

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ / В.И. Гузеев  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

Проектирование участка механической обработки детали «Вал насоса» с разработкой конструкторско-технологического обеспечения

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ–15.03.05.2020.497.00.00 ПЗ ВКР

Руководитель работы  
Д.В. Ардашев  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

Автор работы  
студент группы ПЗ-552  
Р.О. Михайлов  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

Нормоконтролер  
А.В. Выбойщик  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

Челябинск 2020

## АННОТАЦИЯ

Михайлов Р.О. Проектирование участка механической обработки детали «Вал насоса» с разработкой конструкторско-технологического обеспечения. – Челябинск: ЮУрГУ, ПЗ-552, 111 с., 44 ил., 14 табл., библиогр. список – 16 наим.

В данной работе представлен результат анализа служебного назначения детали и её технологичность. Проведен анализ действующего техпроцесса, документации, оборудования и инструмента. Сделаны выводы, исправлены недочеты. Разработан маршрут техпроцесса и выбрано оборудование на котором обрабатывается деталь. Представлен план операций и переходов разработанного техпроцесса, проведен размерный анализ и рассчитаны режимы резания и нормы времени.

Для оптимизации и автоматизации обработки детали спроектировано и рассчитано специальное станочное приспособление для автоматического закрепления вала на фрезерной операции. Выбран и рассчитан режущий инструмент, подходящий для современного машиностроительного производства. Спроектирован специальный инструмент для нарезания резьбы М115\*2-6g LH с целью импортозамещения современного инструмента.

Для точности контроля и удобства подготовки к контролю разработано контрольное приспособление, позволяющее быстро и точно проводить контроль. Приложена расчетно-технологическая карта нарезания резьбы М115\*2-6g LH.

					150305.2020.497.00 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Михайлов Р.О.			Проектирование участка механической обработки детали «Вал насоса» с разработкой конструкторско-технологического обеспечения	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		Ардашев Д.В.					6	111
<i>Н. Контр.</i>		Выбойщик А.В.				ЮУрГУ Кафедра ТАМ		
<i>Утв.</i>		Гузеев В.И.						







непрерывным потоком за счёт взаимодействия этого потока с подвижными вращающимися лопастями ротора и неподвижными лопастями корпуса.

Магистральные насосы могут обеспечивать высокие напоры. Обычно характеризуются надёжностью непрерывной работы и экономичностью эксплуатации.

Вал насоса предназначен для передачи крутящего момента от двигателя к рабочему колесу.

Вал с неподвижно посаженными на нем рабочим колесом образуют ротор насоса. Для соединения вала с рабочим колесом предусмотрено соединение шпоночного типа. Валы изготавливают из высокопрочных сталей.

Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						10

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Анализ технологичности детали

1) Изготовление шеек вала по 6 качеству точности, наличие резьб высокой точности и мелким шагом.

Высокая точность требует введение дополнительных чистовых проходов со снятием тонкого слоя остаточного припуска.

2) Сложность достижения шероховатости Ra 0,4 мкм с выдерживанием допуска формы на опорных шейках с покрытием из карбид-вольфрама, твердостью более 1100 HV. Сложность достижения шероховатости Ra 0,8 мкм центральной шейки под посадку рабочего колеса из-за большой длины шейки (800 мм) с выдерживанием допуска расположения.

3) Необходима оснастка для нарезки пазов, переустановы между фрезерным и токарным станками, что требует дополнительной затраты времени на изготовление одного изделия.

Учитывая данные пункты и обращая внимание на необходимость обработки конической поверхности на изделии, необходимость нанесения покрытия карбид-вольфрама на опорные шейки с последующей шлифовкой приходим к выводу, что деталь не технологична и требует большого количества времени, ресурсов и высокой квалификации изготовителя.

Инт. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инт. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ
------	------	----------	---------	------	-----------------------

Лист
11

Проведем анализ детали «Вал насоса» по критериям оценки (таблица 1) и сделаем вывод.

Таблица 1 – Качественная характеристика детали

№ п.п.	Критерий оценки	Значение/ Показатель/ Сравнительная характеристика	Характеристика оценки
1	Унифицированность элементов форм детали	Резьбы, канавки, шпоночные пазы стандартных форм	Технологично
2	Простота формы детали	Тело вращения	Технологично
3	Возможность обработки максимального количества поверхностей детали за один установ	Имеется	Технологично
4	Доступность поверхностей детали для обработки;	Все поверхности доступны для обработки за 2 установка	Технологично
5	Наличие труднообрабатываемых поверхностей детали	Опорные шейки с твердостью 70 HRC; глухие отверстия	Не технологично
6	Обеспечение конструкцией детали нормальный подвод и отвод режущего инструмента	Имеется	Технологично
7	Высокая обрабатываемость основного материала	Нержавеющая сталь	Не технологично
8	Возможность достижения наиболее точных размеров детали на основном оборудовании	Возможно	Технологично
9	Возможность достижения минимальной заданной шероховатости поверхности детали на основном оборудовании	Возможно	Технологично
10	Минимальная номенклатура РИ	10-15 шт	Не технологично
11	Наличие поверхностей для захвата	Отсутствует	Не технологично
12	Вес детали	615 кг – готовый 880 кг – заготовка	Не технологично

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.



Исходя из этого можно сделать вывод, что в целом деталь технологична для мелкосерийного производства, но габариты и требования к высокой точности изготовления делают процесс изготовления каждой детали индивидуальным. В связи с этим автоматизация процесса изготовления возможна частично.

## 2.2 Анализ действующего технологического процесса

### 2.2.1 Анализ документации действующего техпроцесса

#### 1) Анализ маршрутных карт

В маршрутной карте приводится краткое содержание операций, без указания установок, переходов и режимов резания. В карте указываются данные по материалу детали, виду и массе заготовки, оборудованию, технологической оснастке, разряду работы, нормам времени.

Заводские маршрутные карты представлены в приложении А.

В результате анализа выявлено:

В заводском технологическом процессе вся необходимая информация присутствует. Необходимо перепроверить нормы времени действующих операций, в остальном заводские маршрутные карты вполне соответствуют и могут быть применены.

#### 2) Анализ операционных карт

Операционная карта применяется в массовом и серийном производстве. Так как наша деталь является частью мелкосерийного производства, необходимо сравнивать имеющийся технологический процесс с полноценной операционной картой.

Операционная карта должна содержать все переходы обработки детали с указанием приспособлений, режущих и измерительных инструментов режимов

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						13

резания и норм времени. Обработку детали следует производить соответственно указанным в карте данным.

В результате анализа выявлено:

В заводском технологическом процессе необходимая информация отсутствует, а именно не указаны приспособления, режущий и измерительный инструмент, режимы резания и нормы времени.

### 3) Анализ карт эскизов

Карта эскизов (КЭ) — основной графический документ, дающий наглядную информацию о выполняемой технологической операции.

Заводские карты эскизов представлены в приложении Б.

В результате анализа выявлено:

В заводском технологическом процесс представлены полные и наглядные эскизы с подробными выносками, простановкой размеров, выделением обрабатываемых поверхностей, техническими требованиями и применяемым оборудованием.

Заводские карты эскизов соответствуют нормам и применимы без изменений.

### 4) Анализ карты контроля

Карта контроля должна давать исполнителю контроля понимание в каких условиях должен проводиться контроль (освещенность, оборудованное контрольное место) , как и чем (каким инструментом и в какой последовательности для обеспечения наибольшей точности), с применением каких средств защиты, с какими требованиями по квалификации к исполнителю контроля, в каком состоянии должна находиться деталь.

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						14

В приложении В представлен заводской ОпТК ВИК, сравним его с требованиями, указание которых необходимо в карте контроля и сделаем заключение по анализу.

В результате анализа выявлено:

Заводская карта контроля (ОпТК ВИК) соответствует требованиям. Необходимо изменить место контроля в средствах измерения в пунктах №46-59 с «Контроль на станке» на «Контроль на оснастке для контроля биения валов и роторов», так как контроль биения изделия на станке дает большую погрешность относительно базовых поверхностей, а также доставляет неудобство при контроле.

### 2.2.2 Анализ оборудования, режущего инструмента, оснастки

Применяемое оборудование и режущий инструмент соответствует передовым машиностроительным производствам и полностью соответствуют требованиям к точности изготовления. Применимы к проектному технологическому процессу.

### 2.2.3 Размерный анализ действующего техпроцесса

На рисунке 2 представлена размерная цепь действующего технологического процесса.

Проведя размерный анализ действующего техпроцесса, выявлено, что при выдерживании размера  $30_{-0,2}$  на конечной операции, размеры  $220 \pm 0,2$ ;  $325 \pm 0,2$ ;  $540 \pm 0,2$ ;  $610 \pm 0,2$ ;  $640 \pm 0,2$  и  $1005 \pm 0,3$  становятся замыкающими звеньями, так как на прямую не выдерживаются, а соответственно риск попадания этих размеров в брак высок. Так как допуски на данные размеры идентичны, рассчитаем замыкающее звено  $220 \pm 0,2$  и сделаем вывод по всем звеньям. Из-за большого количества размеров, входящих в размерную цепь (более 4) проведем расчет по вероятностному методу.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						15

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.497.00 ПЗ					Лист
					15

Лист
15

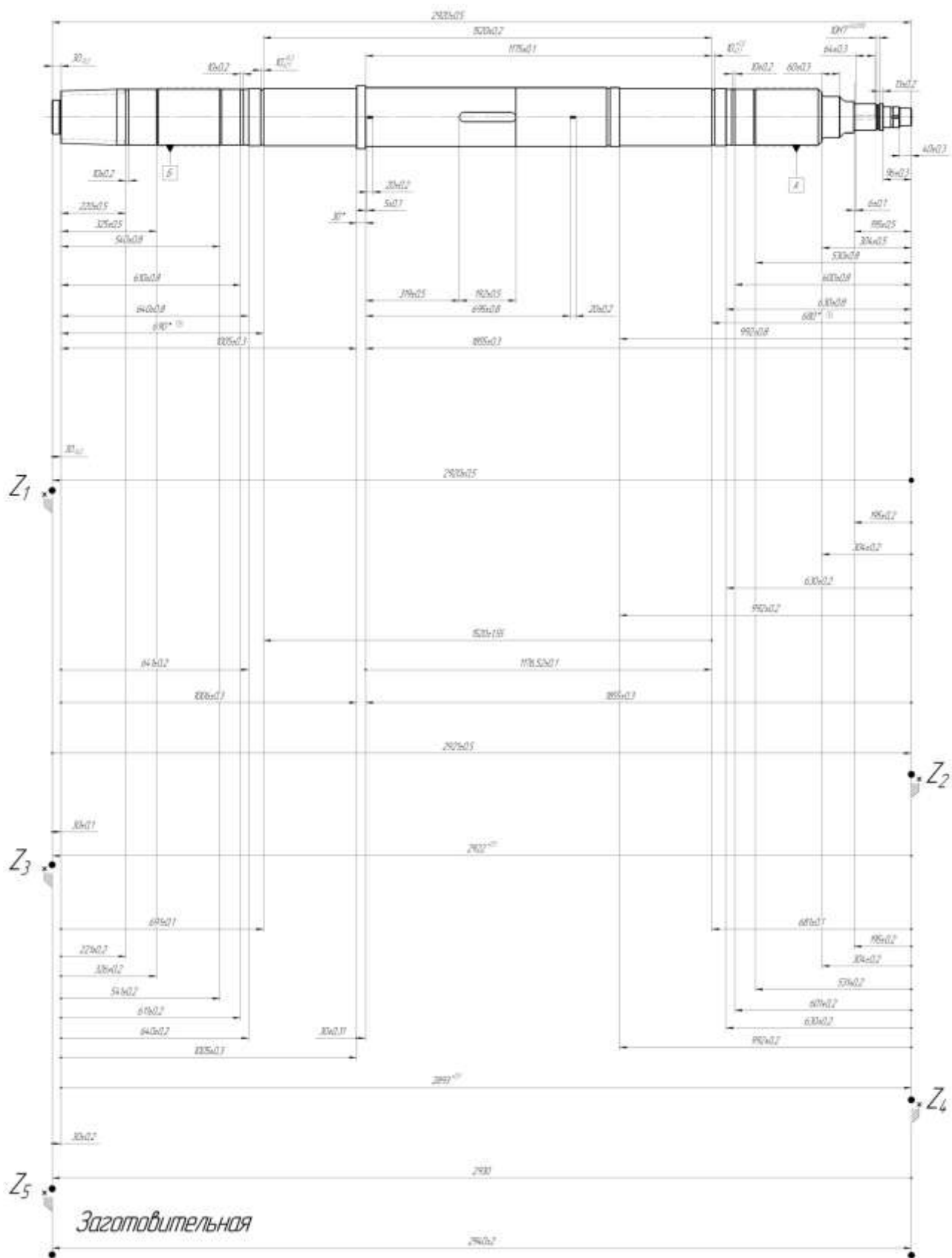


Рисунок 2 – Размерная цепь действующего техпроцесса

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Ив. № подл.	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата	

2.2.3.1 Определение характеристик составляющих звеньев размерной цепи

1) Допуск составляющего звена определяется по формуле:

$$T(A_i) = Es(A_i) - Ei(A_i) \quad 1)$$

где  $Es(A_i)$  – верхнее отклонение звена;

$Ei(A_i)$  – нижнее отклонение звена;

$i$  – индекс звена.

