм}$. [9]

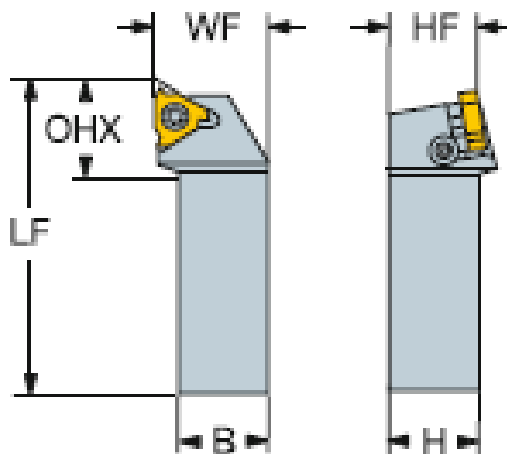


Рисунок 3.14 – Державка 12 - 266R/LFG-2525-16

Пластина, используемая для державки - 266RG-16RD01A100E. Основные размеры: $HA=1,76\text{мм}$; $HB=0,36\text{мм}$; $PDX=1,30\text{мм}$; $PDY=1,34\text{мм}$; $IC=10,5\text{мм}$. Материал пластины: P1020. [9]

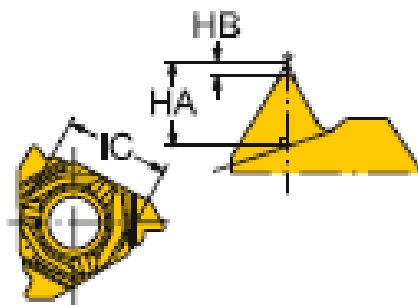


Рисунок 3.15 – Пластина 266RG-16RD01A100E

Для обработки отверстия принимаются цельные твердосплавные сверла CoroDrill

Для обработки отверстия $\phi = 12 \text{ мм}$ (поверхность 13) используется сверло - R846-1200-50-A1A Основные размеры: $DCON=12,00\text{мм}$;

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		65

$OAL=112.00\text{мм}$; $LCF=71.00\text{мм}$; $PL=2,18\text{ мм}$; $SIG=140$
 $DC=12.00\text{мм}$;
 $LU=62,2\text{мм}$.

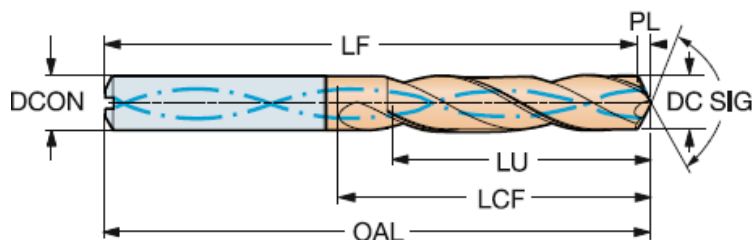


Рисунок 3.16 – R846-1200-50-A1A

Для обработки отверстия $\varnothing = 10\text{ мм}$ (поверхность 10) применяется сверло 860.1-1000-031A0-PM. Основные размеры: $DC=10\text{ мм}$; $LU=31,6\text{ мм}$; $DCON=10\text{ мм}$; $OAL=89.00$ $LCF=47\text{ мм}$; $PL=0,63\text{ мм}$; $SIG=144$. [10]

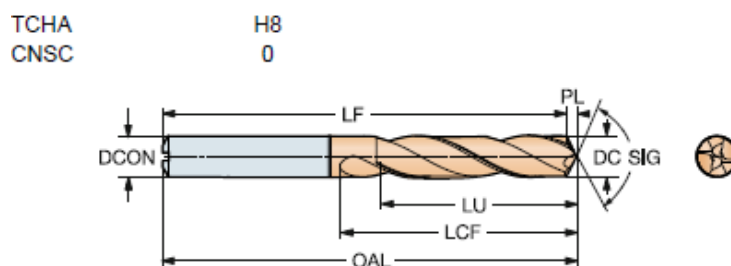


Рисунок 3.17 – 860.1-1000-031A0-PM

Для обработки отверстия $\varnothing = 6\text{ мм}$ (поверхность 14) применяется сверло 861.1-0600-090A1-GM. Основные размеры: $DC=6.00\text{мм}$; $LU=91.10\text{мм}$; $DCON=6.00\text{мм}$; $OAL=150\text{мм}$; $LCF=108.00\text{мм}$; $PL=1,09\text{мм}$; $SIG=140$. [10]

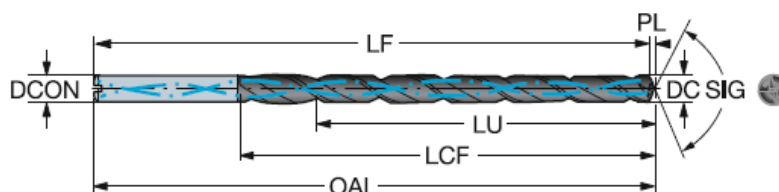


Рисунок 3.18 – Сверло 861.1-0600-090A1-GM

Для обработки отверстия $\varnothing = 3$ мм (поверхность 15) применяется сверло 861.1-0300-036A1-GM. Основные размеры: $DC = 3.00$ мм; $LU = 36,50$ мм; $DCON = 6.00$ мм; $OAL = 94.00$ мм; $LCF = 52.00$ мм; $PL = 0.55$ мм; $SIG = 140$ [10].

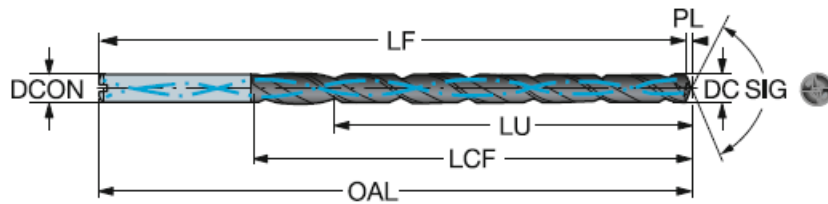


Рисунок 3.19 – 861.1-0300-036A1-GM

Для нарезания внутренней резьбы на поверхности 12 используется метчик машинный E054M10X1. Основные размеры: $TDZ = MF 10 \times 1$; $TP = 1$ мм; $LU = 34$ мм; $DCON = 10$ мм; $TD = 10$ мм; $LF = 80$ мм [10].

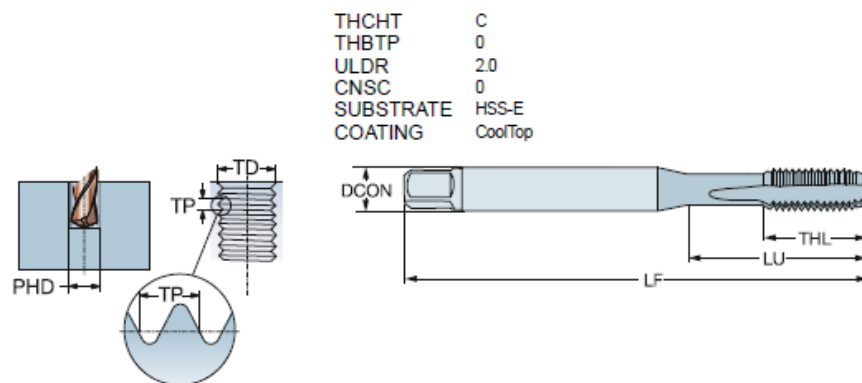


Рисунок 3.20 – Метчик E054M10X1

3.3 Проектирование и расчет специального режущего инструмента

В качестве специального инструмента необходимо спроектировать червячную модульную фрезу для фрезерования зубьев, а также червячную шлицевую фрезу для фрезерования шлицев. Материал фрез – Сталь Р6М5Ф3 ГОСТ 19265-73, твердость HRC 63...66. Мощность привода станка $N = 7,5$ кВт.

3.1.1 Проектирование и расчет червячной модульной фрезы.

Червячные фрезы применяются для червячной и чистовой обработки цилиндрических зубчатых колес наружного зацепления с прямым, винтовым и шевронным зубьями, червячных колес и колес внутреннего зацепления. Проектирование фрез заключается в назначении размеров конструктивных элементов, расчете размеров профиля их зубьев и выборе геометрических параметров. [11]

Для проектирования фрезы необходимо знать:

- а) модуль нормальный колеса $m=2,25$;
- б) угол профиля нарезаемого колеса $\alpha=20^\circ$;
- в) коэффициент высоты головки зуба $h_a^* = 0,8$;
- г) коэффициент радиального зазора $C^* = 0,31$;
- д) материал обрабатываемой детали и его твердость 12Х2Н4А

Выбор угла профиля и числа заходов фрезы

Зубчатые колеса могут быть нарезаны червячными фрезами с углом профиля $\alpha_{п0}$ как равным, так и отличным от угла $\alpha_{п1}$ профиля зубьев колес. При этом необходимым условием правильности обработки колес фрезами является равенство их основных шагов в нормальном сечении:

$$P_{п0} = P_{п0} \cos \alpha_{п0} = \pi m_{п0} \cos \alpha_{п0} = P_{п1} = \pi m_{п1} \cos \alpha_{п1}, \quad (9)$$

$$P_{п0} = \pi m_{п1} K_k = 3,14 \cdot 2,25 \cdot 1 = 7,065 \approx 7 \text{ мм}$$

Наиболее часто угол $\alpha_{п0}$ принимают равным $\alpha_{п1}$. По ГОСТ 13755-81 определили, что угол профиля нарезаемого колеса $\alpha_{п0} = 20^\circ$. В этом случае значение коэффициента K_k равно единице.

Число заходов фрез z_{10} выбирается в зависимости от их служебного назначения. Для фрез, применяемых при чистовом фрезеровании, обычно $z_{10} = 1$.

Расчет геометрических параметров зубчатого колеса проведем по следующим формулам:

- а) торцевой модуль

$$m_t = m_{п1} / \cos \beta_1, \quad (10)$$

т.к. обрабатываемое зубчатое колесо имеет прямые зубья, угол $\beta_1 = 0$

$$m_t = m_{п1};$$

б) делительный диаметр

$$d_1 = m_t z_1 = 2,25 \cdot 21 = 47,25 \text{ мм}; \quad (11)$$

в) высота головки зуба колеса

$$h_a = (h_a^* + x)m = (0,8 + 0) \cdot 2,25 = 1,8 \text{ мм}; \quad (12)$$

г) диаметр окружности вершин зубьев

$$d_a = mz / \cos \beta + 2(h_a^* + x)m = 2,25 \cdot 21 / \cos 0 + 2 \cdot (0,8 + 0) \cdot 2,25 = 50,85 \text{ мм}; \quad (13)$$

д) коэффициент радиального зазора

$$c = c^* \cdot \cos \beta = 0,31 \cdot \cos 0 = 0,31 \text{ мм}; \quad (14)$$

е) высота ножки зуба колеса

$$h_f = (h_a^* + c^* - c)m = (0,8 + 0,31 - 0,31) \cdot 2,25 = 1,8 \text{ мм}; \quad (15)$$

ж) коэффициент смещения

$$x_t = x \cos \beta = 0 \cdot 1 = 0; \quad (16)$$

з) профильный угол в торцевом сечении

$$\alpha_{t1} = \frac{\arctg(\tg \alpha_{п1})}{\cos \beta_1} = \frac{\arctg(\tg 20^\circ)}{\cos 0^\circ} = 20^\circ; \quad (17)$$

и) радиус основного цилиндра

$$r_{в1} = r_1 \cos \alpha_{t1} = \frac{d_1}{2} \cos \alpha_{t1} = 47,25 \cdot \cos 20 = 22,6 \text{ мм}; \quad (18)$$

к) угол $\beta_{\omega 1}$ наклона зуба колеса на начальном цилиндре при обработке реечным инструментом с профильным углом $\alpha_{п0}$

$$\sin \beta_{\omega 1} = \sin \beta_1 \cdot \frac{\cos \alpha_{п1}}{\cos \alpha_{п0}} = 0; \quad (19)$$