2) Координата середины поля допуска составляющего звена определяется по формуле:

$$C(A_i) = \frac{Es(A_i) + Ei(A_i)}{2} \quad 2)$$

где

$Es(A_i)$  – верхнее отклонение звена;

$Ei(A_i)$  – нижнее отклонение звена;

2.2.3.2 Определение характеристик замыкающего звена

1) Номинальный размер замыкающего звена определяется по формуле:

$$A_{\Delta} = \sum_{j=1}^n \vec{A}_j - \sum_{q=1}^m \overleftarrow{A}_q \quad 3)$$

где

$A_j$  – номинальный размер любого увеличивающего звена;

$A_q$  – номинальный размер любого уменьшающего звена;

$j$  – индекс увеличивающего звена;

$q$  – индекс уменьшающего звена;

$n$  – число увеличивающих звеньев;

$m$  – число уменьшающих звеньев;

2) Допуск замыкающего звена определяется по формуле:

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
150305.2020.497.00 ПЗ				Лист
				17



Нижнее отклонение замыкающего звена  $Ei(A_{\Delta})$  определяется по формуле:

$$Ei(A_{\Delta}) = C(A_{\Delta}) - \frac{T(A_{\Delta})}{2}$$

### 2.2.3.3 Выполним расчет

Звенья размерной цепи (рисунок 3):

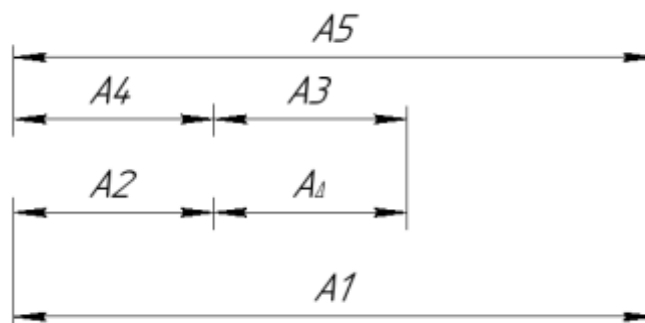


Рисунок 3 – Звенья размерной цепи

Допуски и координаты середины поля допуска составляющих звеньев определены по формулам (1) и (2).

$$A_1 = 2920 \pm 0,5 \text{ (мм);}$$

$$T(A_1) = 1 \text{ (мм);}$$

$$C(A_1) = 0 \text{ (мм);}$$

$$A_2 = 30_{-0,2}$$

$$T(A_2) = 0,2 \text{ (мм);}$$

$$C(A_2) = -0,1 \text{ (мм);}$$

$$A_3 = 221 \pm 0,5 \text{ (мм);}$$

$$T(A_3) = 1 \text{ (мм);}$$

$$C(A_3) = 0 \text{ (мм);}$$

$$A_4 = 30 \pm 0,1 \text{ (мм);}$$

$$T(A_4) = 0,2 \text{ (мм);}$$

$$C(A_4) = 0 \text{ (мм);}$$

$$A_5 = 2921 \pm 0,5 \text{ (мм);}$$

$$T(A_5) = 0,5 \text{ (мм);}$$

$$C(A_5) = +0,25 \text{ (мм);}$$

Увеличивающие звенья:  $A_1, A_3, A_4$ ;

Уменьшающие звенья:  $A_2, A_5$ ,

Замыкающее звено:  $A_{\Delta}$

Решение:

1) Номинальный размер замыкающего звена

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						19







1) Необходима разработка операционных карт с указанием приспособлений, режущих и измерительных инструментов, режимов резания и норм времени.

2) Необходимо исправление карты контроля в пунктах измерения биения. Так как контроль биения изделия на станке дает большую погрешность относительно базовых поверхностей, а также доставляет неудобство при контроле необходимо проводить контроль биения на специальной оснастке для контроля биения валов и роторов.

3) Так как частой причиной забраковки валов служит отклонение от симметричности и параллельности стенок паза при фрезеровании на станке Tornі Tасchi HD/3 525\*5000 90L необходимо рассмотреть возможность изготовления операции фрезерование на другом станке.

Хорошо для этого подойдет WELE LB321 предназначенный для обработки наружных и внутренних плоских, фасонных поверхностей, уступов, пазов, прямых и винтовых канавок, шлицев на валах (характеристики представлены в таблица 3).

Таблица 3 – Характеристики фрезерного станка с ЧПУ WELE LB321

№ п/п	Характеристика	Значение
<b>Перемещение</b>		
1	Перемещение по оси X, мм	3060
2	Перемещение по оси Y, мм	2150
3	Перемещение по оси Z, мм	800
4	Расстояние от торца шпинделя до поверхности стола, мм	200-1000
5	Расстояние между колоннами, мм	2300
<b>Стол</b>		
1	Длина стола (направление X), мм	3000
2	Длина стола (направление Y), мм	2000
3	Максимальный вес детали, мм	12 000
<b>Инструментальный магазин</b>		
1	Емкость инструментального магазина, позиций	32
2	Максимальный диаметр инструмента	127/215

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						22

	без находящегося рядом, мм	
3	Максимальная длина инструмента, мм	400
4	Максимальный вес инструмента, кг	20

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 2.3 Разработка проектного технологического процесса

### 2.3.1 Разработка маршрутного техпроцесса

Взяв за основу маршрут действующего техпроцесса, оптимизируем операции, сократим время, уменьшим количество установов. Для этого заменим обеспечение твердости опорных шеек с метода закалки ТВЧ на газопламенный метод нанесения покрытия.

Данный способ обеспечения твердости и износостойкости является одним из передовых и используется в самых развитых странах мира. Он обладает следующими преимуществами:

- 1) Восстановления покрытия детали оборудования при частичном износе детали, доступность технологии проведения восстановительных работ с минимальными затратами;
- 2) Защита поверхностей деталей оборудования не только от коррозии, но и от гидро износа и газоабразивного износа;
- 3) Нанесения покрытий на месте производства, с применением мобильных комплексов для любой площади поверхностей;
- 4) Отсутствие после нанесения внутренних напряжений, дефектов поверхности и микроструктуры материала из-за исключения высоких температур и давлений.

Благодаря пункту 4 преимуществ появляется возможность обрабатывать вал на токарной и фрезерной операциях сразу практически в чистовые размеры, что при закалке ТВЧ было невозможно (требовалась дополнительная токарная операция перед нарезкой пазов), так как остаточные напряжения влияли деформацию заготовки после чистовой м/о, что сказывалось на частый брак по биению центральной шейки вала.


Данное изменение позволяет упростить и сократить время чистовой обработки на более чем на 15%.

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						24

Оптимизированный маршрут проектного техпроцесса представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Маршрутная карта

№ оп.	Операционный эскиз	Станок
005	Ленточнопильная Отрезка проката в размер 3160 мм	Bomar Extend 1000.820 A 2500
010	Фрезерная Выполнить отверстие ф80 под т/о	WELE LB321
015	Термическая Для обеспечения механических свойств	ТТ110
020	Ленточнопильная	Bomar Extend 1000.820 A 2500
025	Контрольная (Мех.испытания)	ЛПК
030	Токарная с ЧПУ Обработать заготовку до ф218 <sub>-0,5</sub> мм. 	Torni Tacchi HD/3 525*5000 90L
035	Контрольная Контроль заготовки методом ультразвуковой дефектоскопии по ГОСТ 24507-80 согласно п.7 ТТ чертежа	ЛНК
040	Токарная с ЧПУ Предварительная обработка перед нанесением газопламенного напыления.	Torni Tacchi HD/3 525*5000 90L
045	Фрезерная с ЧПУ Предварительная обработка перед нанесением газопламенного напыления.	WELE LB321
050	Контрольная Контроль параметров предварительной обработки перед нанесением покрытия.	ОТК
065	Токарная с ЧПУ Чистовая обработка по программе в соответствии с эскизом.	Torni Tacchi HD/3 525*5000 90L
070	Контрольная Контроль соосности согласно требованиям чертежа, путем замера биения на станке.	Torni Tacchi HD/3 525*5000 90L
085	Контрольная ВИК согласно карте контроля	ОТК

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

### 2.3.2 Выбор оборудования для реализации техпроцесса

Основная обработка детали – это точение, а также фрезерование пазов высокой точности.

Для данной детали возможны два метода обработки:

- обработка на токарном станке с ЧПУ оснащенный револьверной головой с приводом, с возможностью выполнить пазы;
- обработка на токарном станке с последующим изготовлением пазов на фрезерном станке.

Ведение обработки на токарном станке с приводной головой позволяет обработать диаметры и пазы на одном станке. Это повысит производительность и снизит номенклатуру используемого оборудования.

Обработка детали на токарном станке с последующей установкой на фрезерный станок не сможет обеспечить такую концентрацию переходов как в предыдущем методе, но выполнение точных размеров, выдерживание допусков форм и расположения будет более производительной. Таким образом, изготовление детали будет производиться в две операции: операции токарной и фрезерной.

Таким образом, ведение отдельной обработки на токарном и фрезерном станке более рационально и технологично по сравнению с обработкой только на токарном станке.

Для обработки детали выберем токарный станок с ЧПУ Torni Tасchi HD/3 525\*5000 90L (таблица 5), для обработки пазов WELE LB321.

Материалом детали является нержавеющая сталь 30X13, применяется для изготовления деталей машин, подверженных агрессивным средам. Хорошо обрабатывается резанием.

Torni Tасchi HD/3 525\*5000 90L предназначен для тел вращения, валов, цилиндрических поверхностей, выполняемые операции:

- обработка отверстий;
- растачивание внутренних поверхностей;

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	150305.2020.497.00 ПЗ					Лист
					Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	26

- подрезание торца;
- обтачивание;
- обработка фасонных поверхностей;
- отрезка.
- фрезерование пазов с использованием приводного блока.

Таблица 5 – Характеристики токарного станка с ЧПУ Torni Tасchi HD/3 525\*5000 90L

№ п/п	Характеристика	Значение
1	Высота центров, мм	525
2	Максимальный диаметр обработки над суппортом, мм	670
3	Расстояние между центрами, мм	5000
4	Максимальный допустимый вес в центрах без люнетов, кг	9000
5	Максимальная мощность главного шпинделя, кВт	51
6	Диаметр отверстия шпинделя, мм	160
7	Конус центров	M6
8	Масса станка, кг	14 000

В результате анализа выявлено:

Так как частой причиной забраковки валов служит отклонение от симметричности и параллельности стенок паза при фрезеровании на станке Torni Tасchi HD/3 525\*5000 90L необходимо рассмотреть возможность изготовления операции фрезерование на другом станке.

Идеально для этого подойдет WELE LB321 (таблица 6) предназначенный для обработки наружных и внутренних плоских, фасонных поверхностей, уступов, пазов, прямых и винтовых канавок, шлицев на валах.

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						27

Таблица 6 – Характеристики фрезерного станка с ЧПУ WELE LB321

№ п/п	Характеристика	Значение
Перемещение		
1	Перемещение по оси X, мм	3060
2	Перемещение по оси Y, мм	2150
3	Перемещение по оси Z, мм	800
4	Расстояние от торца шпинделя до поверхности стола, мм	200-1000
5	Расстояние между колоннами, мм	2300
Стол		
1	Длина стола (направление X), мм	3000
2	Длина стола (направление Y), мм	2000
3	Максимальный вес детали, мм	12 000
Инструментальный магазин		
1	Емкость инструментального магазина, позиций	32
2	Максимальный диаметр инструмента без находящегося рядом, мм	127/215
3	Максимальная длина инструмента, мм	400
4	Максимальный вес инструмента, кг	20

### 2.3.3 Выбор и обоснование метода получения исходной заготовки

Для изготовления вала используют коррозионно-стойкие стали 30X13.

Возможно использование заготовок, полученных следующими способами:

- 1) Поковка;
- 2) Прокат горячекатаный;

1) Метод ковки вала из поковок отличается многими достоинствами и считается наиболее эффективным. Вал – это очень важная деталь в любом насосе и агрегате, работающем по данному типу. Эта деталь всегда находится под нагрузкой и должна обладать высокой прочностью и надежностью.

Если во время эксплуатации вал сломается или деформируется, то все оборудование выйдет из строя. Ремонт займет много времени, поэтому к валам из поковок выдвигаются особые требования. Это:

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						28



- высокое качество;
- надежность;
- прочность;
- износостойкость;
- долговечность.

Поэтому для изготовления этой детали применяют качественные марки стали, позволяющие добиться необходимых параметров и стандартов. В любом оборудовании во время работы, вал всегда находится под постоянными нагрузками и нагревается. Если брать поковки низкого качества, то такой вал не выдержит нагрузок и быстро выйдет из строя.

Также преимуществами являются:

- повышенные технические характеристики, в том числе уникальные механические свойства;
- высокая износостойкость и ударная прочность, которая продлевает срок службы детали в разы.

2) Горячекатаный прокат изготавливается после разогрева металла до температуры пластичности материала, выше 920 градусов. Температурный режим поддерживается по всему параметру до конца процесса проката. Это наиболее экономичный метод, так как металл легче поддается обработке в горячем состоянии.

Готовые горячекатаные изделия имеют шероховатую поверхность синевато-серого цвета. Горячая обработка заготовок позволяет делать более глубокие деформации металла — это позволяет расширить сортамент.

В результате анализа выявлено:

Так как ступени вала не значительны, механические свойства проката можно довести до необходимых требований, а цена заготовки из проката более чем в 2 раза меньше, экономически выгоднее использование именно горячекатаного сортового проката.

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

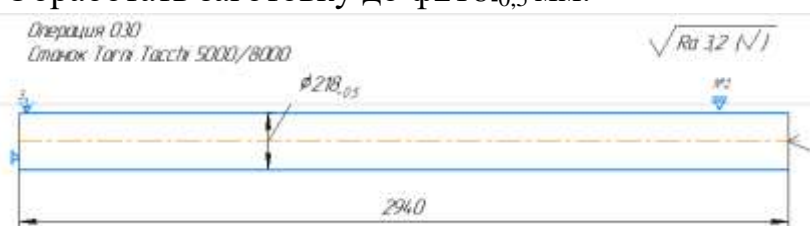
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						29

### 2.3.4 План операций и переходов проектного техпроцесса

Маршрутный технологический процесс представлен в таблице 2, полный МТП представлен в приложении.

Рассмотрим проектируемый технологический процесс, в рамках которого выбирается режущий инструмент в настоящем пункте курсового проекта. Техпроцесс представим в виде маршрутной карты (таблица 7).

Таблица 7 – Маршрутная карта технологических операций

№ опер.	Операционный эскиз	Станок
030	Токарная с ЧПУ Обработать заготовку до $\phi 218_{-0,5}$ мм.  	Torni Tacchi HD/3 525*5000 90L
040	Токарная с ЧПУ Предварительная обработка перед нанесением газопламенного напыления.	Torni Tacchi HD/3 525*5000 90L
045	Фрезерная с ЧПУ Предварительная обработка перед нанесением газопламенного напыления.	WELE LB321
065	Токарная с ЧПУ Чистовая обработка по программе в соответствии с эскизом.	Torni Tacchi HD/3 525*5000 90L

Обрабатываем предварительно на операции 040 под газопламенное напыление (рисунок 4; 5; 6). После этого выполняем фрезерную операцию (рисунок 7 ). По конечному чертежу шлифовка, точение представлены на рисунке 8.

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подпись и дата	

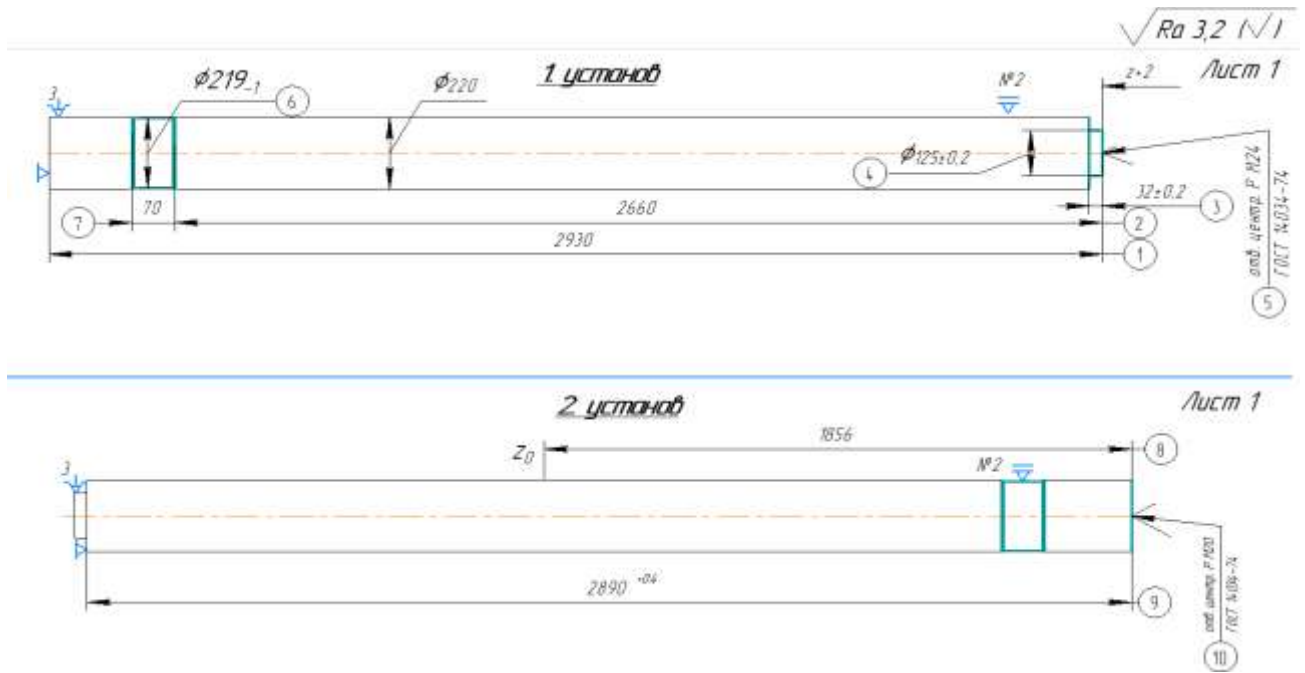


Рисунок 4– Операция 040 Токарная с ЧПУ

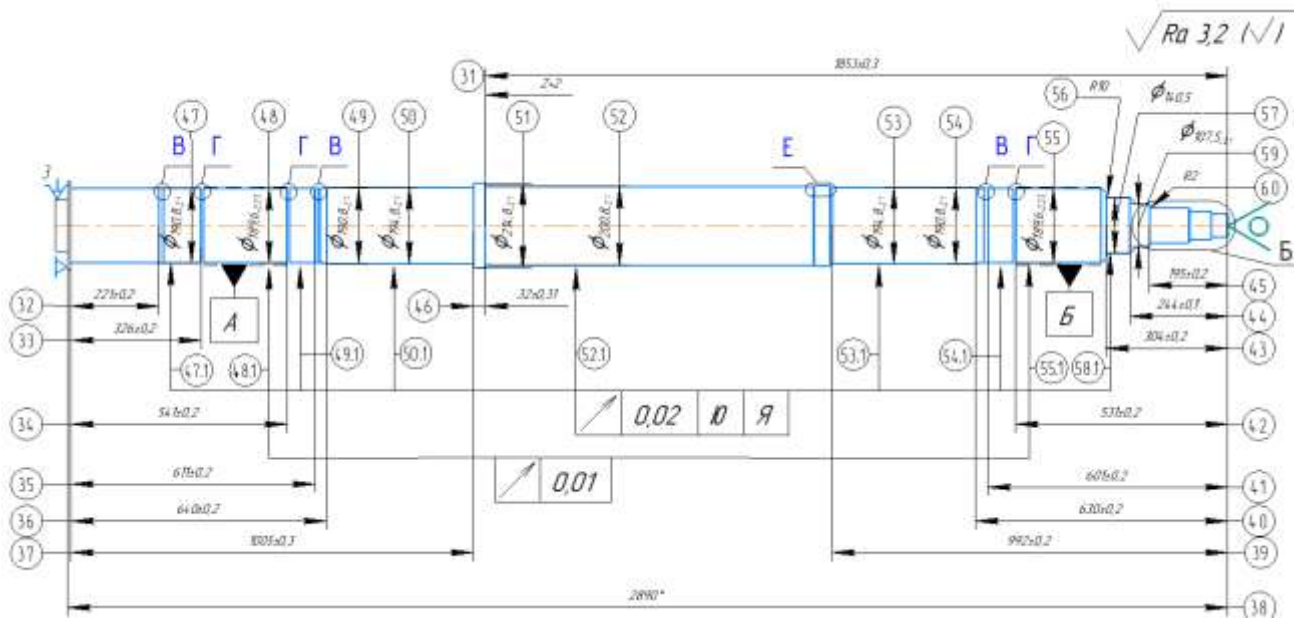


Рисунок 5 – Операция 040 Токарная с ЧПУ

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата
Ив. № подл.	Ив. № дубл.
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подпись и дата	Ив. № дубл.
Ив. № подл.	Ив. № дубл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

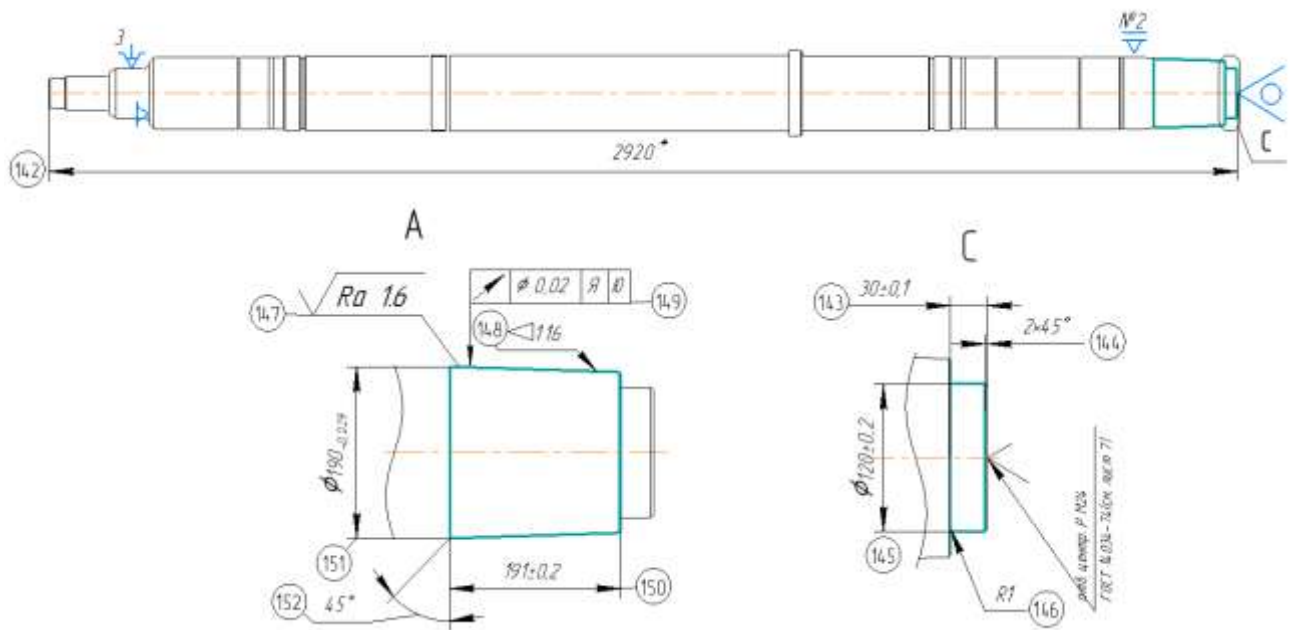


Рисунок 6 – Операция 040 Токарная с ЧПУ

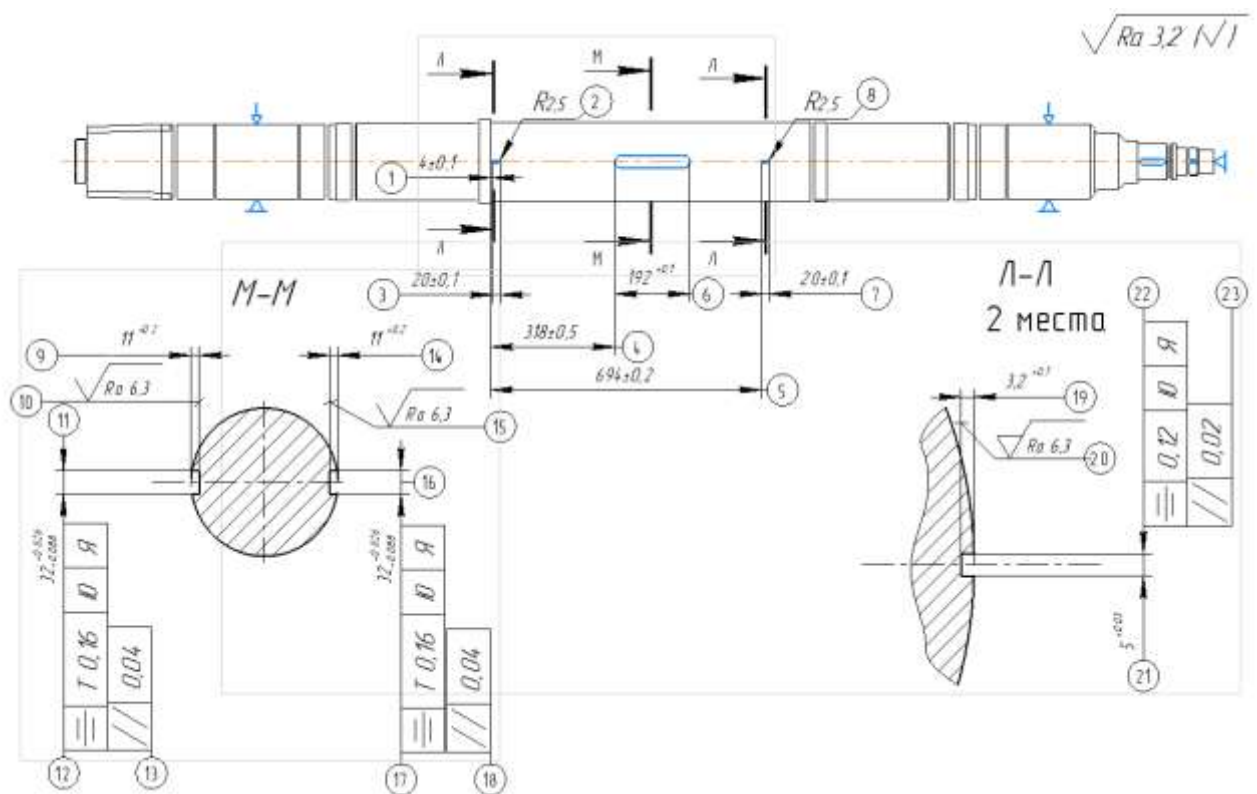


Рисунок 7 – Операция 045 Фрезерная с ЧПУ

Ив. № подл.	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись Дата
150305.2020.497.00 ПЗ			Лист
			32

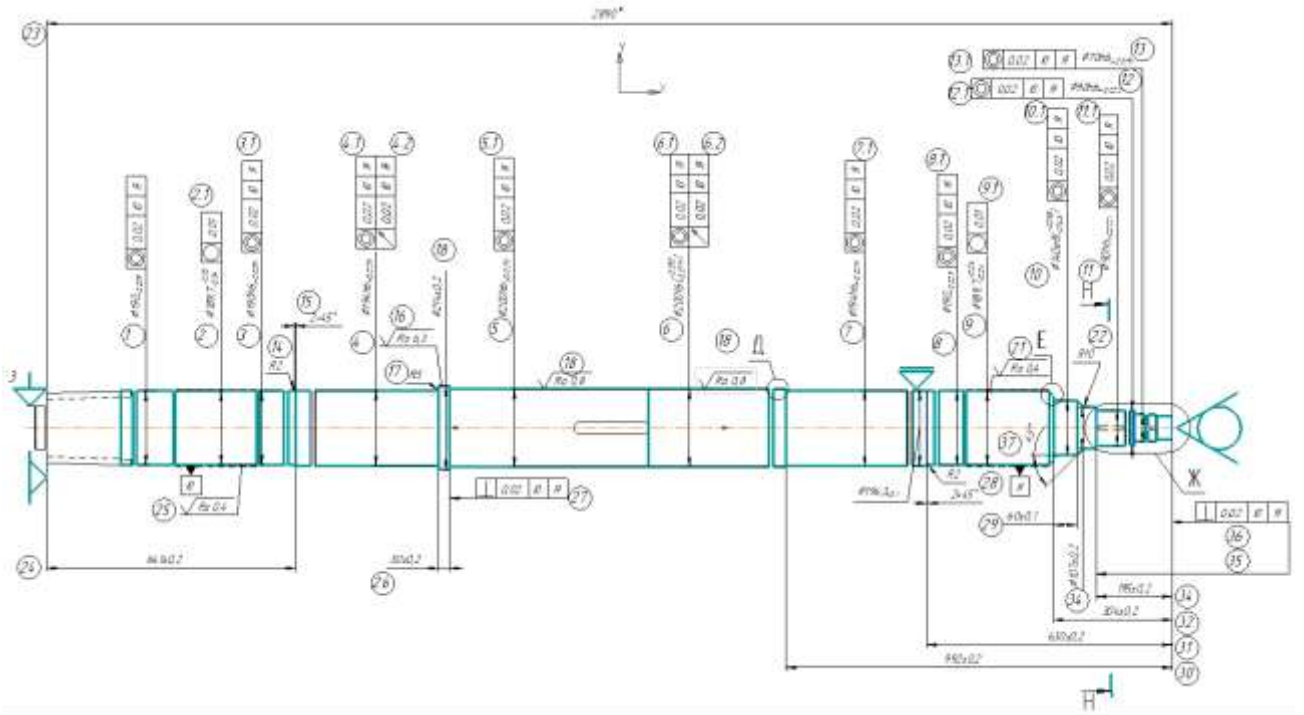


Рисунок 8 – Операция 065 Шлифовка, точение (по контуру)

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
150305.2020.497.00 ПЗ				Лист
				33

### 2.3.5 Размерный анализ проектного техпроцесса

На рисунке 9 представлена размерная цепь проектного технологического процесса изготовления вала насоса, по ней сделаем анализ.