л) профильный угол $\alpha_{t\omega 1}$ зуба колеса на начальном цилиндре обработки в торцевой плоскости

$$\operatorname{tg} \alpha_{t\omega 1} = \operatorname{tg} \alpha_{n0} / \cos \beta_{\omega 1} \quad (20)$$

для прямозубых колес, т.е при $\beta_1 = 0 \quad \alpha_{t\omega 1} = \alpha_{n0} = 20^\circ$;

м) радиус начального цилиндра обработки колеса

$$r_{\omega 1} = r_{B1} / \cos \alpha_{t\omega 1} = 22,6 \text{ мм}; \quad (21)$$

н) толщина зуба корригированного колеса в сечении, нормальном к винтовой линии на делительном цилиндре при сдвиге исходного контура xm ,

$$\begin{aligned} S_{n1} &= \frac{\pi m_{n1}}{2} - \Delta S + 2xm_{n1} \operatorname{tg} \alpha_{n1} = \\ &= \frac{\pi 2,25}{2} - 0,14 + 2 \cdot 0 \cdot 2,25 \operatorname{tg} 20^\circ = 5; \end{aligned} \quad (22)$$

о) толщина зуба колеса в сечении, нормальном к винтовой линии зуба на начальном цилиндре

$$\begin{aligned} S_{n\omega 1} &= 2r \left(\frac{S_{n1}}{2r_1 \cos \beta_1} + \operatorname{inv} \alpha_{t1} - \operatorname{inv} \alpha_{t\omega 1} \right) \cos \beta_{\omega 1} = \\ 2 \cdot 22,6 &\left(\frac{5}{2 \cdot 23,6 \cos 0} + 0,015 - 0,015 \right) \cos 0 = 4,7 \text{ мм} \end{aligned} \quad (23)$$

п) ход зубьев по нормали

$$P_{zп} = P_{п0} z_{10} = 7 \cdot 1 = 7 \text{ мм}; \quad (24)$$

р) толщина зуба в нормальном сечении

$$S_{п0} = P_{п0} - (S_{n\omega 1} + \Delta S_{п}) = 7 - 4,7 = 2,3 \text{ мм}; \quad (25)$$

где $\Delta S_{п}$ – припуск под последующую обработку зубьев колеса (при чистовой обработке $\Delta S_{п} = 0$).

Определение конструктивных элементов и геометрических параметров фрезы:

При проектировании червячных фрез в соответствии с исходными данными и требованиями к обрабатываемым деталям расчеты необходимо проводить в следующей последовательности: [11]

1. Необходимо выбрать материал режущей части. Цельные фрезы и зубчатые рейки к сборным фрезам должны изготавливаться из быстрорежущей стали по ГОСТ 19265 – 73. Твердость фрез типов 1 и 2 и реек фрез типа 3 –

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		70

63...66 HRCэ. Для фрез, изготовленных из быстрорежущей стали с содержанием ванадия 3% и более и кобальта 5% и более, твердость должна быть 64...66 HRCэ. Исходя из этого, выберем быстрорежущую сталь марки P6M5Ф3.

2. Определим наружный диаметр фрезы d_a по таблице 13.23 основные и расчетные размеры червячных фрез типа 2 (ГОСТ 9324 – 80 Е), [5].

3. Высота зуба фрезы определим по формуле 24.

$$h_0 = (r_{a1} - r_{f1}) + c^*m = (25,8 - 22,2) + 0,31 \cdot 2,25 \quad (26)$$

$$= 4,3 \text{ мм};$$

где радиус окружности вершин зубьев $r_{a1} = r_1 + h_{a1} = 24 + 1,8 = 25,8$ мм;
радиус окружности впадин зубьев $r_{f1} = r_1 - h_{f1} = 24 - 1,8 = 22,2$ мм.

4. Полная высота зуба фрезы или глубина стружечной канавки у фрез со шлифованным профилем зубьев:

$$H_k = h_0 + \frac{K + K_1}{2} + r_0 = 4,3 + \frac{3 + 3,9}{2} + 1,5 = 10,5 \text{ мм} \quad (27)$$

где $K = \frac{(\pi \cdot d_{a0})}{z_0} \cdot \operatorname{tg} \alpha_B$; $K_1 = (1,2 \dots 1,5)K$; r_0 – радиус закругления дна стружечной канавки (для фрез средних модулей $r_0 = 0,5 \dots 2$ мм). Так как d_{a0} является неизвестным, то для расчета H_k можно воспользоваться следующими ориентировочными значениями K в зависимости от модуля, [6, с.141]. Примем значение K равным 3. Подставив, получим $K_1 = (1,2 \dots 1,5)K = 1,3 \cdot 3 = 3,9$.

5. Диаметр отверстия под оправку рассчитывается по формуле:

$$d_{\text{отв}} = 20 \cdot m_{n0}^{0,373} = 20 \cdot 2,25^{0,373} = 27,3 \text{ мм} \quad (28)$$

Полученное значение округляется до ближайшего большего стандартного в соответствии с ГОСТ 9472-90. Округлив, диаметр отверстия под оправку до 27мм выберем размеры шпоночного паза с отклонениями. Размеры занесем в таблицу 5.

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		71

Таблица 5 – Размеры крепления червячной фрезы на оправке

d^* (поля допусков H7 или H6; h6 или h5)	a	b	c		c_1	e		r		r_1		
27	7	-	54	${}^0_{-0,2}$	29,8	${}^{+0,2}_0$	0,2	${}^{0,15}_0$	1,2	${}^0_{-0,3}$	0,25	${}^0_{-0,09}$

6. Диаметр $d_{вп}$ окружности впадин между зубьями фрезы в целях достаточной прочности должен быть не менее:

$$d_{вп} = 1,75 \cdot d_0 = 1,75 \cdot 27 = 47,25 \text{ мм} \quad (29)$$

7. Наружный диаметр фрезы:

$$d_{a0} \geq d_{вп} + 2H = 47,25 + 2 \cdot 2,25 = 67,25 \text{ мм} \quad (30)$$

8. Определим число зубьев для чистовых фрез по формуле:

$$z_0 = \frac{0,4835 \cdot d_{вп}}{h_0^{0,452}} = \frac{0,4835 \cdot 47,25}{4,3^{0,452}} = 11,8 = 12 \quad (31)$$

Рекомендуется z_0 выбирать в зависимости от модуля и типа фрезы по таблице 37.

Примем число зубьев z_0 с модулем $m=2,25$ для чистовых фрез общего назначения равным 8.

9. Угол ϑ стружечной канавки выбирают в зависимости от z_0 по таблице 6.

Таблица 6 – Угол стружечной канавки

z_0	ϑ
12	18
10...9	22
8	25 или 30

Угол ϑ стружечной канавки равен 18° .

10. Диаметр начального цилиндра фрезы в исходном сечении:

$$d_{m0} = d_{a0} - 2h_{a0} - 0,3K = 67,25 - 2 \cdot 0,4 - 0,3 \cdot 3 = 65,5 \text{ мм} \quad (32)$$

где высота головки зуба $h_{a0} = r_{\omega 1} - r_{f1} = 22,6 - 22,2 = 0,4$ мм; (33)

11. Передний угол на вершинной режущей кромке γ_a для чистовых и прецизионных фрез принимается равным 0° .

12. Задний угол на вершине зуба $\alpha_a = 11^\circ$. Принятое значение α_a проверяется расчетом заднего бокового угла α_δ :

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha_\delta &= \operatorname{tg} \alpha_a \sin \alpha_{n0} = \operatorname{tg} 11^\circ \cdot \sin 20^\circ = 0,0663 \\ \operatorname{arctg} 0,0663 &= 3,8^\circ. \end{aligned}$$

Минимальное значение α_δ должно быть не менее 3° .

13. Величина затылования на вершине зуба определяется по формулам:

$$K = \pi d_a \operatorname{tg} \alpha_a / z_0 = 3,14 \cdot 71 \cdot \operatorname{tg} 11 / 9 = 3,6 \quad (34)$$

$$K_1 = (1,3 \dots 1,7)K = 1,5 \cdot 3,6 = 5,4 \quad (35)$$

Величину затылования на вершине зуба принимается кратным 0,5.

$$K = 3,6 = 3,5$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{a \text{ действ.}} = \frac{K \cdot z_0}{\pi d_a} = \frac{3,5 \cdot 12}{3,14 \cdot 67,25} = 0,198 \quad (36)$$

$$\operatorname{arctg} 0,198 = 11,19^\circ.$$

14. Элементы стружечной канавки:

а) глубина канавки

$$H = h_0 + (K + K_1) / 2 + r_3 = 4,3 + (3,6 + 5,4) / 2 + 1 = 7,65 \quad (37)$$

б) радиус закругления дна канавки принимается кратным 0,5 мм ($r_3 = 1,0; 1,5; 2,0; \dots 3,0$);

в) угол профиля канавки θ примем 18° ;

г) толщина зуба у основания C должна соответствовать условию:

$$C \geq (0,8 \dots 1,0)H = (0,8 \dots 1,0)7,65 = 6,12 \dots 7,65$$

Если $C < 0,8H$, зуб будет недостаточно прочным и величину C необходимо скорректировать.

д) при шлифовании зуба по профилю шлифованная часть зуба должна иметь длину не менее $1/3$ окружного шага или $2/3$ длины зуба по дуге наружного

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		73

диаметра фрезы. Если длина шлифованной части зуба будет меньше указанной, значительно уменьшится срок службы фрезы. При выборе этой величины необходимо подобрать ориентировочно размеры шлифованного круга и проверить чтобы при затывании он не врезался в соседний зуб. Диаметр шлифовального круга определяется по формуле:

$$D_k \leq 0,5d_a \sin(180^\circ / z) / \sin \alpha_a = 0,5 \cdot 212 \cdot \sin(180^\circ / 13) / \sin 11^\circ = 133,3 \quad (38)$$

Длина L_1 рабочей части фрезы рассчитывается по формуле:

$$L_1 = 2h_0 \operatorname{ctg} \alpha_{n0} + \pi x m_{n0} = 2 \cdot 4,3 \cdot \operatorname{ctg} 20 + \pi \cdot 5,5 \cdot 2,25 = 62,45 \text{ мм} \quad (39)$$

где h_0 – высота зуба фрезы.

Значение x в зависимости от модуля принимаем по таблице 5.

Таблица 7 – Величина коэффициента x в зависимости от модуля

Модуль m_{n0} , мм	1...2	2...5	5...15	15...24
x	13...7	5,5...3,5	3...2	1,8...1,4

16. Полная длина фрезы:

$$L = L_1 + 2l_6 = 62,5 + 2 \cdot 3 = 72,5 \text{ мм}, \quad (40)$$

где $l_6 = 3 \dots 5$ мм – длина буртика.

17. Диаметр буртика:

$$d_6 = d_a - 2H - (1 \dots 2) = 71 - 2 \cdot 7,65 - 1,5 = 41,2 \text{ мм} \quad (41)$$

18. Длина шлифованной части отверстия с каждой стороны:

$$l_1 = (0,2 \dots 0,3)L = 0,25 \cdot 68,42 = 17 \text{ мм} \quad (42)$$

19. Диаметр начальной окружности для фрез со шлифованным профилем:

$$d = d_a - 2h_{a0} - (0,25 \dots 0,3)K = 71 - 2 \cdot 4,3 - 0,9625 \cdot 3 = 61,44 \text{ мм} \quad (43)$$

20. Угол подъема витков фрезы по начальной окружности:

$$\sin \gamma_{m0} = n_0 m_{n0} / d = 1 \cdot 2,25 / 71 = 0,03169 \quad (44)$$

$$\arcsin 0,03169 = 2^\circ$$

21. Расчетный профильный угол исходной рейки в нормальном сечении $\alpha_{n0} = \alpha_n$.

22. Модуль нормальный $m_{n0} = m_n$.