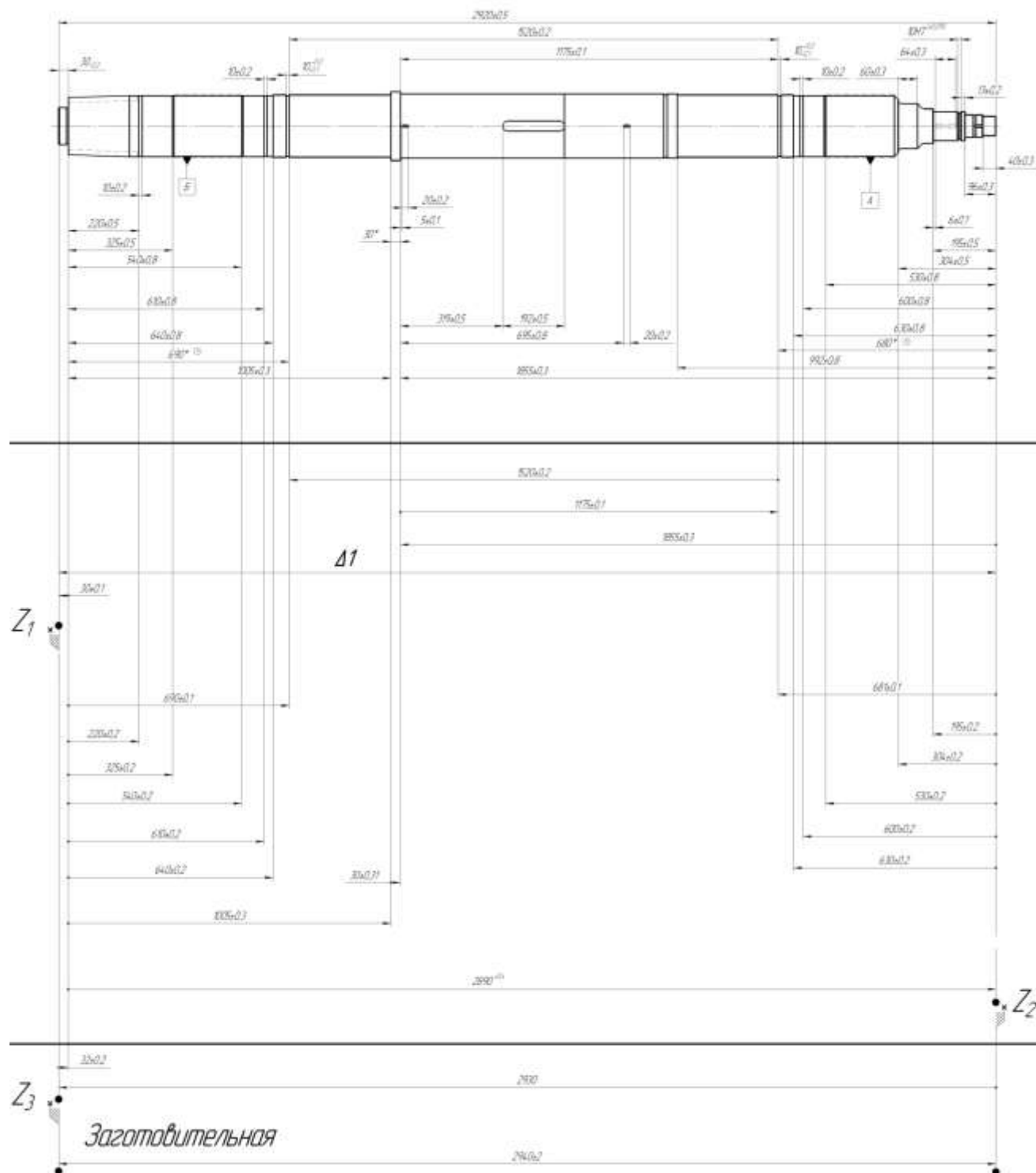


Рисунок 9 – Размерная цепь проектного техпроцесса

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Изм. № подл.	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	

В проектном техпроцессе учтены недочеты, выявленные при анализе действующего техпроцесса, пересмотрена последовательность обработки поверхностей, тем самым исключено большинство замыкающих звеньев.

В проектном технологическом процессе остается 1 замыкающее звено общего габаритного размера  $\Delta_1$ , согласно конструкторской документации  $2920 \pm 0,2$ .

Звенья размерной цепи представлены на рисунке 10.

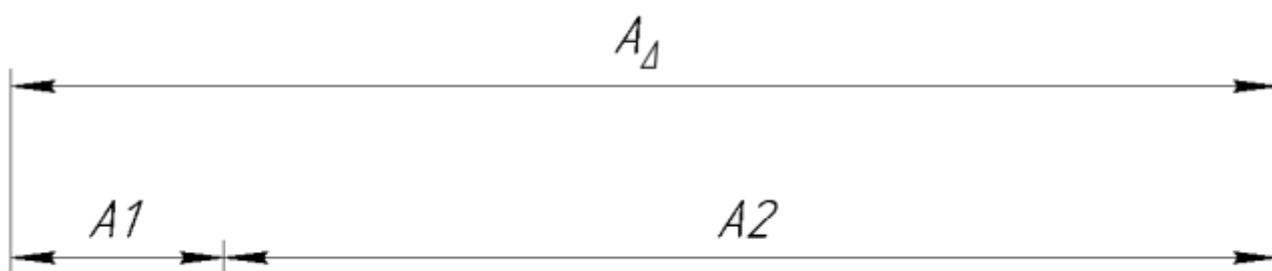


Рисунок 10 – Звенья размерной цепи проектного техпроцесса

Увеличивающие звенья:  $A_1(30 \pm 0,1)$ ,  $A_2(2890^{+0,4})$ ;

Замыкающее звено:  $A_{\Delta}$

Проведем расчет замыкающего звена:

$$\Delta_1 = (2890^{+0,4}) + (30 \pm 0,1) = 2920 \begin{matrix} 0,4 - (-0,1) \\ 0 - (0,1) \end{matrix} = 2920 \begin{matrix} +0,5 \\ -0,1 \end{matrix}$$

Сравним получившиеся допуски замыкающего звена  $\Delta_1$  технологической размерной цепи и конструкторской:

$$2920 \begin{matrix} +0,5 \\ -0,1 \end{matrix} < 2920 \begin{matrix} +0,5 \\ -0,5 \end{matrix}$$

Допуск замыкающего звена находится в поле допуска конструкторского, это значит, что технологическая размерная цепь построена с правильными допусками, позволяющими изготовить годную деталь.

Далее вычислим припуски на обработку и сравним их с минимально необходимыми.

Минимально необходимый припуск для любой операции рассчитывается по формуле:

$$Z_{min} = Df + Rz, + \rho + \varepsilon$$

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						35

где  $Df$  – величина дефектного слоя, мм;

$Rz$  – шероховатость с предыдущей операции, мм.

$\rho$  – сумма погрешностей формы и расположения поверхностей заготовки, оставшихся или полученных после предыдущей обработки

$\varepsilon$  – погрешность установки и закрепления перед рассматриваемой обработкой.

Сведем для показатели для всех этапов обработки в таблицу 8.

Таблица 8 – Минимально необходимый припуск, мкм

	$Df$	$Rz$	$\rho$	$\varepsilon$
Для проката	120	120	250	200
Для черн. м/о	40	60	90	250
Для п/чист м/о	40	60	90	100
Чистовая м/о	5	20	30	30

Для ответа на вопрос превышены ли припуски на обработку объявим все припуски замыкающими звеньями и рассчитаем аналогично.

замыкающими звеньями и рассчитаем аналогично.

$$Z_1 = 32 \pm 0.2 - 30 \pm 0.1 = 2_{-0.2-0.1}^{0.2-(-0.1)} = 2_{-0.3}^{+0.3}$$

$$Z_{1 \text{ теор}}^{\min} = 0 < Z_{1 \text{ факт}}^{\min}$$

$$Z_2 = 2930_{-2} - 32 \pm 0.2 - 2890^{+0.4} = 8_{-2-0.2-0.4}^{0-(-0.2)-0} = 8_{-2.6}^{+0.2}$$

$$Z_{2 \text{ теор}}^{\min} = 4.3 < Z_{2 \text{ факт}}^{\min}$$

$$Z_3 = 2940_{-2} - 2930_{-2} = 10_{-2-0}^{0-(-2)} = 10_{-2}^{+2}$$

$$Z_{3 \text{ теор}}^{\min} = 8 \leq Z_{3 \text{ факт}}^{\min}$$

Припуски  $Z_1$ ;  $Z_2$ ;  $Z_3$  не превышены, считать допустимыми в связи с обработкой проката по торцам ( $Z_1$ ;  $Z_2$ ) после резки ленточной пилой и термообработки обработки.

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						36



### 2.3.6 Расчет режимов резания и норм времени

Расчет режимов резания для токарной операции выполним по нормативам [4, 15, 16].

Исходные данные:

Деталь:

- вал насоса;
- материал – Сталь 30Х13 (235 НВ);
- параметр шероховатости поверхности  $Rz=40$  мкм.

Заготовка:

- прокат горячекатаный 16 квалитет точности;
- масса: 857 кг;
- состояние поверхности: без корки;
- припуск на обработку, мм (таблица 9).

Таблица 9 – Припуски на поверхности при чистовой м/о

№ пов-ти	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Припуск	37.5	12.5	12.5	12	6	12	12.5	50	57.5	12.5	17	10	17	58	2

Пронумерованные обрабатываемые поверхности представлены на рисунках 11; 12.

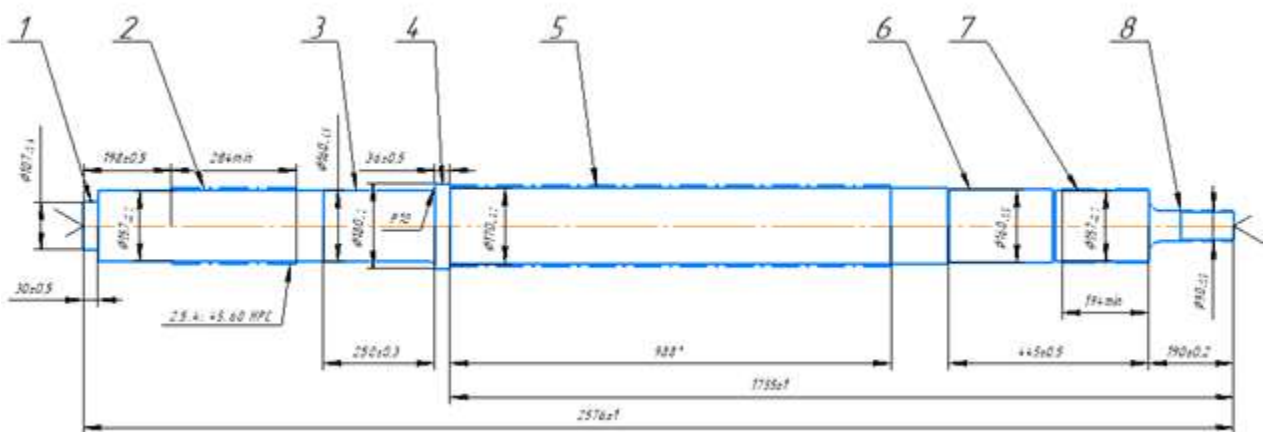


Рисунок 11 – Обозначение поверхностей заготовки вала под закалку

Ив. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
										37

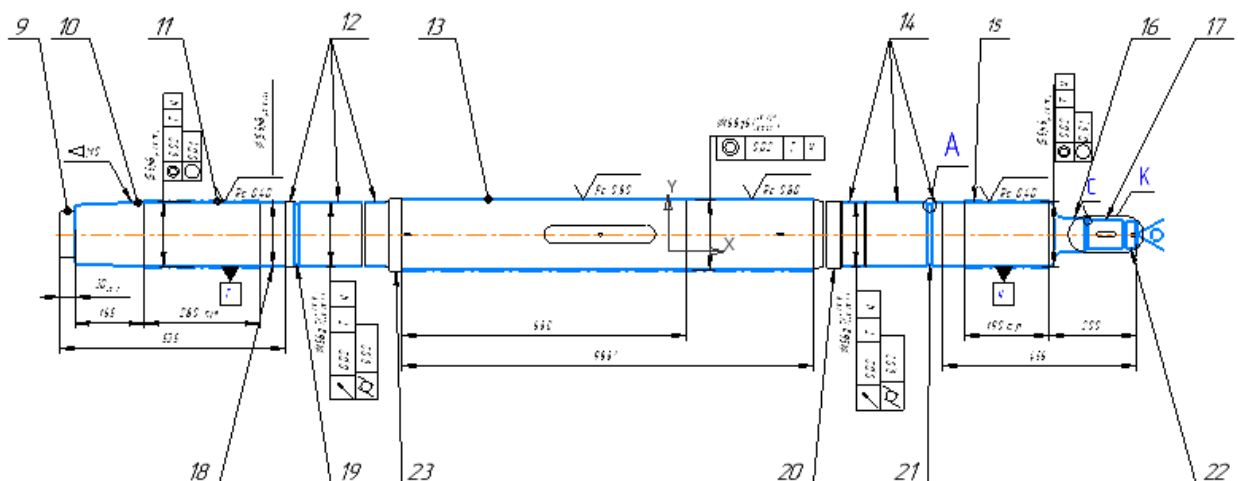


Рисунок 12 – Обозначение поверхностей после чистовой м/о

Оборудование: токарно-фрезерный станок с ЧПУ Torni Tascchi HD/3 525\*5000 90L.

Паспортные данные:

– максимальная частота вращения шпинделя: 6000 об/мин;

Операция:

– приспособление: нет;

– содержание операции: точение поверхности.

Для получения поверхностей 9; 11; 13; 15; 17; 20; 22 размеров  $\varnothing 190h6$ ; 194g7; 200g6; M115\*2-6g; M200\*3-6g; M70\*2-6g из заготовки 16 квалитета, необходимо вести обработку в четыре стадии: черновая – получение 14 квалитета, получистовая – получение 12 квалитета; чистовая – получение 9 квалитета и отделочная 6-7-8 квалитеты.

Произведём расчёт для чистовой стадии.

Выбор глубины резания производится по справочникам.

Для операций чистовой обработки поверхности 9; 16; 17; 22, диаметр которой соответствует интервалу размеров до 120 мм, рекомендуется глубина резания не менее  $t = 0,3\text{мм}$ . Для поверхности 11; 12; 13; 14; 15; 18; 19; 20; 21; 23, диаметр которой соответствует интервалу размеров до 200 мм, рекомендуется глубина резания не менее  $t = 0,4\text{ мм}$ .

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подпись и дата	





— периода стойкости режущей части (60 минут при механическом креплении твердосплавной пластины)  $K_{VT} = 0,7$ ;

Окончательно скорость резания при чистовой стадии обработки определяют:

$$V = V_T * K$$

$$V = 487 * 0,5 * 1 * 0,7 * 0,7 * 1 * 0,7 = 83,5 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

$$n = \frac{1000v}{D * \pi} = \frac{1000 * 83,5}{160 * \pi} = 166,2 \text{ об/мин}$$

Норма основного времени определяется по формуле:

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

где  $L$  – длина обработки, мм;

$S_m$  – минутная подача, мм/мин.

Таким образом, основное время при точении равно:

$$T_O = \frac{2540}{16,62} = 153,5 \text{ мин.}$$

Норма штучного времени определяется по формуле:

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

где  $T_O$  – основное время, мин;

$T_B$  – вспомогательное время, мин;

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

Подставив числовые значения, получим:

$$T_{шт} = (153,5 + 3,7) * \left(1 + \frac{7}{100}\right) = 187,83 \text{ мин.}$$

Аналогично рассчитываем режимы резания и нормы времени для всех операций механической обработки. Режимы резания вносим в таблицу 10.

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
150305.2020.497.00 ПЗ				Лист
				41

Таблица 10 – Режимы резания и нормы времени для операций механической обработки

Переходы	V м/мин	n об/мин	S мм/об	t, мм	To, мин	Tв, мин	T обл, мин	T шт, мин	T шт, мин	Презание, мм	Перебес, мм	Подвод, мм	Длина обр. пов-ти, мм	L, мм	Проходов
Операция 040 Токарная с ЧПУ															
1	Подрезка торца в размер 2930	100	177	0,25	2	2,6				2	2	2	110	116	1
2	Сверлить центр. Отверстие ф21	20	35	0,4	10,5	4,7				2	2	2	60	66	1
3	Расточить центровочное отверстие ф24 на р-р 12 + фаска	100	298	0,25	0,25	1,3				0	2	2	96	100	6
4	Нарезать резьбу M24	12,3	167	3	0,02-0,2	3,7				6	6	6	120	138	3
5	Проточка ф125 на р-р 30	100	177	0,25	2	16,3				2	2	2	720	726	24
6	Выточка ф219 на 70 мм	100	298	0,25	0,5	0,9				1	2	2	70	75	1
7	Подрезка торца в размер	100	177	0,25	1	5,1				1	2	2	220	225	1
8	Сверлить центр. Отверстие ф17	20	35	0,4	10,5	4,0				11	2	2	57	72	
9	Расточить центровочное отверстие ф34 на р-р 7 + фаска	100	298	0,25	0,25	3,8				0	2	2	284	288	33
10	Нарезать резьбу M20	12	191	2,5	0,02-0,2	3,4				6	6	6	84	102	3
11	Проточка ф214,8 на р-р 2893	100	298	0,25	2	77,8				2	2	2	5786	5792	2
12	Проточка ф200,8 на р-р 1855 от торца	100	298	0,25	2	24,9				2	2	2	1855	1861	1
13	Проточка ф194,8 на р-р 992 от торца	100	298	0,25	2	26,7				2	2	2	1984	1990	2
14	Проточка ф190,8 на р-р 630 от торца	100	298	0,25	2	8,5				2	2	2	630	636	1
15	Проточка ф189,6 на р-р 531	100	298	0,25	0,25	14,3				0	2	2	1062	1066	2
16	Проточка ф140,5 на р-р 304	100	298	0,25	2	40,9				2	2	2	3040	3046	10
17	Проточка ф107,5 на р-р 244	100	298	0,25	2	30,0				2	2	2	2231	2237	9
18	Проточка ф92,3 на р-р 195	100	298	0,25	2	10,8				2	2	2	800	806	4
19	Проточка ф72,3 на р-р 96	100	298	0,25	2	6,5				10	10	10	480	510	5
20	Проточка ф62,3 на р-р 40	100	298	0,25	2	1,6				2	2	2	120	126	3
21	Проточка ф194,8 на р-р 1005 от нульков	100	298	0,25	2	40,5				6	6	6	3015	3033	3
22	Проточка ф190,8 на р-р 640 от нульков	100	298	0,25	2	8,6				2	2	2	640	646	1
23	Проточка ф189,6 на р-р от 541мм от нульков до 326 мм	100	298	0,25	0,25	5,8				4	4	4	430	442	2
24	Обработать контур с глубиной резания 0,15	100	298	0,15	0,15	64,8				10	10	10	2893	2923	1

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Продолжение таблицы 10

	Переходы	V м/мин	n об/мин	S мм/об	L, мм	T <sub>0</sub> , мин							Продолгов.
							Врезание, мм	Перебег, мм	Подвод, мм	Длина обр. части, мм	L, мм		
25	Точить канавки	110	260	0,1	0,1	52,9	1	2	2	1370	1375	67	
26	Подрезать торец в р-р 2922	100	298	0,25	0,5	0,8	1	1	5	62,5	69	3	
27	Проточить ф120 в р-р 30	100	298	0,25	0,5	2,0	1	1	5	150	157	3	
28	Обработать конус 1:16	100	298	0,15	0,15	42,6	0	2	2	1900	1904	10	
						Суммарно:	505,6	60,0	22,6	22,6	610,8		
Операция 045 Фрезерная с ЧПУ													
1	Фрезеровать пазы 5H9 (2 шт) [вид Л-Л]	0,126	2000	0,06	2	28,9	2	2	2	3456	3462	54*2	
2	Фрезеровать пазы 32N9 (2 шт) [вид М-М]	0,126	2000	0,15	8	156,5	9	4	4	46933	46950	74*2	
3	Фрезеровать паз 14N9	0,126	2000	0,1	5	28,6	5	2	2	5720	5729	55	
4	Фрезеровать паз 8H12	0,126	2000	0,1	3	7,7	3	2	2	1540	1547	35	
5	Фрезеровать пазы 45N9 (2 шт) [вид Н-Н]	0,126	2000	0,15	12,5	281,4	13	4	4	84400	84421	100*2	
						Суммарно:	474,3	43,0	20,7	20,7	558,7		
Операция 065 Токарная с ЧПУ													
1	Расточить центровочное отверстие ф35 на р-р 7	100	298	0,15	0,25	0,9	0	2	2	42	46	7	
2	Обработать окончательно	83,5	166	0,1	0,1	368,4	1	2	2	5786	5791	2	
3	Нарезать резьбу М70х2-6g	37	110	2	0,3	0,7	1	1,5	2	150	155	5	
4	Нарезать резьбу М200х3-6g	33	98	3	0,3	0,8	1	2	2	245	250	7	
5	Шлифовка опорных шеек	500	1488	0,06	0,03	18,5	1	1	1	1650	1653	4	
6	Подрезать торец в р-р 2920	100	298	0,2	0,25	1,1	1	1	5	60	67	1	
7	Проточить ф115 под резьбу М115	100	298	0,2	0,25	5,2	1	1	5	300	307	10	
8	Нарезать резьбу М115х2-6H	37	110	2	0,3	0,7	1	4	5	150	160	5	
						Суммарно:	375,5	37,0	16,5	16,5	445,5		
											1615,0		

2.3.7 Расчет потребного количества оборудования

2.3.7.1 Определение состава и числа оборудования станочного комплекса ГПС

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

$$K = \frac{C_{ср}}{T_{ср}}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Ив. № подл.	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата	

где  $C_{ср}$  - средняя станкоемкость (показатель затрат времени работы оборудования на производство определенного объема продукции), приходящаяся на каждый станок, мин;

$T_{ср}$  - средний такт выпуска деталей, мин;

$K$  - число станков по виду оборудования.

$$C_{ср} = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i$$

где  $n$  - число типовых деталей;

$C_i$  - станкоемкость, приходящаяся на каждый станок по обработке  $i$ -го представителя типовых деталей, мин.

$$C_i = \sum_{i=1}^p t_{опi}$$

где  $t_{опi}$  - оперативное время по выполнению перехода на рассматриваемом станке, мин;

$p$  - число всех переходов, выполняемых на рассматриваемом станке по обработке деталей.

$$t_{опi} = t_{oi} + t_{M-Bi} + t_{yi}$$

где  $t_{oi}$  - основное время на выполнение перехода, мин;

$t_{M-Bi}$  - машинно-вспомогательное время, связанное с выполнением перехода (ускоренный подвод инструмента, автоматическая смена инструмента и т.д.), мин;

$t_{yi}$  - вспомогательное время на снятие-установку заготовки, мин.

Средний такт выпуска деталей определяется по формуле:

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

где  $\Phi_0$  - годовой фонд времени оборудования, ч ( $\Phi_0 = 1976$  ч при односменном режиме работы оборудования);

Ив. № подл.	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата



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

$N_{год}$  - годовая программа выпуска деталей, шт.

Определим средний такт выпуска деталей:

$$T_{ср} = \frac{60 \cdot 1976 \cdot 0,85}{250} = 403 \text{ мин.}$$

Возьмем значения станкоемкости с проектного технологического процесса нашей детали:

Для токарного станка с ЧПУ:

$$C_1 = 54,58 \text{ мин.}$$

Для фрезерного станка с ЧПУ:

$$C_2 = 63,05 \text{ мин.}$$

Определим среднюю станкоемкость:

$$C_{ср} = \frac{54,58 + 63,05}{5} = 23,5 \text{ мин.}$$

Определим число станков по виду оборудования:

$$K = \frac{23,5}{403} \approx 1$$

Принимаем 2 станка: токарный станок с ЧПУ Torni Tасchi HD/3 525\*5000 90L и фрезерный станок с ЧПУ WELE LB321.

2.3.7.2 Определение структуры и состава автоматизированной транспортно-складской системы ГПС

а) Определение характеристик стеллажа-накопителя

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



в) Расчет числа позиций контроля

Необходимое число позиций контроля в ГПС рассчитывается по формуле:

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

где  $t_{\text{к}}$  - суммарное время контроля одной деталиустановки, мин;

$K_{\text{дет.к}}$  - число деталиустановок, проходящих контроль за месяц, шт.;

$\Phi_{\text{поз}}$  - месячный фонд времени работы позиции контроля, ч.

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

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

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

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

где  $n_1$  - плановое число деталиустановок, через которое деталь выводится на контроль по требованию технолога, шт.;

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

$$t_{\text{к}} = t_{\text{к1}} + t_{\text{к2}} + \dots + t_{\text{ки}}$$

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

$$t_{\text{к}} = 5 + 5 + 30 = 40 \text{ мин.}$$

$$n = \frac{6}{1,15 \cdot 1,05} = 5 \text{ шт.}$$

$$K_{\text{дет.к}} = \frac{630}{5} = 126 \text{ шт.}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Инд. № подл.	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подпись и дата	

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{40 \cdot 126}{305 \cdot 60} = 1$$

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	<p style="text-align: center;">150305.2020.497.00 ПЗ</p>	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						48

### 3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1 Проектирование станочного приспособления

##### 3.1.1 Выбор операции по результатам анализа технологического процесса

Согласно маршрутно-технологическому процессу обработка вала осуществляется на токарном и фрезерном станках с ЧПУ.

На токарном станке используются трехкулачковый патрон и гидравлические самоцентрирующиеся люнеты с приводом.

При обработке на фрезерном станке (фрезерование шпоночных пазов) применяются призмы с механическими прижимами.

В данном случае рассматривая применяемые зажимные приспособления на токарной и фрезерной операции выбираем модернизацию приспособления на фрезерном станке WELLE LB321.

Из операции 045 видно, что обработку шпоночных пазов приходится выполнять за 2 установка, так как пазы на конусной части вала (Разрез Н-Н эскиза) располагаются с поворотом на 90° относительно остальных шпоночных пазов.

В действующем технологическом процессе после выполнения шпоночных пазов на конусной части вала (установ 1 операции 45) необходим проворот вала на 90° с привязкой к плоскости выполненного паза (Разрез Н-Н) с использованием индикатора часового типа. Данный процесс создает дополнительную сложность базирования и требует времени.

В данной работе рассматривается вариант модернизации приспособления путем установки защелки, срабатывающей при провороте вала на угол 90°. Это поможет значительно сэкономить время при базировании.

Материал заготовки – Сталь 30X13 ГОСТ 5949-75. Металлорежущий станок: выбирается в зависимости от схемы установки заготовки. В свою

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист 49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист 49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист 49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист 49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист 49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

очередь схема установки определяется величиной погрешности базирования  $\varepsilon_B$ , которая не должна превышать половины допуска на размер  $11^{+0,2}$ , т.е. величину 0,1 мм. Погрешность базирования рассчитывается по формуле (1):

$$\varepsilon_B = 0,5Td \cdot \left( \frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right) \quad (1)$$

где Td – допуск диаметра, которым вал базируется на призму. После обработки опорных шеек под покрытие допуск на диаметр 189,3 мм составляет Td=0,05 мм.