23. Шаг по нормали (между соседними профилями зубьев фрезы):

$$p_{n0} = \pi m_n = 3,14 \cdot 2,25 = 7,065 \text{ мм}; \quad (45)$$

24. Расчетная толщина зуба в нормальном сечении на делительной прямой для чистовых фрез:

$$s_{n0} = p_{n0} - (s_n + \Delta s_\phi) = 7,065 - 3,44 = 3,5 \text{ мм}, \quad (46)$$

где s_n – толщина зуба колеса по дуге делительной окружности с учетом необходимого бокового зазора в передаче $s_n = \pi m / 2 - \Delta s_y$; Δs_y – величина утоньшения зубьев нарезаемых колес для образования бокового зазора после чистовой обработки. Δs_ϕ – припуск под последующее чистовое фрезерование. Для чистовых фрез $\Delta s_\phi = 0$.

25. Расчетная высота головки зуба чистовой фрезы:

$$h_{a0} = 1,25 m_{n0} = 1,25 \cdot 2,25 = 2,8125 \text{ мм}; \quad (47)$$

26. Высота ножки зуба фрезы:

$$h_{f0} = 1,25 m_{n0} = 1,25 \cdot 2,25 = 2,8125 \text{ мм}; \quad (48)$$

27. Высота зуба фрезы:

$$h_0 = h_{a0} + h_{f0} = 2,8125 + 2,8125 = 5,625 \text{ мм}; \quad (49)$$

28. Радиус закругления на головке и ножке зуба:

$$r_1 = r_2 = (0,25 \dots 0,3) m_{n0} = 0,275 \cdot 2,25 = 0,62 \text{ мм}; \quad (50)$$

30. Шаг по оси между двумя витками:

$$p_0 = \frac{p_{n0}}{\cos \gamma_{m0}} = \frac{7,065}{\cos 2^\circ} = 7,069 \text{ мм}; \quad (51)$$

31. Ход витков по оси фрезы:

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		75

$$H = n_0 p_0 = 1 \cdot 7,069 = 7,069 \text{ мм}; \quad (52)$$

32. Направление витков фрезы правое.

33. Направление винтовых стружечных канавок фрезы определяется из условия $\lambda = \gamma_{m0} \geq 2^\circ$. Фрезы могут выполняться только винтовыми с направлением, противоположенным направлению витков фрезы, т.е левое.

34. Осевой шаг винтовой стружечной канавки:

$$p_z = \pi d_{m0} \cdot ctg \lambda = 3,14 \cdot 65,55 \cdot ctg 2^\circ = 3,14 \cdot 71 \cdot 31,47 \quad (53)$$

$$= 6477,38 \text{ мм};$$

35. Угол установки фрезы на станке:

$$\Psi = \beta \pm \lambda = 2^\circ; \quad (54)$$

где β – угол наклона зуба на делительной окружности колеса, $\beta = 0$.
Знак «+» берется при разноименных направлениях витков фрезы и зубьев колеса, знак «-» при одноименных.

3.3.2 Расчёт и проектирование червячной шлицевой фрезы

Обкаточные инструменты применяют для обработки сложных поверхностей деталей неэвольвентного профиля. Их обработка производится червячными фрезами, долбьями и др. Проектирование этих инструментов проводится в следующей последовательности: [12]

а) определение возможности обработки заданной поверхности детали (определение формы и положение центроид обработки) и выбор метода профилирования;

б) определение профиля режущих кромок инструмента;

в) определение конструктивных размеров и геометрических параметров инструмента;

г) проверка обеспечения поставленных требований при обработке детали спроектированным инструментом;

д) разработка рабочего чертежа и технических требований.

Исходные данные для проектирования:

а) форма и размеры поверхности детали типа зубчатого вала;

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		76

- б) диаметр окружности выступов d_{a1} ;
- в) число зубьев z_1 ;
- г) форма и размеры требуемого профиля зуба B ;
- д) угол γ_{a1} ;
- е) диаметр окружности впадин d_{f1} ;
- ж) высота фаски h_ϕ у окружности выступов и радиус ρ_f закругления

у окружности впадин;

з) угол β наклона, γ подъема или ход P_{x1} винтовой поверхности (для прямозубых деталей $\beta = 0$);

- и) допуски на размеры профиля;
- к) материал заготовки и ее размеры.

Определение профиля режущей кромки инструмента для деталей с прямыми зубьями

Для определения профиля режущей кромки инструмента для деталей с прямыми зубьями, воспользуемся аналитическим методом профилирования инструмента.

Рассмотрим определение профиля режущей кромки червячной фрезы.

Исходные расчетные размеры детали:

$$d_{a1} = d_{a1 \max} - 2h_{\phi \min} = 24,975 - 2 \cdot 0 = 24,975 \text{ мм}; \quad (55)$$

$$d_{f1} = d_{f1 \min} + 0,25\Delta d_{f1} = 20,98 + 0,25 \cdot 0,063 = 20,99 \text{ мм} \quad (56)$$

$$B_1 = B_{1 \min} + 0,25 \cdot \Delta B_1 = 4,015 + 0,25 \cdot 0,15 = 4,02 \quad (57)$$

Угол профиля γ_{a1} на окружности выступов устанавливается по заданному профилю; для шлицевого валика с прямобочными шлицами γ_{a1}

$$\sin \gamma_{a1} = B_1/d_{a1} = 4,02/24,975 = 0,16096 \quad (58)$$

$$\arcsin 0,160 = 9,2626$$

Минимальный радиус начальной окружности $r_{\omega 1}$, обеспечивающий обработку до заданной точки окружности выступов r_{a1} , определяется по формуле:

$$r_{\omega 1} = r_{a1} \sqrt{1 - 0,75 \sin^2 \gamma_{a1}} = \sqrt{r_{a1}^2 - 0,75 g_1^2}, \quad (59)$$

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		77

где g_1 – длина перпендикуляра из центра валика на прямолинейный профиль или его продолжение:

$$g_1 = r_{a1} \sin \gamma_{a1} = r_{\omega 1} \sin \gamma_{\omega 1} \quad (60)$$

Подставив, получим:

$$g_1 = r_{a1} \sin \gamma_{a1} = 12,4875 \cdot 0,160 = 2 \text{ мм} \quad (61)$$

$$r_{\omega 1} = \sqrt{r_{a1}^2 - 0,75g_1^2} = \sqrt{12,4875^2 - 0,75 \cdot 2^2} = 12,3668 \text{ мм} \quad (62)$$

Угол профиля на начальной окружности $\gamma_{\omega 1}$ определяется по формуле:

$$\sin \gamma_{\omega 1} = (r_{a1}/r_{\omega 1}) \sin \gamma_{a1} = 12,4875/12,3668 \cdot 0,160 = 0,162 \quad (63)$$

$$\arcsin 0,162 = 9,35$$

Профиль режущей кромки определяем в подвижной прямоугольной системе координат. Ось абсцисс совпадает с начальной прямой и начало координат O – с точкой пересечения режущей кромки с начальной прямой рейки. При повороте детали в обкаточном движении на угол φ система перемещается вдоль начальной прямой на величину $r_{\omega 1}\varphi$. В начальном положении системы $\varphi = 0$.

Координаты профиля режущей кромки в зависимости от параметрического угла φ или $\delta = \varphi + \gamma_{\omega 1}$. Предельные значения углового параметра φ или δ определяется для точки у окружности выступов профиля по формуле:

$$\sin(\varphi_a + \gamma_{\omega 1}) = \sin \delta_a = \sin \gamma_a/2 \quad (64)$$

Подставив, получим:

$$\sin \delta_a = \sin 9,26^\circ/2 = \sin 4,63 = 0,0807 \quad (65)$$

$$\arcsin \delta_a = 4,63^\circ$$

$$\varphi = \delta - \gamma_{\omega 1} = 4,63 - 9,35 = 4,72 \quad (66)$$

Для большей точности замены теоретического профиля зуба фрезы дугой окружности рекомендуются угловые параметры φ и δ принимать по следующим формулам:

$$\varphi_1 = K_1 \varphi_{max};$$

$$\delta_1 = \gamma_{\omega 1} + K_1(\delta_{max} - \gamma_{\omega 1});$$

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		78

$$\varphi_2 = K_2 \varphi_{max}; \quad \delta_2 = \gamma_{\omega 1} + K_2(\delta_{max} - \gamma_{\omega 1}).$$

Рекомендуемые величины коэффициентов находятся в пределах $K_1 \approx 0,3 \dots 0,35$; $K_2 \approx 0,8$. Подставив, получим:

$$\varphi_1 = 0,3 \cdot 4,72 = 1,416; \quad \delta_1 = 9,35 + 0,3 \cdot (4,63 - 9,35) = 7,58$$

$$\varphi_2 = 0,8 \cdot 4,72 = 3,776; \quad \delta_2 = 9,35 + 0,8 \cdot (4,63 - 9,35) = 5,5.$$

Координаты точки определяют при $\delta_3 = \delta_{max}$ с округлением до целых градусов.

Определение конструктивных размеров и геометрических параметров инструмента:

Размеры фрезы и ее конструктивное оформление выполняют аналогично червячным фрезам для зубчатых колес, и они должны соответствовать ГОСТ 8027–60.

Угол подъема витков γ_{m0} фрезы принимается $6 \dots 10^\circ$.

Наружный или средний диаметр фрезы приближенно определяется по формуле:

$$d \approx p_1 / \pi \sin \gamma_{m0} = 61 / 0,437 = 73 \text{ мм.} \quad (67)$$

Высота головки зуба фрезы от ее начальной прямой определяется по формуле:

$$h_{a0} = h_{f1} = r_{\omega 1} - r_{f1} = 12,3668 - 10,4937 = 3.39 \text{ мм.} \quad (68)$$

Шаг зубьев фрезы определяется по формуле 66:

$$P_{п\omega 0} = P_1 = \frac{\pi d_{\omega 1}}{z_1} = 3,14 \cdot 24.7336 / 10 = 17.12 \text{ мм.} \quad (69)$$

Толщина зуба по начальной рейки определяется по формуле:

$$\bar{S}_{п\omega 0} = P_{п\omega 0} - S_{\omega 1} = P_{п\omega 0} - d_{\omega 1} \psi, \quad (70)$$

где 2ψ – центральный угол толщины зуба (шлица) по начальной окружности, определяется по формуле:

$$\sin \psi = B_{\omega 1} / d_{\omega 1} = 4.02 / 24.7336 = 0,16253 \quad (71)$$

$$\arcsin 0,116 = 9.353$$

Подставив, получим:

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		79

$$\begin{aligned} \bar{S}_{\text{п}\omega 0} &= P_{\text{п}\omega 0} - S_{\omega 1} = P_{\text{п}\omega 0} - d_{\omega 1}\psi & (72) \\ &= 12.9439 - 24.7336 \cdot 0,163 = 11.154 \text{ мм.} \end{aligned}$$

На чертеже дополнительно указывают координаты двух точек профиля или толщину зуба на определенном расстоянии от начальной прямой или наружной окружности (для контроля).

3.4 Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля

Основным видом контроля размеров детали «вал крыльчатки» является оптическая сканирующая система для контроля тел вращения OPTICLINE (рисунок 3.21), установленная на участке автоматизированного контроля. Технология измерений проста, но при этом универсальна и эффективна. Объект измерения устанавливается в вертикальном положении и закрепляется в зоне измерения при помощи верхней и нижней бабки, как на металлорежущем станке. Оптический измерительный блок, состоящий из осветителя и детектора, передвигаясь параллельно оси измеряемого объекта, считывает геометрические параметры по образовавшейся тени. Данные обрабатываются компьютером, и затем автоматически формируется единый отчет о проведенных измерениях. Для удобства оператора на экране отображается таблица результатов измерений со значениями диапазона допусков. Зеленым цветом подсвечиваются значения в поле допуска, красным выходящие за пределы допусков. Отчет позволяет быстро выявить, где именно и какой геометрический параметр детали не соответствует заявленным допускам. Подготовка стратегии измерения выбранных параметров занимает несколько минут, после чего однотипные детали измеряются по одной программе с выводом протокола измерений за несколько секунд. Как правило контролю подвергается около 10% всей продукции, так как общая точность изготовления зависит от настройки оборудования и точности измерительных датчиков, установленных на металлорежущем оборудовании. [13]

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		80

Параметры, не контролируемые оптической системой, проверяются отдельно. Для измерения шлицев используется шлицевой калибр ГОСТ ГОСТ 24960-81, для контроля отверстий Ø 12 мм используется 8133-0926 калибр-пробка ГОСТ 14810-69, Ø 6 мм используется 8133-0633 калибр-пробка ГОСТ 14807-69, Ø 10 мм, 8133-0920 калибр-пробка ГОСТ 14810-69. Для измерения диаметральных размеров и их отклонений от номинального значения используется микрометр (рисунок 3.22).