$\alpha$  – половина рабочего угла призмы. Т.к. рабочий угол стандартной призмы составляет  $90^\circ$ ,  $\alpha=45^\circ$ .

$$\varepsilon_B = 0,5 \cdot 0,05 \cdot \left( \frac{1}{\sin 45^\circ} - 1 \right) = 0,01 \text{ мм,}$$

Видим, что  $\varepsilon_B$  меньше 0,1 мм, значит мы можем применить горизонтальную схему обработки на вертикально-фрезерном станке с поворотной головой.

### 3.1.2 Установочные элементы

Определение базовых поверхностей заготовки для установки и крепления в приспособлении для выбранного перехода. Обоснование количества степеней свободы и вида баз.

Схема базирования цилиндрических заготовок представлена на рисунке 13.

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						50

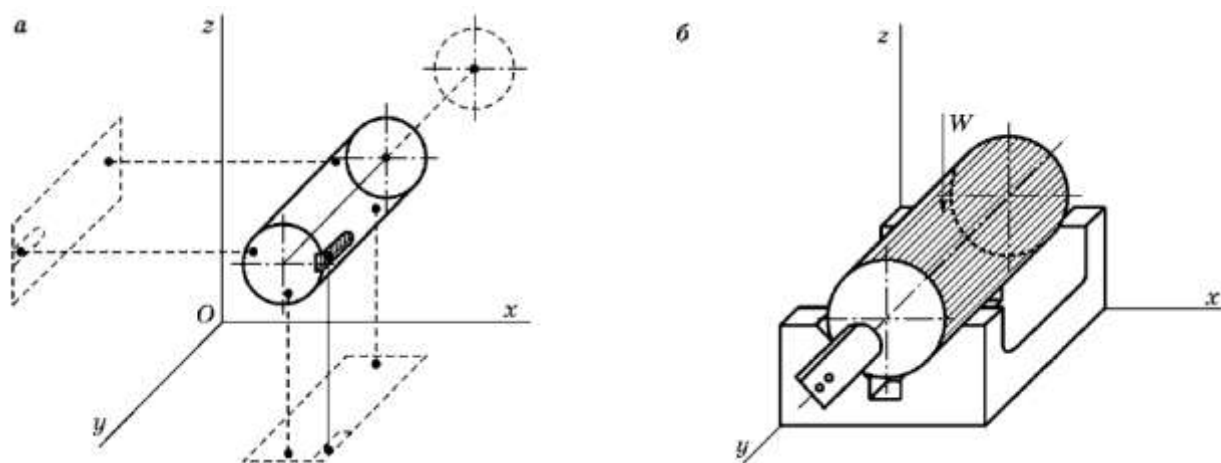


Рисунок 13 – Схема базирования цилиндрических заготовок:

а) положение в системы координат; б) положение в приспособлении.

Четыре двусторонние связи заменяются четырьмя опорными точками, находящимися в контакте с цилиндрической поверхностью, называемой двойной направляющей базой. Торцевая поверхность, на которой располагается пятая опорная точка, называется упорной базой. Шестой степенью свободы пренебрегаем в следствии использования прижимов, обеспечивающих надежное закрепление от проворота.

Устанавливаем вал на призмы по технологической, конструкторской базе –  $\varnothing 189,3_{-0,05}$ . (рисунок 14). Схема сил действующих на деталь представлена на рисунке 15.



Рисунок 14 –Схема базирования детали при фрезеровании  
(Операция 45, установ 2)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Инвар. № подл.	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	

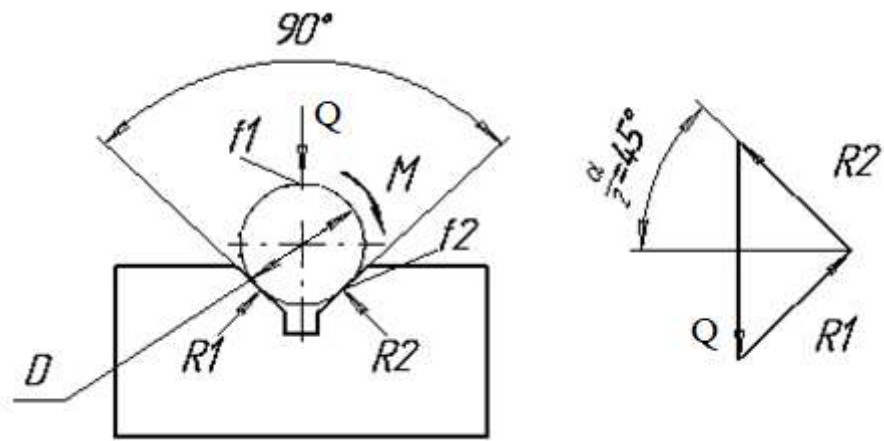


Рисунок 15 – Схема сил действующих на деталь

### 3.1.3 Анализ проектного технологического процесса

Проанализировав, действующий технологический процесс изготовления вала насоса, было решено, что необходимо спроектировать приспособление для обработки пазов на фрезерном станке для ускорения закрепления и повышение точности, однозначности позиционирования детали на столе.

### 3.1.4 Обоснование базирования

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

### 3.1.5 Силовая схема

На рисунке 16 представлена силовая схема, на которой изображены силы, действующие в процессе обработки фрезой.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата						Лист
										52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ					



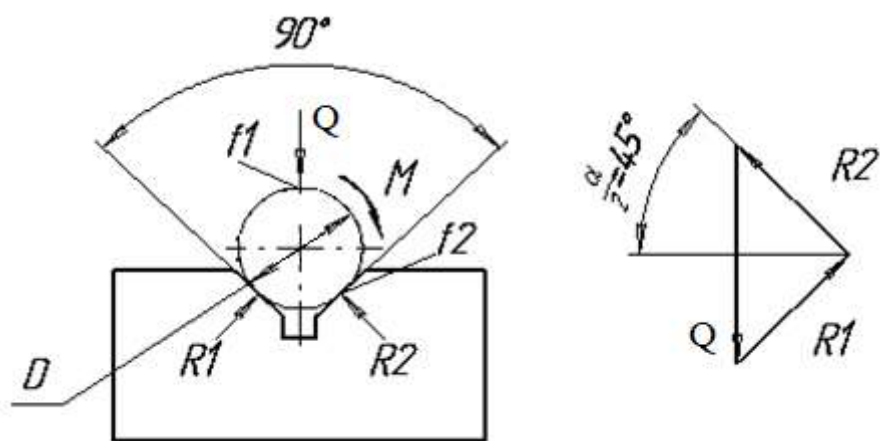


Рисунок 16 – Силовая схема

### 3.1.6 Расчет приспособления на точность

Рассчитывает погрешность приспособления для паза разреза Л-Л, так как он имеет наименьшие размеры и более жесткие допуски.

Допуск на размер шпоночного паза по глубине  $3^{+0.1} \delta = 0,1 \text{ мм}$ ;

по длине  $20 \pm 0.2 \delta = 0,4 \text{ мм}$

Погрешности приспособления определяем по формуле (2):

$$\varepsilon_{np} = K_m \sqrt{(K_{m2} * \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_s^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_u^2 + \varepsilon_n^2 + (K_{m1} * \omega)^2} \quad (0)$$

где  $K_T - 1,2$  коэффициент, учитывающий возможное отступление от нормального распределение отдельных составляющих;

$K_{m2} - 0,8$  коэффициент при  $\varepsilon_{\delta} \neq 0$  коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках;

$K_{m1} - 0,6...0,8$  коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызванной факторами, не зависящими от приспособления;

$\varepsilon_{\delta} -$  погрешность базирования  $\varepsilon_{\delta} = 0,01 \text{ мм}$ ;

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подпись и дата	

$\varepsilon_3$  – погрешность закрепления,  $\varepsilon_3 = 0$  в связи с постоянством силы закрепления заготовки и одинаковым качеством ее базовых поверхностей;

$\varepsilon_y$  – погрешность установки приспособления на столе станка (формула 3):

$$\varepsilon_y = \frac{2 * S * m}{l} \quad (0)$$

где  $S$  – величина зазора между шпонкой и пазом стола станка = 0.05 (мм)

$m$  – длина шпонки  $m = 50$  (мм)

$l$  – расстояние между шпонками приспособления

$l = 250$  мм

$$\varepsilon_y = \frac{2 * 0.05 * 50}{250} = 0.02 \quad (\text{мм})$$

$\varepsilon_u$  – погрешность, износа установочных элементов (формула 4):

$$\varepsilon_u = B_z * N \quad (0)$$

где  $B_z$  – износ, мкм/шт;

$$B_z = 0.0002 \left( \frac{\text{мкм}}{\text{шт}} \right)$$

$N$  – партия детали  $N = 10$  шт.

$$\varepsilon_u = 0.0002 * 100 = 0.02 \quad (\text{мм})$$

$\varepsilon_n$  – погрешность, смещения режущего инструмента  $\varepsilon_n = 0$ ;

$\omega$  – экономическая точность обработки  $\omega = 0,1$  мм.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 10)^2 + 0 + 20^2 + 20^2 + 0 + (0,7 \cdot 100)^2} = 91 \quad (\text{мкм})$$

Сравнивая получившуюся погрешность с допусками паза разреза Л-Л:

Допуск на размер шпоночного паза по глубине  $3^{+0.1} \delta = 0,1$  мм;

по длине  $20 \pm 0.2 \delta = 0,4$  мм

Так как  $91 < 100$  мкм  $91 < 400$  мкм, делаем вывод, что приспособление удовлетворяет точности обработки.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		





На рисунке 18 представлена схема фрезерования шпоночной фрезой.

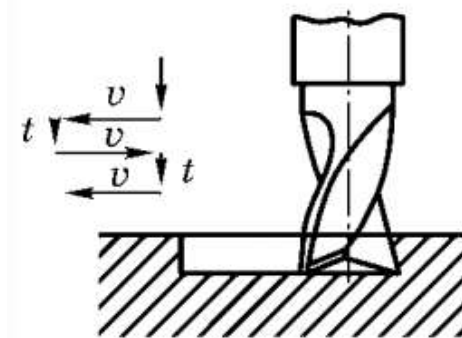


Рисунок 18 – Фреза шпоночная при работе на станке с маятниковой подачей

### 3.1.8 Расчет усилий зажима заготовки

Деталь закрепляется в призмах с углом  $90^\circ$ . Определим необходимое усилие зажима проводя расчет на смещение вдоль оси заготовки и проворот заготовки в призмах под действием сил:

$$P_H = 33,5 \text{ Н};$$

$$P_V = 75,4 \text{ Н}.$$

Проведем расчет необходимого усилия зажима при обработке наибольшего паза разреза М-М.

Сила подачи  $P_H$  стремится сдвинуть заготовку с призм, но этому препятствуют силы трения  $T$  и  $T_1$ , возникающие на зажимаемой шейке вала и на рабочей поверхности призм.

Из уравнения равновесия сил (формула 8.1) определим величину усилия зажима по формуле (8.2):

$$Q \cdot f_1 + Q \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot f_2 = k \cdot P_H, \quad (8.1)$$

$$Q_1 = \frac{k \cdot P_H}{\frac{f_1}{\sin(\alpha/2)} + f_2} \quad (8.2)$$

где  $f_2$  – коэффициент трения  $f_2 = 0,14$ ; тогда  $f_1 = 1,41 \times 0,14 = 0,2$ .

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подпись и дата	



$$Q_2 = \frac{3,06 \cdot 75,4 \cdot 10}{0,2 \cdot 95 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} + 0,14 \cdot 95} = 86,4 \text{ Н.}$$

Из двух значений усилия прижима выбираем для дальнейшего расчёта максимальное:  $Q_1 = 241,2 \text{ Н.}$

Так как в приспособлении применены два прихвата то  $Q = Q_1/2 = 120,6 \text{ Н.}$

Схема фрезерования шпоночного паза концевой фрезой и базирования вала представлены на рисунке 19.

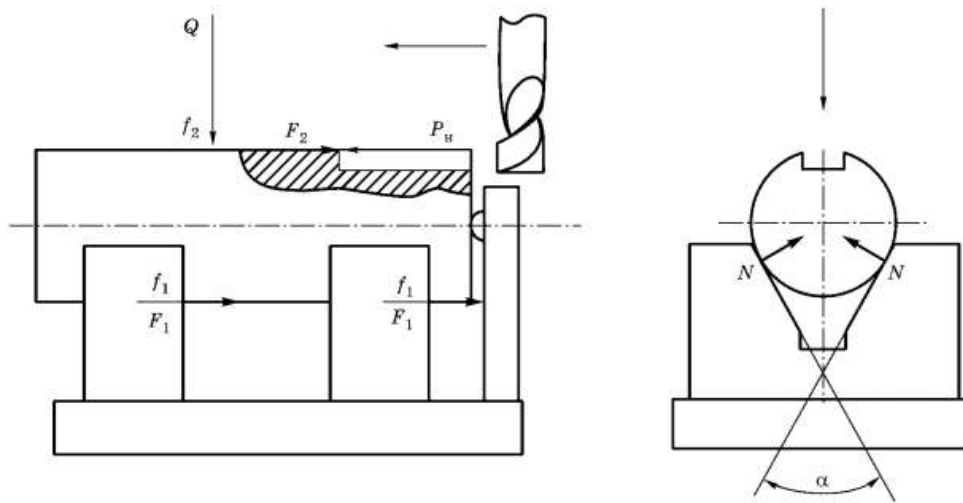


Рисунок 19 – Схема фрезерованию шпоночного паза концевой фрезой

### 3.1.9 Расчет привода. Обоснование вида привода зажимных элементов.

В ряде случаев применяют гидропривод, приводимый в действие от пневмогидроусилителя, что позволяет использовать, с одной стороны, гидропривода для снижения габаритов приспособления, а с другой — положительные свойства сжатого воздуха как энергоносителя, подведенного в настоящее время практически к каждому станку. Применяются для преобразования относительно низкого давления воздуха (~4–5 атм) в высокое давление масла (~50 атм) и для передачи последнего к рабочим гидроцилиндрам, производящим закрепление заготовок.

Поскольку тип производства мелкосерийный, то нужно при проектировании устройств максимально использовать стандартизированные

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подпись и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						59

детали станочных приспособлений, способствует повышению уровня унификации и стандартизации технологической оснастки. В данном случае устройство предполагается полностью изготавливать из стандартизированных элементов, которые входят в комплект УСП-12.