Рисунок 3.21 – Оптическая машина OPTICLINE



Рисунок 3.22 – Гладкий механический микрометр

Для промежуточного контроля линейных размеров применяется штангенциркуль с электронным индикатором (рисунок 3.23).

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		81



Рисунок 3.23 – Штангенциркуль ABSOLUTE Carbide IP67 500

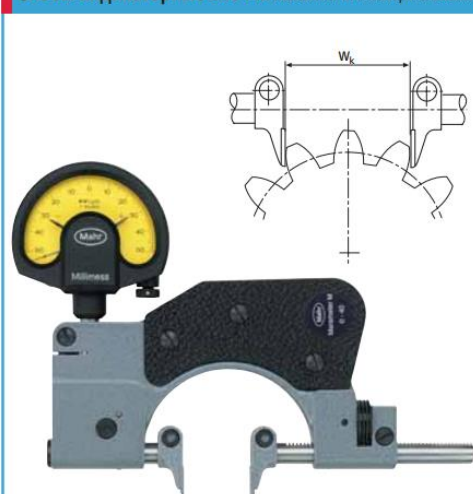
Для контроля зубчатого венца подбираются скоба индикаторная 840 FM MaraMetr M с измерительными губками (рисунок 3.24).

Для проверки шага зубчатого венца выбран шагомер, представленный на рисунке (3.24). Его характеристики: модуль m : 2...10 мм, цена деления $\pm 0,0005$ мм, погрешность $\pm 0,006$ мм.



Рисунок 3.24 – Шагомер

Скобы индикаторные 840 FM MaraMeter M с измерительными губками



Особенности

- Для измерения диаметров узких буртиков, заплечиков валов и ширины канавок, а также нормали зубчатых колес W_k и непрямого, без базирования, определения толщины зуба цилиндрических прямозубых колес с прямыми и спиральными зубьями
- Жесткая ковкая стальная скоба с теплоизоляционными накладками
- Подвижная губка смонтирована в удлиненной направляющей с рычажным отводом
- Максимальная износоустойчивость благодаря бесконтактной установке в требуемое положение в сочетании с твердосплавными измерительными поверхностями
- Переставная пятка имеет тонкую установку
- Подвижная и переставная пятки изготовлены из закаленной нержавеющей стали, на пятках установлены измерительные губки, оснащенные твердым сплавом
- Постоянное измерительное усилие благодаря встроенной пружине, таким образом устраняется влияние оператора
- Универсальны и чрезвычайно многофункциональны. Каждый инструмент охватывает широкий диапазон измерений, любой размер и зазор внутри этого диапазона устанавливается достаточно быстро и легко

Технические характеристики

Диапазон измерений мм	Измерительное усилие Н	Измерительные поверхности			Нормаль зуба измер. модуль от п.	№ заказа*	№ заказа Деревянный футляр
		площадь мм	плоскостн. мкм	параллельн. мкм			
0 - 40	7,5	12 x 12	≤ 0,5	≤ 2	0,5	4452000	4450011
40 - 80	7,5	12 x 12	≤ 0,5	≤ 3	0,5	4452001	4450012

Рисунок 3.25 – Скоба индикаторная 840 FM MaraMetr M с измерительными губками

Параметры биения и соосности поверхностей проверяются на приборе MarStand 818, состоящем из станины, правой и левой бабок, узла каретки со стойкой индикатора, оснащенной микроподачей, индикатора часового типа.



Рисунок 3.26 – Прибор для измерения радиального биения и соосности MarStand 818

4 АВТОМАТИЗИЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

4.1 Анализ возможных направлений по автоматизации технологического процесса изготовления детали.

4.1.1 Наличие в технологическом процессе слесарных, универсальных или специальных операций

Технологический процесс детали «вал крыльчатки» предусматривает операции зубофрезерование, зубошлифование и щлицешлифование на универсальном оборудовании. Выполнять данные операции на современном оборудовании с ЧПУ не целесообразно. Данные операции выделяются в отдельную группу. Базирование заготовки на универсальных операциях осуществляется по центровым отверстиям. [14, с 5]

4.1.2 Возможность встраивания основного оборудования в ГПС

К выбранному в проектом варианте технологического процесса основному оборудованию (NEF400) возможно установить модули автоматического открывания-закрывания дверей станков, а также имеется возможность установления датчиков для наладки и диагностики оборудования, режущего инструмента и промышленного робота. [14, с 5]

4.1.3 Концентрация переходов на операциях механической обработки

Переходы на операциях механической обработки сконцентрированы. Концентрация переходов позволяет сократить вспомогательное время на перемещение и переустановку заготовок и улучшить точность обработки, в результате выполнения принципа совмещения баз, а также повышает степень автоматизации технологического процесса. [14, с 5]

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		84

4.1.4 Габаритные размеры детали

Габаритные размеры детали: $\text{Ø}50 \times 190$ мм; вес – 0,95 кг. Данная деталь имеет не большие габаритные размеры и вес, что позволяет автоматизировать процесс. [14, с 6]

4.1.5 Поверхности для захвата промышленным роботом

Для автоматизации установки и базирования детали на станке, для перемещения на склад и накопитель целесообразно использовать промышленного робота.

Конструкция детали «вал крыльчатки» позволяет захватывать деталь промышленным роботом по всем цилиндрическим поверхностям. Рекомендуется производить захват детали ближе к центру масс детали. Исходя из этого захват роботом осуществляется по поверхности А. [14, с 6]

Захват роботом схватом по поверхности А показан на рисунке 4.1.

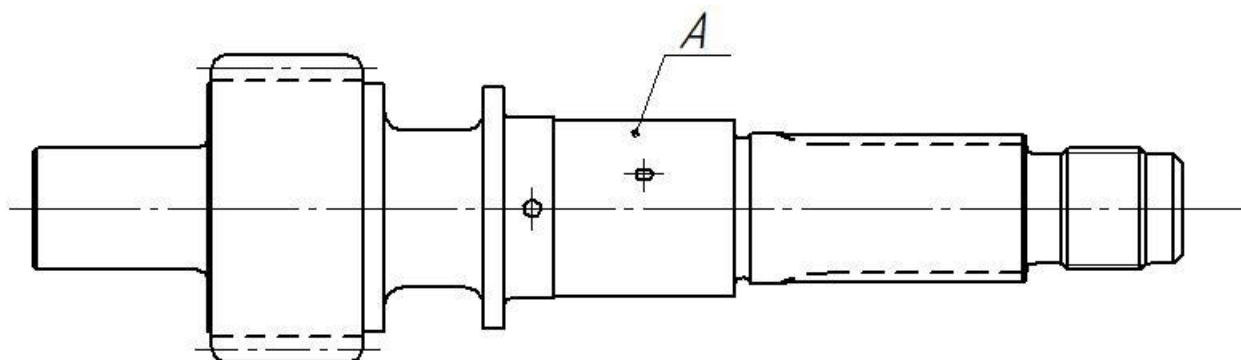


Рисунок 4.1 – Поверхность для захвата промышленным роботом

4.2 Разработка структурной схемы гибкого производственного участка

4.2.1 Определение состава числа оборудования станочного комплекса ГПС.

Выбор станков (вида и специализации в соответствии с числом управляемых координат), расчет их количества в составе ГПС, которая выпускает детали определенной номенклатуры) производятся на основе

разработанных типовых технологических процессов по следующей формуле:
[14, с 9]

$$K = \frac{C_{\text{ср}}}{T_{\text{ср}}}, \quad (73)$$

где K – число станков по виду оборудования; $T_{\text{ср}}$ – средний такт выпуска деталей, мин; $C_{\text{ср}}$ – средняя станкоемкость, которая приходится на станок (каждый), мин. Средняя станкоемкость определяется по формуле:

$$C_{\text{ср}} = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i, \quad (74)$$

где C_i – станкоемкость, которая приходится на один станок для обработки i -го представителя типовых деталей, мин.; n – число деталей (типовых),

$$C_i = \sum_{j=1}^p T_{\text{оп.}i,j}, \quad (75)$$

где p – число всех переходов, которые выполняются на рассматриваемом станке; $T_{\text{оп.}i,j}$ – операционное время перехода на станке (сумма основного и вспомогательных времен), мин.

Средний такт выпуска определяется по формуле:

$$T_{\text{ср}} = \frac{60\Phi_0 K_{\text{исп}}}{N_{\text{год}}}, \quad (76)$$

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

На участке предполагается обработка еще трех видов деталей, операционное время для каждой детали и годовая программа выпуска поведены в таблице 8.

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		86

Таблица 8 – Обрабатываемые на участке детали

Наименование детали	Годовая программа выпуска (шт)	Операция				Итого
		Токарная с ЧПУ	Токарная с ЧПУ	Шлицефрезерная с ЧПУ	Шлифовальная с ЧПУ	
		Операционное время $T_{оп.i}$, мин				
Вал крыльчатки	1000	3,2	3,3	1,5	1,29	9,29
Вал шестерня	1200	5,2	4,8	1,3	1,35	12,65
Вал 1	900	4,5	3,3	0,9	1,47	10,17
Вал 2	800	3,6	2,5	1,2	1,15	8,45
Вал 3	750	2,5	2,8	1,1	1,40	7,8
Итого	4650	19	16,7	6	6,66	

Средний такт выпуска:

$$T_{cp} = \frac{60 \cdot 4025 \cdot 0,85}{4650} = 44,15 \text{ мин.}$$

Количество оборудования для каждой операции сведено в таблицу 9.

Таблица 9 – Необходимое количество оборудования

Наименование операции	Средняя станкоемкость, мин	Расчетное значение количества оборудования	Принятое число станков, шт
Токарная с ЧПУ	3,8	0,086	1
Токарная с ЧПУ	3,34	0,076	1
Шлицефрезерная с ЧПУ	1,2	0,027	1
Шлифовальная с ЧПУ	1,33	0,03	1

4.2.2 Определение структуры и состава автоматизированной транспортно-складской системы ГПС

Автоматизированная транспортно-складская система (АТСС) предназначена для хранения в накопителях деталей (межоперационные заделы), перемещения деталей между станками, позициями загрузки/разгрузки, а также к месту контроля. АТСС может быть как с совмещенными, так и с отдельными транспортной и складской системами (ТС и СС соответственно). [14, с 11]

Определение характеристик стеллажа-накопителя

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		87

Главная характеристика стеллажа-накопителя – вместимость. Максимальное число деталиустановок разных наименований, которые обрабатываются на комплексе в течение месяца, определяется по формуле:

$$K_{\text{наим}} = \frac{60 \cdot \Phi_{\text{ст}} \cdot n_{\text{ст}}}{t_{\text{об}} \cdot N}; \quad (77)$$

где $\Phi_{\text{ст}} = 305$ ч – фонд отдачи станка за месяц; $n_{\text{ст}} = 3$ – число станков, в ГПС; $t_{\text{об}}$ – средняя трудоемкость обработки одной деталиустановки, мин; N – программа выпуска деталей одного наименования за месяц.

Т.о. для каждого наименования детали подсчитывается число деталиустановок, которое для обеспечения нормальной работы ГПС увеличивается на запас в размере 10% от $K_{\text{наим}}$. Результаты расчета сведены в таблицу 10.

Расчёт числа позиций загрузки и разгрузки

Необходимое число позиций загрузки и разгрузки определяется по формуле:

$$n_{\text{поз}} = \frac{t \cdot K_{\text{дет}}}{\Phi_{\text{поз}} \cdot 60}; \quad (78)$$

где $K_{\text{дет}}$ – число деталиустановок, которые проходят через позицию за месяц, шт.; t – средняя трудоемкость операций на позиции, мин; $\Phi_{\text{поз}} = \Phi_{\text{ст}} = 305$ ч – фонд времени работы позиции за месяц.

$$K_{\text{дет}} = K_{\text{наим}} \cdot N; \quad (79)$$

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

Для расчета, возможно, пользоваться следующими значениями трудоемкостей операций: загрузки $t_3 = 5$ мин и разгрузки $t_p = 3$ мин. Т.к. операции выполняются на одной позиции, то $t = 8$ мин.

Расчеты для каждого наименования приведены в таблице 11.

Таблица 10 – Число ячеек стеллажа-накопителя

Наименование	Расчетное число деталиустановок	Принятое с учетом запаса
Вал крыльчатки	$K_{\text{наим.1}} = \frac{60 \cdot 305 \cdot 4}{9,29 \cdot 84} \approx 94$	103
Вал шестерня	$K_{\text{наим.2}} = \frac{60 \cdot 305 \cdot 4}{12,65 \cdot 100} \approx 58$	64
Вал 1	$K_{\text{наим.3}} = \frac{60 \cdot 305 \cdot 4}{10,17 \cdot 75} \approx 101$	111
Вал 2	$K_{\text{наим.4}} = \frac{60 \cdot 305 \cdot 4}{8,45 \cdot 67} \approx 129$	142
Вал 3	$K_{\text{наим.4}} = \frac{60 \cdot 305 \cdot 4}{7,8 \cdot 63} \approx 150$	165
Итого		585

Таблица 11 – Число ячеек стеллажа-накопителя

Наименование	Число деталиустановок $K_{\text{дет}}$	Расчет необходимого числа позиций	Число позиций загрузки и разгрузки
Вал крыльчатки	$103 \cdot 84 = 8652$	$\frac{8 \cdot 84}{305 \cdot 60} = 0,03$	1
Вал шестерня	$64 \cdot 100 = 6400$	$\frac{8 \cdot 100}{305 \cdot 60} = 0,04$	1
Вал 1	$111 \cdot 75 = 8325$	$\frac{8 \cdot 75}{305 \cdot 60} = 0,03$	1
Вал 2	$142 \cdot 67 = 9514$	$\frac{8 \cdot 67}{305 \cdot 60} = 0,03$	1
Вал 3	$165 \cdot 63 = 10395$	$\frac{8 \cdot 63}{305 \cdot 60} = 0,03$	1

Расчет числа позиций контроля

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

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{t_{\text{к}} \cdot K_{\text{дет.к}}}{\Phi_{\text{поз}} \cdot 60'} \quad (80)$$

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

$$K_{\text{дет.к}} = \frac{K_{\text{дет}}}{n}, \quad (81)$$

где $K_{\text{дет}}$ – число деталиустановок, обрабатываемых на комплексе за месяц, шт.; n – число деталиустановок, через которое деталь выводится на контроль, шт.:

$$n = \frac{n_1}{k_1 \cdot k_2}, \quad (82)$$

где n_1 – плановое число деталиустановок, через которое деталь выводится на контроль по требованию технолога, шт.; $n_1=3$; k_1 и k_2 – поправочные коэффициенты, связанные с выводом деталей на контроль по требованию наладчика соответственно для первой деталиустановки вначале смены (k_1) и сразу же после установки нового инструмента (k_2); $k_1 = 1,15$; $k_2 = 1,05$.

Подставляя, получим:

$$n = \frac{6}{1,15 \cdot 1,05} = 4,96 \approx 5; \quad (83)$$

$$K_{\text{дет.к}} = \frac{389}{5} = 78 \text{ шт.} \quad (84)$$

Время контроля одной деталиустановки:

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

где t_{k_1} , t_{k_2} , ..., 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:

$$t_{\text{п}} = 5 \text{ мин};$$

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		90

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

$$t_{к.ок} = 10 \text{ мин.}$$

Подставляя, получим:

$$t_k = 5 + 10 = 15 \text{ мин.};$$

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{15 \cdot 78}{305 \cdot 60} = 0,06.$$

Принимаем $n_{\text{поз.к}} = 1$.

Проектирование предварительной компоновки ГПС

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

Ниже представлены два варианта компоновок.

Вариант 1. Станки расставлены с группированием основного оборудования по конструктивному признаку. Предварительная компоновка приведена на рисунке 4.2. Транспортирование со стеллажей на участки механической обработки и обратно, а также между участками осуществляется робокаром. К преимуществам можно отнести то, что в нужную точку можно прибыть несколькими путями, недостатком является необходимость зарядки робокара. Граф перемещений робокара (кратчайший путь) приведен на рисунке 4.3. Матрица перемещения деталиустановок, которая позволяет вычислить их суммарное перемещение, представлена в таблице 12. Это перемещение равно 64 м.

Вариант 2. Оборудование расставлено по ходу выполнения технологического процесса, предварительная компоновка изображена на рисунке 4.4. Граф перемещений показан на рисунке 4.5. Матрица

перемещений приведена в таблице 13, из нее определен путь деталиустановок, равный 60,7 м.

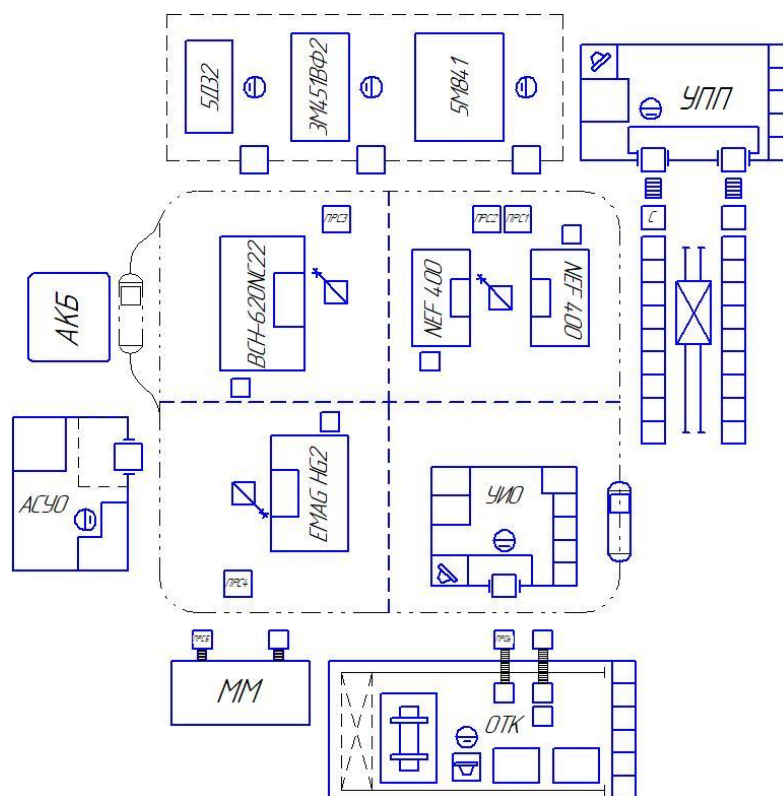


Рисунок 4.2 – Первый вариант предварительной компоновки ГПС

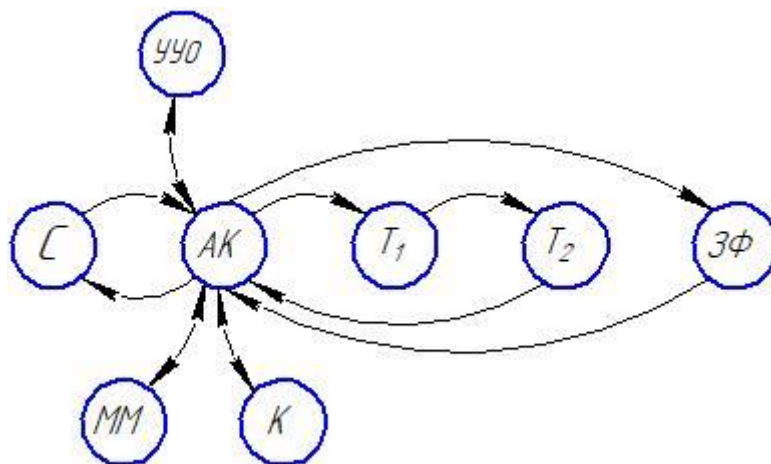


Рисунок 4.3 – Граф перемещений транспортного механизма с группированием основного оборудования по конструктивному признаку

Таблица 12 – Матрица перемещений деталиустановок при реализации 1-ой схемы ГПС

	С	Т ₁	Т ₂	ШФ	УУО	Шлиф.	ММ	К
С		45						
Т ₁			1					
Т ₂				40				
ШФ					20			
УУО	105					190		
Шлиф.							10	
ММ								60
К	120							