Учитывая рекомендуемые значения преобразования давления воздуха в давление масла 4-5 атм воздуха в 50 атм  $\approx$  5 МПа давления масла

Пневмогидропривод состоит из силового гидравлического цилиндра и пневмогидравлического усилителя давления (Рисунок 20; 21).

Так как выбранный станок оснащен пневматической системой с рабочим давлением 7 бар (0,7 МПа), подбираем стандартный пневмогидравлический усилитель давления CA1 от компании SMC Corporation с отношением давления воздух/жидкость 1:6 (Рисунок 3.1.8). Следовательно к гидроцилиндру поступает жидкость под давлением  $0,7 \cdot 6 = 4,2$  МПа.

Подвод жидкости к силовому гидроцилиндру осуществляется гибкими шлангами. Пневмогидравлический усилитель давления крепится вне подвижного стола фрезерного станка Wele LB321.

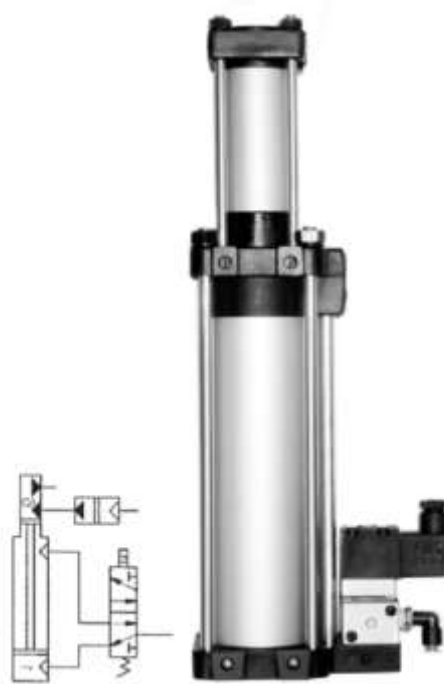


Рисунок 20 – Стандартный пневмогидравлический усилитель давления CA1.

Инт. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						60





$$W = \frac{l_2}{l_1 \cdot \eta} \cdot Q, \quad (9)$$

где  $W$  – исходное усилие

$Q$  – сила зажима, Н;

$l_1; l_2$  – длины плеч ( $l_1; l_2 = 120$  мм);

$\eta$  – КПД ( $\eta = 0,9$ ).

$$W = \frac{120}{120 \cdot 0,9} \cdot 120,6 = 134, H,$$

Из формулы (10) найдем диаметр силового гидроцилиндра:

$$W = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta - q; \quad (10)$$

$$D = \sqrt{\frac{W \cdot 4}{\pi \cdot p \cdot \eta} - q}$$

где  $D$  – диаметр поршня рабочего гидроцилиндра, мм;

$p$  – давление рабочей жидкости, МПа;

$\eta$  – механический КПД гидроцилиндра,  $\eta = 0,9$ ;

$q$  – сила, развиваемая пружиной, Н (определим по формуле 11):

$$q \approx p_1 \cdot \frac{\pi \cdot d \cdot r^2}{4}, \quad (11)$$

где  $p_1 = 0,2$  МПа;

$d$  — диаметр штока рабочего гидроцилиндра ( $d = 20$  мм),

$r$  – радиус проволоки пружины, мм.

$$q = 0,2 \cdot \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 3^2}{4} = 28,3, H,$$

$$D = \sqrt{\frac{134 \cdot 4}{3,14 \cdot 4,2 \cdot 0,9} - 28,3} = 4,1 \text{ мм}$$

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Исходя из полученного значения необходимого диаметра силового гидроцилиндра делаем вывод, что необходимое значение исходного усилия незначительное. Исходя из этого выбираем для проектируемого силового привода гидроцилиндр Ø40, шток Ø20 по ОСТ 2 Г21-4-86, характеризуемый, как гидроцилиндр одностороннего действия с полым штоком на номинальное давление 10 МПа (100 кгс/кв.см) для станочных приспособлений, имеющий запас по номинальному давлению учитывая серийность производства и необходимую универсальность приспособлений. Также габариты данного гидроцилиндра позволят удобно закрепить его на столе приспособления.

По выбранному гидроцилиндру произведем расчет фактического  $W$  по формуле (10).

$$W = \frac{3,14}{4} \cdot 40^2 \cdot 4,2 \cdot 0,9 - 28,3 = 4719, \text{ Н.}$$

Исходя из полученного исходного усилия на штоке силового гидроцилиндра подбираем

Из формулы (12) найдем силу зажима  $Q$ :

$$Q = \frac{W \cdot l_1 \cdot \eta}{l_2}, \quad (12)$$

$$Q = \frac{4719 \cdot 120 \cdot 0,9}{120} = 4247, \text{ Н}$$

Определим передаточное отношение усилия по формуле (13):

$$i = \frac{l_1}{l_2} \cdot \eta, \quad (13)$$

где  $i$  – передаточное отношение.

$$i = \frac{120}{120} \cdot 0,9 = 0,9.$$

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 3.1.10 Расчет на прочность

Наиболее нагруженной деталью приспособления является шпилька поз. 19, поскольку он испытывает деформацию растяжения.

Исходя из условий прочности, нажимной винт должен удовлетворять условию (формула 14):

$$d_{\text{шпильки}} \geq c \sqrt{\frac{Q}{[\sigma]}} = 1,4 \sqrt{\frac{4247}{100}} = 9,12, \text{ мм}, \quad (14)$$

где  $[\sigma] = 100 \dots 120$  МПа для шпилек, изготовленных из стали 45 ГОСТ 1050-88

$c = 1,4$  коэффициент запаса для основной метрической резьбы.

$9,12 \text{ мм} < 12 \text{ мм}$  – условие выполняется.

На рисунке 23 представлен общий вид разработанного станочного приспособления для закрепления вала насоса на фрезерной операции.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

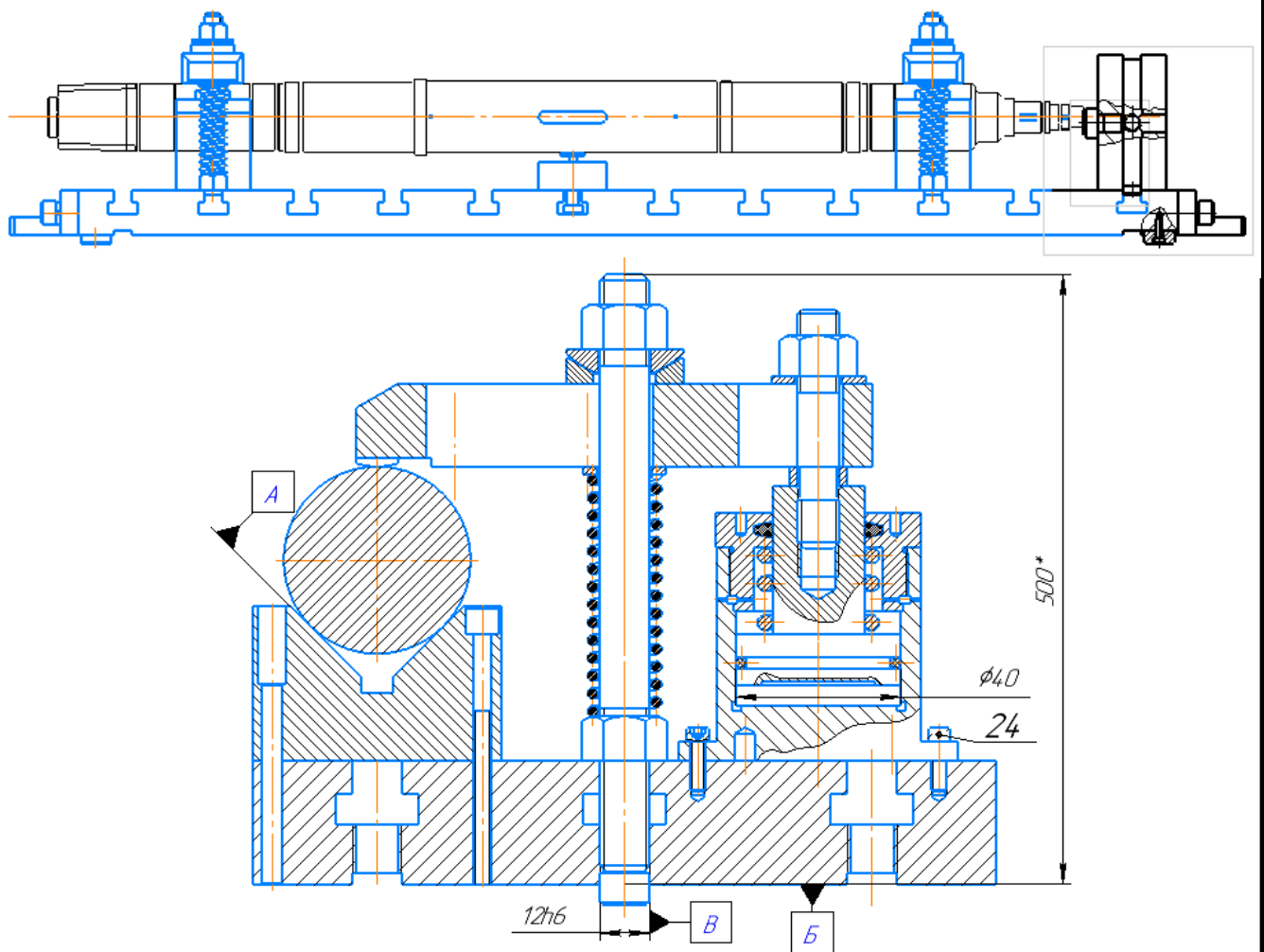


Рисунок 23 – Приспособление для закрепления вала насоса на фрезерной операции

### 3.2 Проектирование режущего инструмента

Также представим схему (рисунок 24) с обозначением всех обрабатываемых поверхностей детали, рассматриваемой в качестве объекта исследования данной курсовой работы.

Ив. № подл.	Подпись и дата	Ив. № дубл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист	65
-------------	----------------	-------------	----------------	--------------	-------------	------	------	----------	---------	------	-----------------------	------	----

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

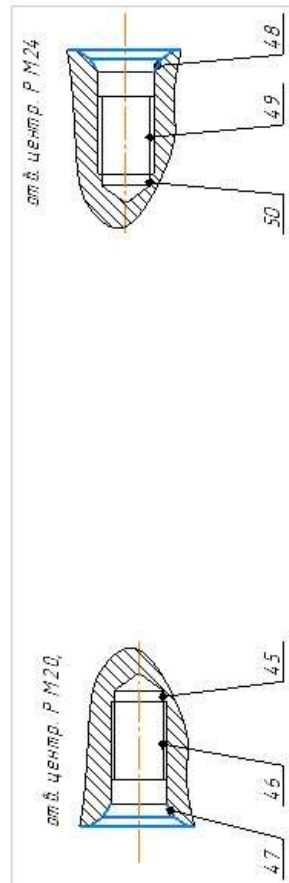
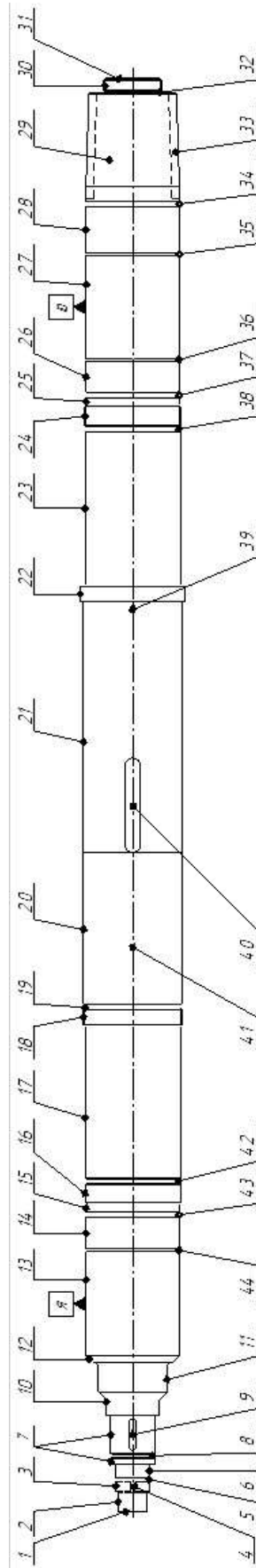


Рисунок 24 – Схема обрабатываемых поверхностей

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Проведем краткий анализ обработки поверхностей и сведем упорядоченные результаты в таблицу 11.

Таблица 11 – Анализ обработки поверхностей

№ пов-ти	Конфигурация	операция	Инструмент*	требуемая шероховатость	
1	Торцовая поверхность	065 Токарная с ЧПУ	1	$\sqrt{Ra 3,2}$	
2	Цилиндрические поверхности		3; 5	$\sqrt{Ra 1,6}$	
3	Резьба		6	$\sqrt{Ra 1,6}$	
4	Паз	045 Фрезерная с ЧПУ	9	$\sqrt{Ra 3,2}$	
5	Канавка	065 Токарная с ЧПУ	4	$\sqrt{Ra 1,6}$	
6	Цилиндрические поверхности		3; 5	$\sqrt{Ra 1,6}$	
7			3; 5	$\sqrt{Ra 3,2}$	
8	Канавка		4	$\sqrt{Ra 3,2}$	
9	Паз	045 Фрезерная с ЧПУ	9	$\sqrt{Ra 3,2}$	
10	Цилиндрические поверхности	065 Токарная с ЧПУ	3; 5	$\sqrt{Ra 3,2}$	
11			3; 5	$\sqrt{Ra 1,6}$	
12			3; 5	$\sqrt{Ra 3,2}$	
13			3; 5; 11	$\sqrt{Ra 0,4}$	
14			3; 5	$\sqrt{Ra 1,6}$	
15			3; 5	$\sqrt{Ra 3,2}$	
16			3; 5	$\sqrt{Ra 3,2}$	
17			3; 5	$\sqrt{Ra 1,6}$	
18			Резьба	6	$\sqrt{Ra 3,2}$
19			Канавка	4	$\sqrt{Ra 3,2}$
20			Цилиндрические поверхности	3; 5	$\sqrt{Ra 0,8}$
21				3; 5	$\sqrt{Ra 0,8}$
22				3; 5	$\sqrt{Ra 3,2}$
23				3; 5	$\sqrt{Ra 3,2}$
24				3; 5	$\sqrt{Ra 3,2}$
25				3; 5	$\sqrt{Ra 3,2}$
26				3; 5	$\sqrt{Ra 1,6}$
27	3; 5; 11	$\sqrt{Ra 0,4}$			
28	3; 5	$\sqrt{Ra 3,2}$			

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Ив. № подл.	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	

Продолжение таблицы 11

29			3; 5	$\sqrt{Ra 1,6}$
30	Резьба	065 Токарная с ЧПУ	7	$\sqrt{Ra 3,2}$
31	Торцовая поверхность		1	$\sqrt{Ra 3,2}$
32	Канавка		5	$\sqrt{Ra 3,2}$
33	Паз	045 Фрезерная с ЧПУ	8	$\sqrt{Ra 3,2}$
34	Канавка	065 Токарная с ЧПУ	4	$\sqrt{Ra 3,2}$
35			4	$\sqrt{Ra 3,2}$
36			4	$\sqrt{Ra 3,2}$
37			4	$\sqrt{Ra 3,2}$
38			4	$\sqrt{Ra 3,2}$
39	Паз	045 Фрезерная с ЧПУ	10	$\sqrt{Ra 3,2}$
40			8	$\sqrt{Ra 3,2}$
41			10	$\sqrt{Ra 3,2}$
42	Канавка	040 Токарная с ЧПУ	4	$\sqrt{Ra 3,2}$
43			4	$\sqrt{Ra 3,2}$
44			4	$\sqrt{Ra 3,2}$
45			2	$\sqrt{Ra 3,2}$
46	Резьба		12	$\sqrt{Ra 3,2}$
47	Расточка	040 Токарная с ЧПУ	5	$\sqrt{Ra 3,2}$
48	Расточка	040 Токарная с ЧПУ		$\sqrt{Ra 3,2}$
49	Резьба	040 Токарная с ЧПУ		$\sqrt{Ra 3,2}$
50	Отверстие	040 Токарная с ЧПУ		$\sqrt{Ra 3,2}$

\* - инструмент, выбранный в пунктах 1.2 – 1.5.