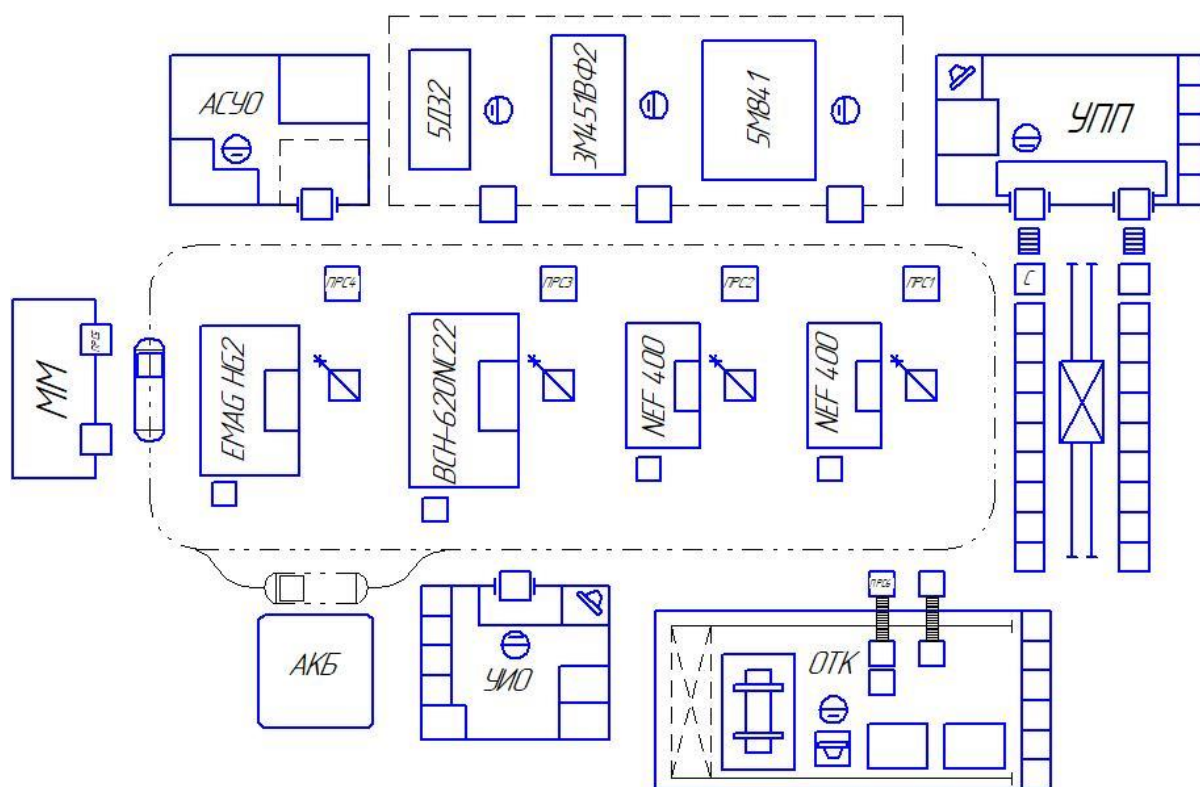


Рисунок 4.4 – Второй вариант предварительной компоновки ГПС

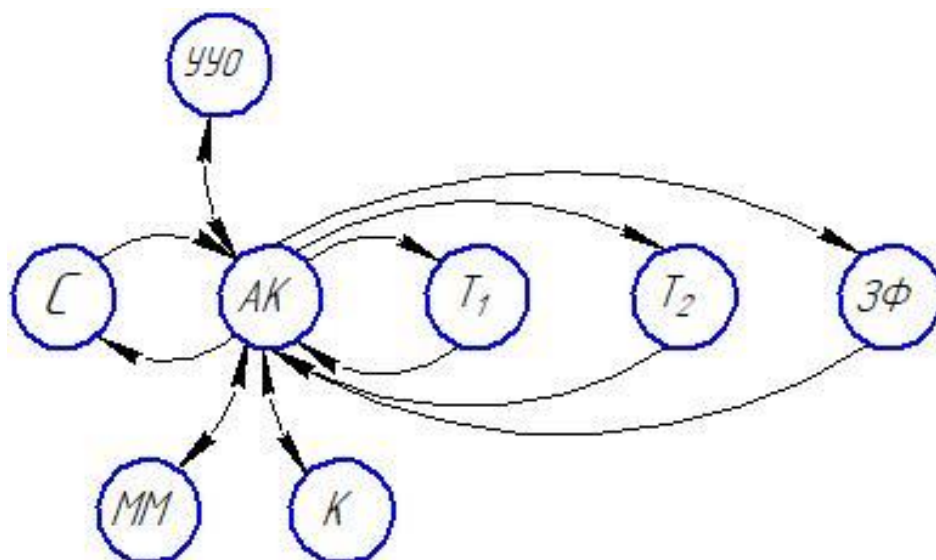


Рисунок 4.5 – Граф перемещений транспортного механизма в ГПС с расположением основного оборудования по ходу выполнения технологического процесса

Таблица 13 – Матрица перемещений деталиустановок при реализации 2-ой схемы ГПС

	С	Т ₁	Т ₂	ШФ	УУО	Шлиф.	ММ	К
С		25						
Т ₁			36					
Т ₂				36				
ШФ					10			
УУО	105					65		
Шлиф.							55	
ММ								170
К	75							

По результатам расчетов перемещений выбирается второй вариант ГПС.

Определение числа подвижных транспортных механизмов АТСС.

Робот штабелер, расположенный со стороны станков, должен передавать ящик с заготовками со склада на стеллаж и с контрольного стола на склад.

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

$$T_{\text{обсл}} = \frac{K_{\text{стел-ст}} \cdot t_{\text{стел-ст}} + K_{\text{ст-ст}} \cdot t_{\text{ст-ст}}}{60}, \quad (85)$$

где $K_{\text{стел-ст}}$ – число перемещений между стеллажом и станками; $K_{\text{ст-ст}}$ – число перемещений между станками; $t_{\text{стел-ст}}$ – среднее время, затрачиваемое на передачу заготовки со стеллажа на станок и обратно, мин; $t_{\text{ст-ст}}$ – среднее время, затрачиваемое на передачу спутника со станка на станок, мин.

Время выполнения штабелером одной передачи спутника равно:

$$t_{\text{стел-ст}} = t_{\text{ст-ст}} = t_1 + t_2, \quad (86)$$

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

$$t_1 = t_k + t_{\text{под}} + t_{\text{в.с}}, \quad (87)$$

$$t_2 = t_k + t_{\text{под}} + t_{\text{п.с}}, \quad (88)$$

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

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

$$t_{\text{под}} = \frac{L_x}{V_x} + \frac{L_y}{V_y}, \quad (89)$$

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 принимаем: $V_x = 60$ м/мин; $V_y = 6$ м/мин; $L_x = 20$ м; $L_y = 3$ м.

Подставляя, получим:

$$t_{\text{под}} = \frac{1}{60} + \frac{1}{6} = 0,18 \text{ мин};$$

$$t_1 = t_2 = 0,15 + 0,18 + 0,2 = 0,53 \text{ мин};$$

$$t_{\text{стел-ст}} = t_{\text{ст-ст}} = 0,53 + 0,53 = 1,06 \text{ мин};$$

$$T_{\text{обсл}} = 4 \cdot 1,06 + 2 \cdot 1 = 6,24 \text{ мин}.$$

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

$$K_{\text{шт1}} = \frac{T_{\text{обсл}}}{\Phi_{\text{ш}} \cdot 60}, \quad (90)$$

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

Подставляя, получим:

$$K_{\text{шт1}} = \frac{6,24}{305 \cdot 60} = 0,0003 \approx 1.$$

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

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		96

Для выбора робота, отвечающего необходимым параметрам, составим таблицу характеристик трех разных роботов. Характеристики роботов представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Характеристики промышленных роботов

Маркировка	Контролируемые оси	Грузопод., кг	Min/Max Рабочая зона, м	Точность позиционир., м	Масса робота, кг
TX200	6	150	0,1/2,3	0.14	1800
ABB IRB M2004	6	185	0,01/2,8	0,1	1320
KUKA KR 180	6	180	0,15/2,7	0,2	1245

Для установки и базирования заготовки на станке был выбран робот ABB IRB M2004, показан на рисунок 4.6, так как робот способен поднимать перемещать детали массой до 185 кг, и способен работать в зоне действия 3-х метров, что удовлетворяет технологическим характеристикам детали типа «Вал крыльчатки». Структурно-кинематическая схема робота представлена на рисунке 4.7



Рисунок 4.6 – Промышленный робот ABB IRB M2004

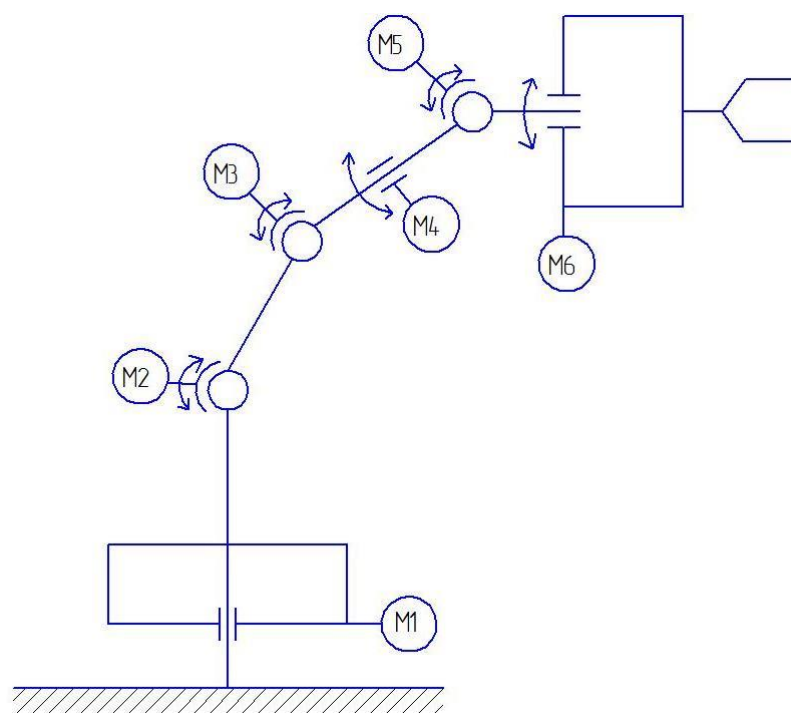


Рисунок 4.7 – Структурно-кинематическая схема робота ABB IRB M2004

Для захвата детали необходим рабочий орган – схват промышленного робота. Поверхностями для захвата и базирования на детали являются поверхность диаметром $\varnothing = 29$ мм. Схват промышленного робота представлен на рисунке 4.8

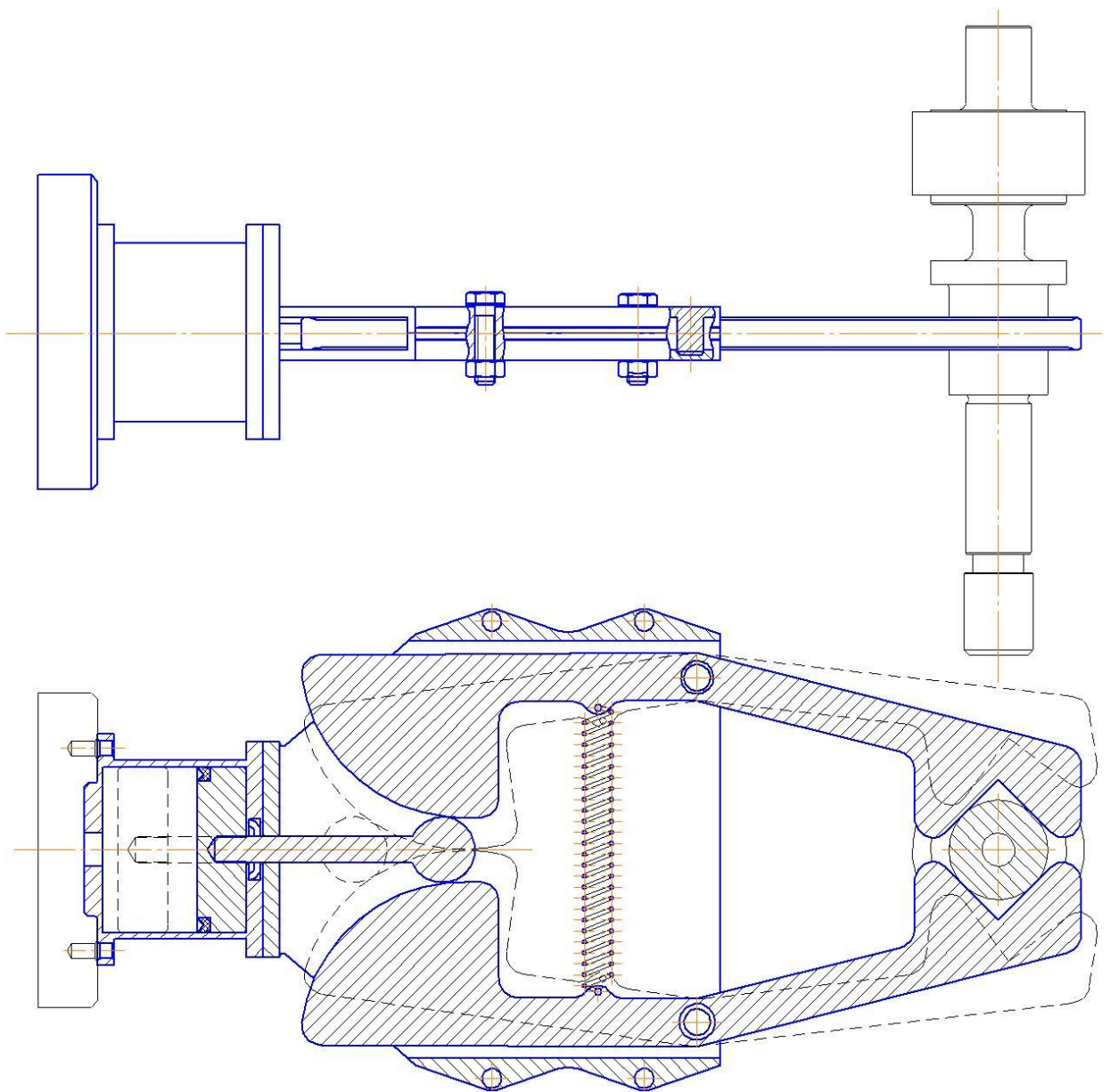


Рисунок 4.8 – Схват промышленного робота

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

Рассмотрим схемы базирования заготовки для детали «Вал крыльчатки». Схемы базирования заготовки на операциях изображены в таблице 15.

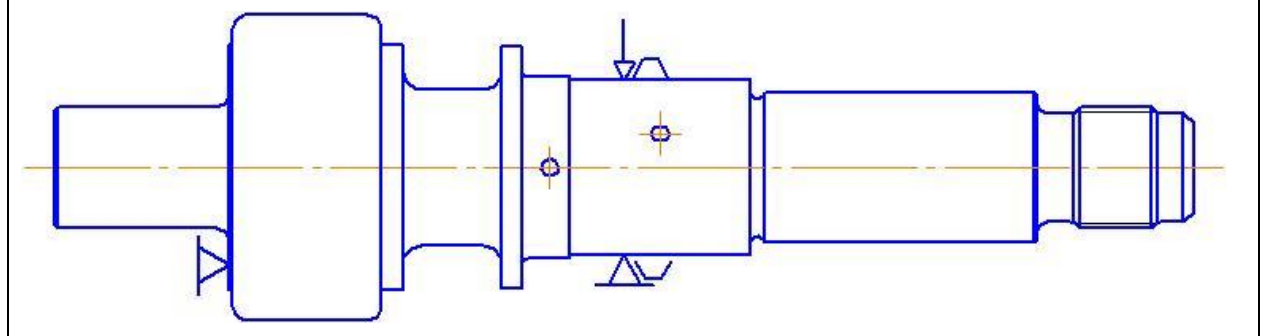
Таблица 15 – Схемы базирования роботом

Название операции, схема базирования и закрепления В схеме промышленного робота перед обработкой	
005 Комплексная с ЧПУ В трехкулачковом патроне с упором по торцу	
В схвате промышленного робота после операции комплексной с ЧПУ (005)	
В схеме промышленного робота перед операцией комплексной с ЧПУ (010)	

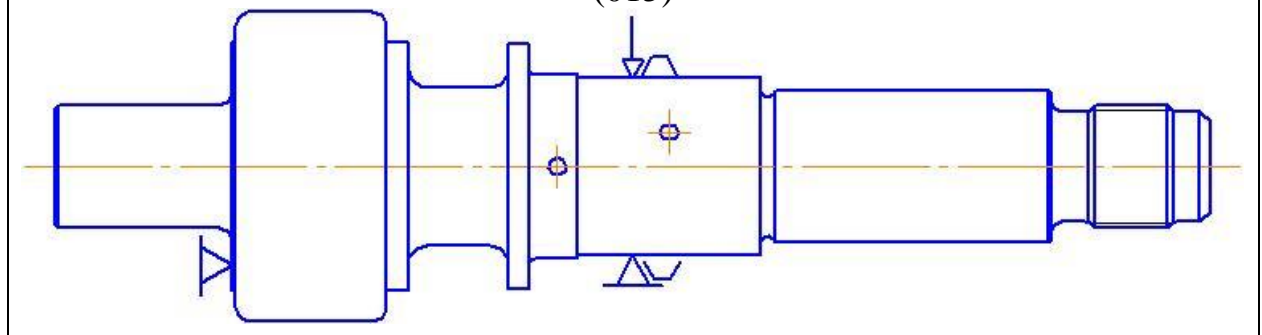
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------



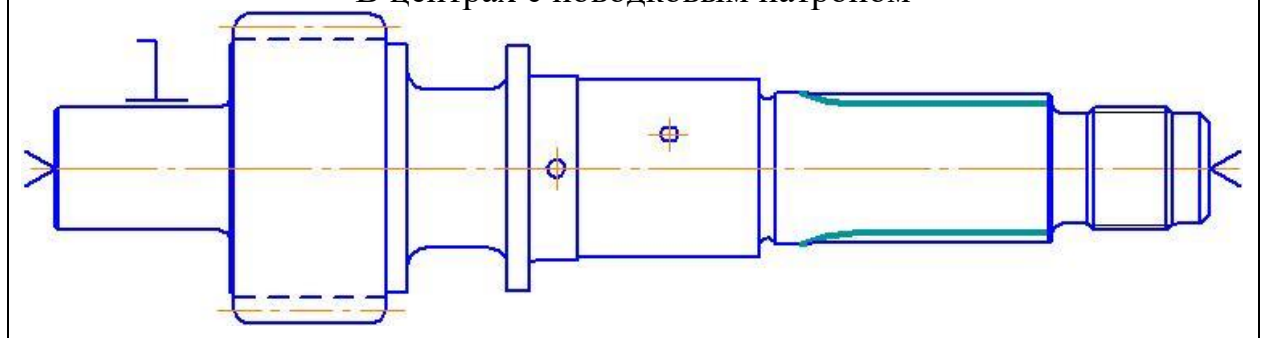
В схвате промышленного робота после операции комплексной с ЧПУ (010)



В схеме промышленного робота перед операцией шлицефрезерной с ЧПУ (015)



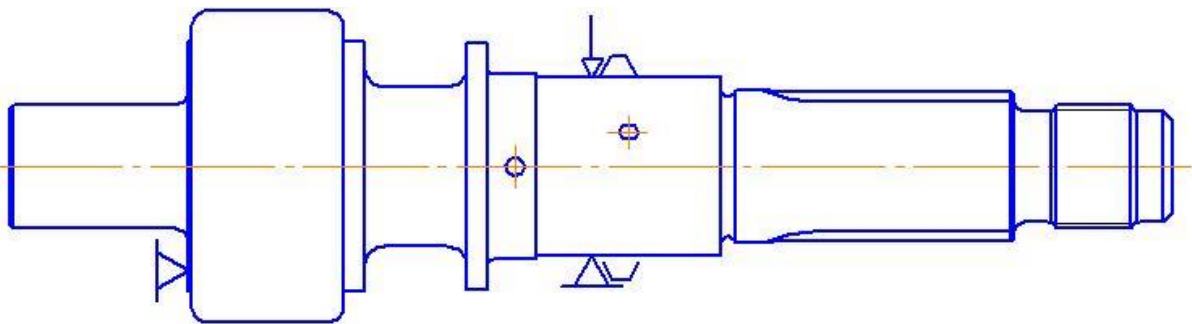
015 Шлицефрезерная с ЧПУ
В центрах с поводковым патроном



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

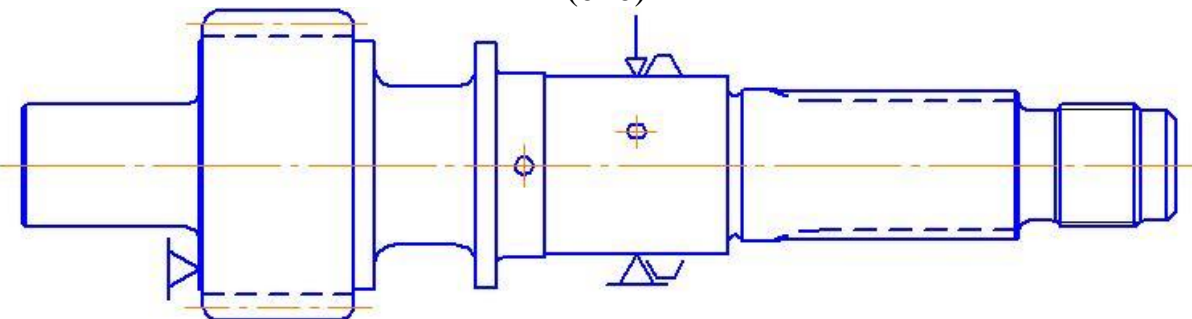
В схвате промышленного робота после операции шлицефрезерной с ЧПУ

(015)

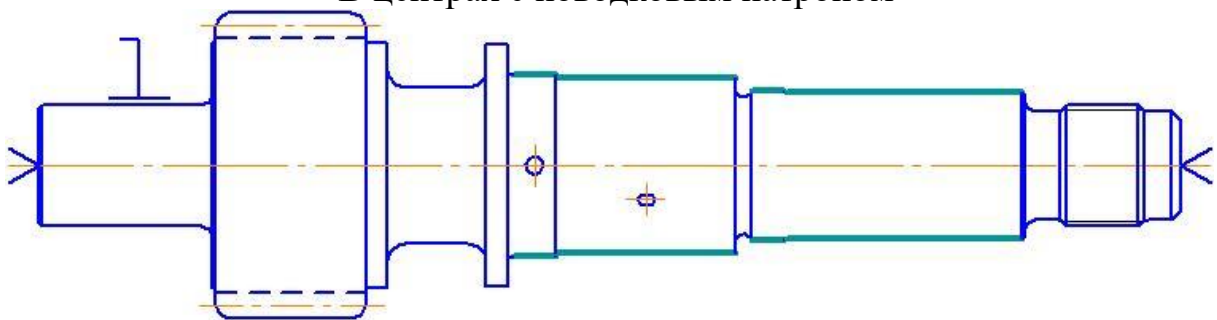


В схеме промышленного робота перед операцией шлифовальной с ЧПУ

(040)

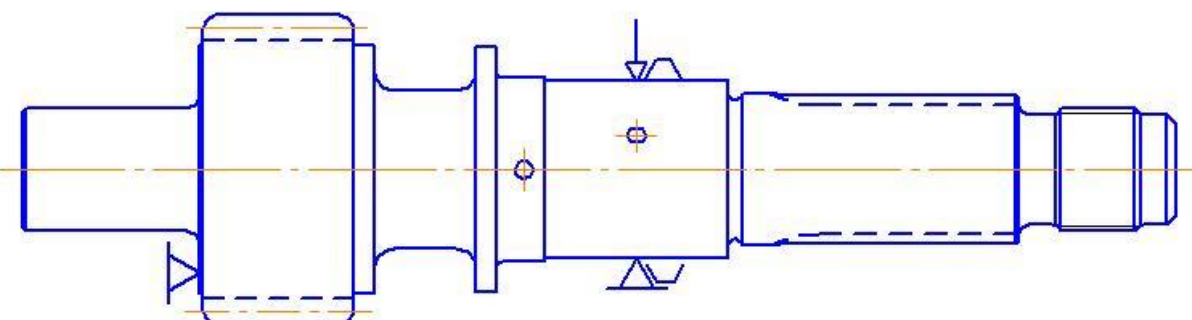


040 Шлифовальная с ЧПУ
В центрах с поводковым патроном



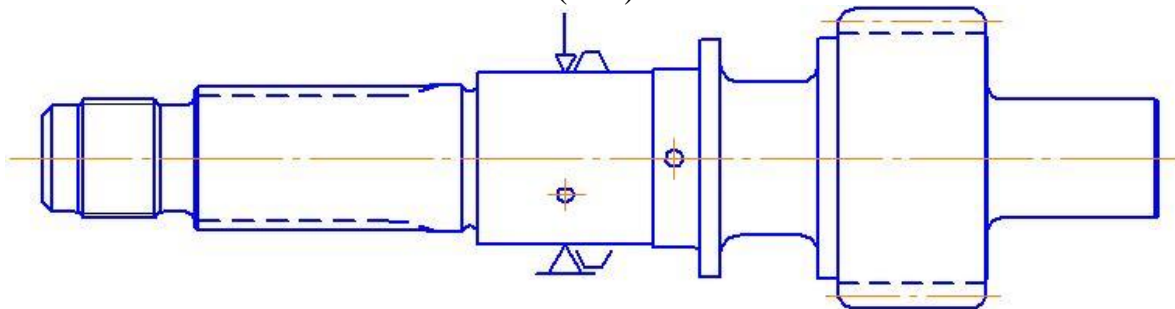
В схвате промышленного робота после операции шлифовальной с ЧПУ

(040)

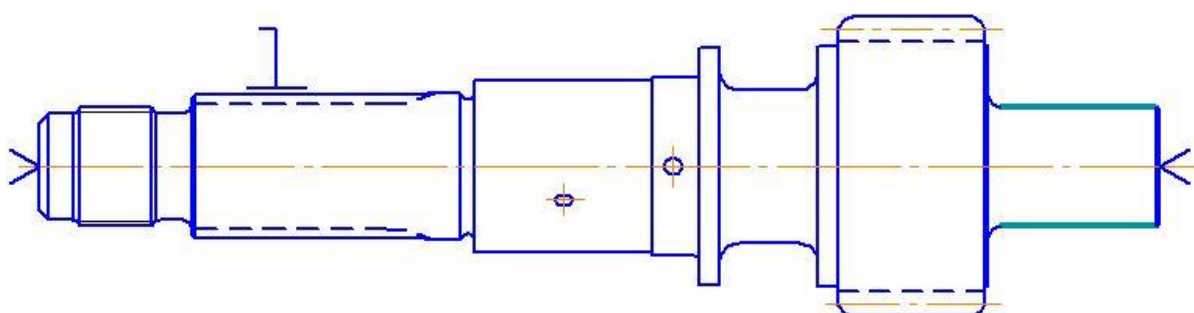


Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

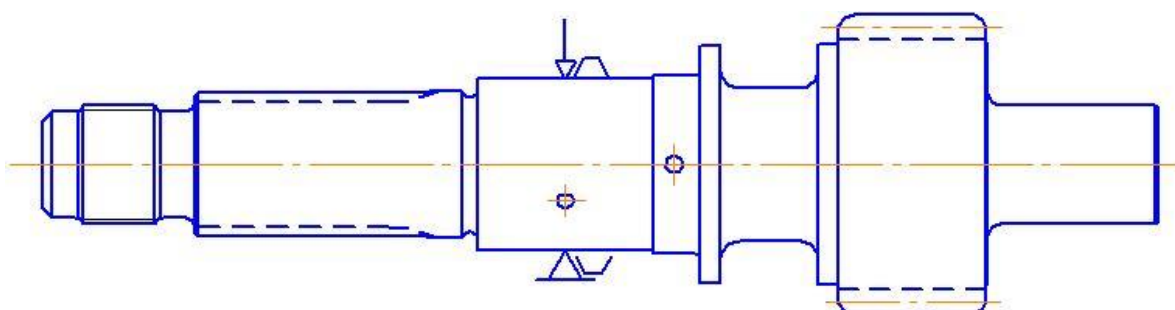
В схеме промышленного робота перед операцией шлифовальной с ЧПУ
(045)



045 Шлифовальная с ЧПУ
В центрах с поводковым патроном



В схвате промышленного робота после операции шлифовальной с ЧПУ
(045)



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.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

5 ОРГАНИЗАЦИОННО ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ

Планировка участка механической обработки спроектированного технологического процесса включает в себя все технологическое оборудование: станки; приемо-раздаточные столы; контрольные столы; моечную машину; оптическую систему; подъемно-транспортное оборудование, средства межоперационного транспортирования заготовок, рабочие места и склады.

Так же на планировки указываются строительные конструкции – в виде упрощенных контурных очертаний, координатные оси зданий и расстояния между ними, отметки чистых полов этажей и основных площадок. Предусмотрено наличие электропроводов, трубопроводов, вентиляционных устройств и светильников.

Участок механической обработки детали «Вал крыльчатки» содержит: два стеллажа (стеллаж заготовок и стеллаж готовой продукции), приемно-раздаточный стол, контрольный стол, токарный станок NEF 400 (2шт), участок универсального оборудования, моечная машина, накопители, робокар, кран-штабелер, промышленные роботы, пожарный стенд, ящик с песком.

Со склада заготовок с помощью крана-штабелера заготовка попадает на накопитель. Далее с помощью робокара попадает на приемно-раздаточный стол, откуда при помощи робота загружается в токарный станок с ЧПУ, далее при помощи робокара попадает участок универсального оборудования. После обработки изделие попадает на участок контроля, оттуда в цех термообработки, а затем на шлифовку. После шлифования деталь уходит в моечную машину, а далее через накопители кран-штабелер забирает детали на склад готовой продукции.

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		104

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 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.

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		105

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.

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

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		106

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 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;

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		107

- 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 запираение 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:

- отключение установки (части установки) от источника питания электроэнергией;
- механическое запираение 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 электрозащитных средств, с обеспечением безопасного расположения работающих и используемых механизмов и приспособлений.
[18, 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.

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

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		109

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. [19, 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

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		110

с $t_{всн} \leq 28^{\circ}\text{C}$ 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 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 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 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.

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		111

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).

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-IIIa. В-II при авариях или неисправностях.

Помещения и установки, в которых содержатся ГЖ и горючие пыли с нижним концентрационным пределом выше 65 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 г/м^3 .

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

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

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		112

Помещение по взрывопожарной и пожарной опасности по ОНТП 24-86 должно быть категории "В", класс помещения по ПУЭ-86 - П-Па, 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-Па
- 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.

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. [19]

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		113

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе проведет анализ действующего технологического процесса детали «Вал крыльчатки». На основе выявленных недостатков был спроектирован новый технологический процесс, в соответствии с требованиями единой системе технологической подготовки производства (ЕСТПП). Для проектного варианта технологического процесса был улучшен способ получения заготовки вследствие чего увеличился КИМ. Подбранно современное оборудование с числовым программным управлением. Так же была сформирована операционно-маршрутная технология, произведён размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса, рассчитаны режимы резания и нормы времени на все операции ($T_{шт} \approx 47,92$ мин).

В конструкторской части были проанализированы и выбраны технологическая оснастка и режущий инструмент фирмы SANDVIK, был рассчитан специальный режущий инструмент фреза червячная шлицевая и фреза червячная модульная), а также подобрана оптическая сканирующая система для контроля тел вращения.

Была спроектирована гибкая производственная система с внедрением средств автоматизации таких как станки с ЧПУ, промышленные роботы, автоматизированные транспортная и складская системы. С соблюдением мероприятий и средств по созданию безопасных и безвредных условий труда, электробезопасности и мероприятий по пожарной безопасности.

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		114

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1) 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.

2) 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.

3) ru.dmgmori.com – каталог компания DMG MORY

4) Шамин, В.Ю. Теория и практика решения конструкторских и технологических размерных цепей: электронное учебное пособие. – 5-е изд., перер. и доп. / В.Ю. Шамин. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 530 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) 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.

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

8) Кулыгин, В.Л. Основы технологии машиностроения: учебное пособие / В.Л. Кулыгин, И.А. Кулыгина, – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 147 с.

9) sandvik-coromant.ru – Токарные инструменты каталог компании SANDVIK

10) sandvik-coromant.ru – Вращающиеся инструменты каталог компании SANDVIK

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		115

11) Фельдштейна, Е.Э. Режущий инструмент. Курсовое и дипломное проектирование. Учебное пособие. / Под ред. Е.Э. Фельдштейна. – Мн.: Дизайн ПРО, 2002. – 320 с., ил.

12) Семеченко, И.И Проектирование металлорежущих инструментов / И.И Семеченко, В.М Матюшин, Г.Н Саханов 1963. 920с.,ил.

13) .hommel-etamic.cz – каталог фирмы HOMMEL

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

15) Буторин, Г.И. Оформление текстовых и графических документов при курсовом и дипломном проектировании: учебное пособие / Г.И. Буторин, Т.В. Столярова, В.А. Кувшинова; под ред. В.Н. Выбойщика. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 110 с.

16) URL: <http://кран-ек.рф> – каталог Свердловского завода грузоподъёмного и резервуарного оборудования

17) 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.

18) 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.

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		116

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Высота центров над станиной, мм	300
Наибольшая длина заготовки, мм	1000 (3000)*
Диаметры обрабатываемых зубчатых колес	от 20 до 200 (от 20 до 320)*
Наибольшая длина нарезаемых шлицев, мм	820 (2500)*
Наибольший модуль обрабатываемых колес, мм	8 (10)*
Наибольший угол наклона зубьев обрабатываемых колес	45
Наибольшая длина устанавливаемых червячных фрез, мм	200
Наибольший диаметр устанавливаемых червячных фрез, мм	160
Наибольшее перемещение червячной фрезы (шифтинг), мм	100
Количество управляемых координат	5
Количество одновременно управляемых координат	3
Диапазон частоты вращения шпинделя червячной фрезы, мин-1	от 40 до 400
Диапазон рабочих осевых подач, мм/мин	от 1 до 700
Скорость быстрых перемещений салазок, мм/мин	900
Скорость быстрых перемещений стойки, мм/мин	500
Мощность двигателя кВт	29,3
Суммарная мощность установленных электродвигателей, кВт	46,11
Габариты станка Длинна Ширина Высота (мм)	3634x2189x1963
Масса, кг	9800

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		118

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Наибольший наружный диаметр обрабатываемых зубчатых колес, мм		320
Наибольший модуль обрабатываемых зубчатых колес, мм		6
Наибольший угол наклона обрабатываемых зубчатых колес, град		45
Наибольшая ширина обрабатываемого венца, мм		
Прямоугольного		220
Косозубого 30 / 45 / 60, град		150 / 100 / 80
Диаметр стола, мм		250
Расстояние между осями инструмента и стола, мм		25...250
Наибольшие размеры устанавливаемой червячной фрезы, мм		
диаметр		160
длина		140
Наибольшая длина перемещения фрезы вдоль своей оси (шифтинг), мм		120

Приложение Г

Технические характеристики зубошлифовального станка GearSpect SBP 400 CNC	Параметры
Минимальный /максимальный диаметр зацепления, мм	30 / 400
Минимальный /максимальный шлифуемый модуль, мм	1 / 10
Качество пробного изделия	4 по DIN 3962
Степень точности обработки зубчатых колес	5–6 ГОСТ1643-81
Минимальное /максимальное количество зубов, шт.	неограниченно
Длина зажимаемого вала в центрах - минимально /максимально, мм	200 / 950
Максимальный угол наклона зуба, град.	± 45
Максимальная ширина колеса с прямыми зубьями, мм	500
Максимальный горизонтальная перемещение заготовки - ось „Z“, мм	650
Максимальная радиальная подача инструмента - ось „X“, мм	250
Наибольшая высота зуба, мм	25
Максимальный вес детали - в центрах, кг	90
Максимальный вес детали - неподвижный люнет, кг	450
Минимальный /максимальный диаметр шлифовального круга, мм	150 / 250
Максимальная ширина шлифовального круга, мм	35
Максимальная окружная скорость шлифовального круга, м/с	50
Мощность главного привода, кВт	15
Вес станка, кг	8 000
Размеры станка (Д x Ш x В), мм	2900x2200x2150

					150305.2018.289.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		120

Приложение Д

Технические характеристики

Основные технические характеристики	ВЗ-729Ф4
Наибольшие размеры устанавливаемой заготовки:	
длина, мм	600
диаметр, мм	250
Размеры обрабатываемых поверхностей:	
длина, мм	400
диаметр, мм	200
Наименьший диаметр, мм	10
Наибольший модуль/высота паза, мм	1...6/2...15
Максимальная масса обрабатываемой детали, кг	150
Размеры устанавливаемого шлифовального круга:	
наибольший диаметр, мм	100
наименьший диаметр, мм	70
Частота вращения шлифовального круга мин ⁻¹	4000...8000
Количество управляемых осей	4
Наибольшие рабочие перемещения:	
ось X, мм	600
ось Y, мм	300
ось Z, мм	300
ось A, град.	не ограничен
Наибольшие скорости перемещения рабочих органов:	
ось X, м/мин	10
ось Y, м/мин	5
ось Z, м/мин	5
ось A, об/мин	30

Приложение Е

Функциональные характеристики		
Диаметр обработки над столом	(мм.)	200
Межцентровое расстояние	(мм.)	200
Максимальный диаметр обработки	(мм.)	φ 100
Максимальные размеры круга	(мм.)	φ 355x50x127
Максим. масса детали в центрах	(кг.)	30
Макс. окружная скорость круга	(м/сек.)	33(45)
Управление		
Система ЧПУ		FANUC
Подачи		
Дискретность подачи по оси X	(мм.)	0.0001
Ускоренное перемещение по оси X	(м/мин.)	8
Дискретность подачи по оси Z	(мм.)	0.0001
Ускоренное перемещение по оси Z	(м/мин.)	10
Угол поворота по оси Z (вручную)	(град.)	-7.5~0.5
Передняя бабка		
Скорость вращения шпинделя	(об/мин.)	0~1,200
Центр		M.T.3
Задняя бабка		
Перемещение пиноли	(мм.)	25