Применяемый инструмент (п. 1.2-1.5):

- 1) Резец токарный TaeguTec PCLNR 3232 P16 с пластиной CNMG 160612 MT TT3185 (торцевка, черновая м/о);
- 2) Сверло Ø 21 мм по ГОСТ 22735-77; предварительно  
Сверло Ø 17,5 мм по ГОСТ 22735-77.
- 3) Резец токарный TaeguTec PDJNR 3232 P15 с пластиной DNMG 150608 FG TT8125 (проходной п/чистовой);

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



4) Резец токарный TaeguTec TTER 2525-3T25 с пластиной TDC4 TT9080 (канавочный);

5) Резец токарный TaeguTec MVJNR 3232 P16 с пластиной 160404 FC TT8125 (проходной, чистовой);

6) Резец токарный резьбовой VARGUS AL32-3 с пластиной 3ER G60 (резьба метрическая, правая);

7) Специальный инструмент – резьбовой резец с СМП (пов-ть 30) (M115\*2LH-g6);

8) Фреза концевая Mitsubishi VFMHVRB D1600R100;

9) Фреза концевая Mitsubishi VFMHVRB D0600R0050;

10) Фреза концевая Mitsubishi VFSDRB D0400R0030;

11) Шлифовальный алмазный круг по ГОСТ 16167-90 (ИСО 6168-80), обозначение 2720-0149, форма 1A1.

12) Мечик M20, M24 по ГОСТ 3266-81

13) Расточной токарный резец с СМП TaeguTec A16S SDQNL 11 с пластиной DNMG 110408 FC TT8125.

### 3.2.1 Выбор токарного инструмента

1) Рассмотрим операции «040 Токарная с ЧПУ».

Для образования поверхности 1 при подрезке торца выбираем резец токарный с СМП TaeguTec PCLNR 3232 P16 с пластиной CNMG 160612 MT TT3185.

2) Для образования поверхности 47; 48 проводим обработку расточным резцом с СМП.

3) Выполняем получистовую обработку резцом токарным с СМП TaeguTec PDJNR 3232 P15 с пластиной DNMG 150608 FG TT8125 поверхностей 2, 3, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 оставляя припуск 0,4 мм.

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

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

4) Операция «065 Токарная с ЧПУ» формирует поверхности №2, 3, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 32 резцом токарным TaeguTec MVJNR 3232 P16 с пластиной 160404 FC TT8125. Так как данным резцом обрабатываем большую часть поверхностей с наибольшей точностью, резец считается основным.

Покажем на примере данного резца методику выбора всего токарного и фрезерного инструмента.

а) Определение вида, формы обрабатываемой поверхности, требований по точности и шероховатости

Исходя из эскиза вала видно, что в большинстве обрабатываемые поверхности являются цилиндрическими с шероховатостью Ra 0,4-1,6 мкм. Точность обработки 6-7 квалитет.

б) Определение типа выполняемой операции – чистовое точение;

в) Определение условий обработки: – чистовое непрерывное резание;

г) Определение группы резания (группы применимости): нержавеющая сталь (M);

д) Выбор системы крепления пластины: система D (см. рисунок ). Система D используется для обработки детали по контуру, когда условия резания меняются в широких пределах от продольного точения к торцевому.

е) Выбор типоразмера державки и формы пластины.

Для чистовой обработки выбираем державку с кодом формы V для большего количества режущих кромок.

ж) Выбор геометрии пластины и марки материала режущих пластин.

– Выбор заднего угла СМП

Выбираем пластину типа А (рисунок 25), так как данные пластины хорошо подходят для обработка материалов высокой твердости и прочности (группы M, S, H), так как заготовка вала обладает пределом прочности свыше 750 МПа.

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подпись и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						70

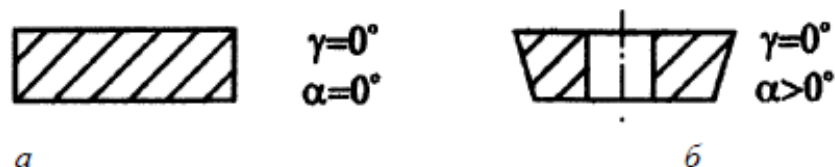


Рисунок 25 – пластина типов А и Б.

Определение формы передней поверхности (таблица 12)

Таблица 12 – Формы передней поверхности

Обозначение передней поверхности	Диапазон глубин $t$ , мм	Диапазон передач $S$ , мм/об
Геометрия F (чистовой стружколом)	0.5-2.0	0.1-0.3
Геометрия M(получистовой стружколом)	1.5-5.0	0.2-0.5
Геометрия R (черновой стружколом)	5-15	0.5-1.5

Исходя из наших условий обработки выбираем геометрию F для чистовой обработки.

– Выбор марки сплава СМП осуществляется по диаграммам соответствия марки обрабатываемого материала и марки материала режущих пластин. В нашем случае выбираем материал пластины TT8125 (твердосплавный сплав с покрытием), идеально подходящий для чистовой обработки стали.

– Выбор радиуса при вершине

При окончательной обработке выбор радиуса при вершине пластины зависит от требуемой шероховатости поверхности. Так как требование шероховатости до

$R_a = 0,4$  мкм выбираем радиус 0,4 мм, который обеспечит прочность кромки.

В результате анализа выбран токарный резец TaeguTec MVJNR 3232 P16 с пластиной VNMG 160404 FC TT8125 (Таблица 13).

Таблица 13 – расшифровка маркировки державки TaeguTec MVJNR 3232 P16

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Обозначение	M	V	J	N	R	32	32	P	16

1) Система крепления – M – мультисжим;

2) Форма пластины – V – ромб 35°;

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
											71

- 3) Угол в плане – J – 93°;
- 4) Задний угол – N – 0°;
- 5) Захват инструмента – R – правый;
- 6) Высота хвостовика – 32 мм;
- 7) Ширина хвостовика – 32 мм;
- 8) Длина инструмента – P – 170 мм;
- 9) Длина режущей кромки – 16 мм.

Расшифровка маркировки пластины представлена в таблица 14, рисунок 26, 27, 27.1; 28.

Таблица 14– расшифровка маркировки пластины TaeguTec VNMG 160404 FC TT8125

№	1	2	3	4	5	6	7	8
Обозначение	V	N	M	G	16	04	04	FC

- 1) Форма пластины – V – ромб 35°;
- 2) Задний угол – N – 0°;
- 3) Допуск M  
 $m = \pm 0.08 \sim \pm 0.18$  ;  $t = \pm 0.13$  ;  $d = \pm 0.05 \sim \pm 0.13$

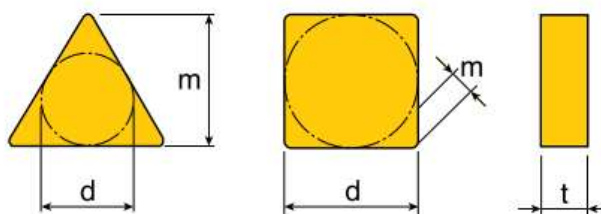


Рисунок 26 – Допуски пластины

- 4) Тип G

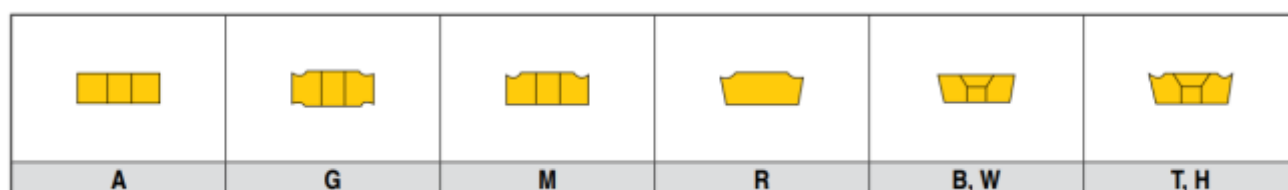


Рисунок 27 – Типы пластин

- 5) Длина режущей кромки 16 – 9,52 мм;

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ
------	------	----------	---------	------	-----------------------

6) Толщина 04 – 4,76 мм



Рисунок 27.1 – Толщина пластины

7) Радиус закругления 04 – 0,4 мм;

8) Стружколом – FC (рисунок 1.11)

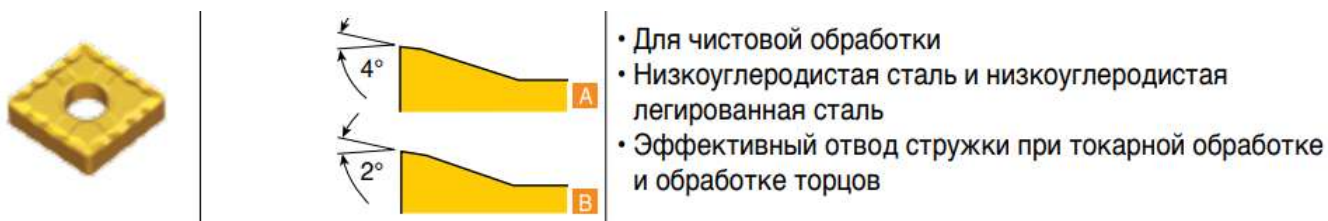


Рисунок 28 – Стружколом типа FC

Ниже представлена выбранная державка TaeguTec MVJNR 3232 P16 с пластиной VNMG 160404 FC TT8125 (Рисунок 29; 30, таблица 15)

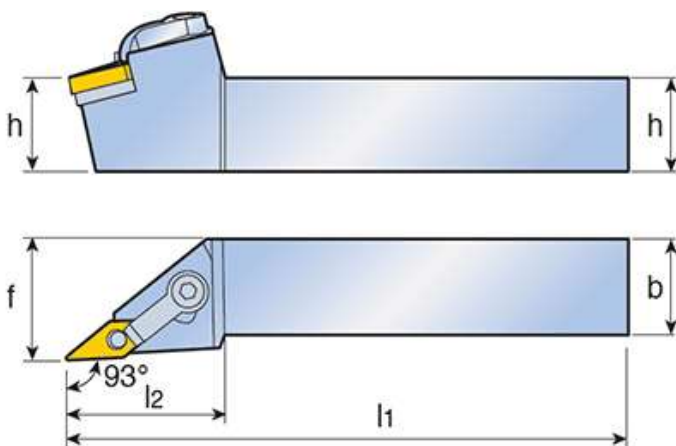


Рисунок 29 – Державка TaeguTec MVJNR 3232 P16

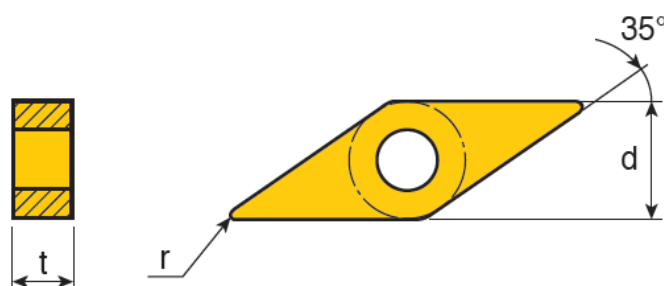


Рисунок 30 – Пластина VNMG 160404 FC TT8125

Таблица 15 – Державка TaeguTec MVJNR 3232 P16 с пластиной

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Интв. № подл.	Взам. инв. №	Интв. № дубл.	Подпись и дата	

Наименование	h1	h	b	l1	l2	f	d	t	r
ТаeguTec MVJNR 3232 P16 с пластиной VNMG 160404 FC TT8125	32.0	32.0	32.0	170.0	42.0	40.0	9.52	4.76	0.40

5) Поверхности №5, 8, 19, 34, 35, 36, 37, 38, 42, 43, 44 формируем канавочным токарным резцом ТаeguTec TTER 3232-4T25 с пластиной TDC4

### 3.2.2 Выбор фрезерного инструмента

Операция «045 Фрезерная с ЧПУ» формирует поверхности 4, 9 10; 40 (2 шт) и 33 (2 шт). Для их обработки используем следующие фрезы и пластина .

### 3.2.3 Выбор режущего инструмента для обработки отверстий

Предварительное сверление для последующих расточных операций и нарезки резьбы, образуя поверхность 45,50 с помощью сверла Ø 21; 17,5 мм по ГОСТ 22735-77.

### 3.2.4 Выбор режущего инструмента для нарезания резьбы

1) Для образования поверхности 46; 49 (резьба метрическая M24, M20) используем мечики по ГОСТ 3266-81.

2) Поверхности №3, 18 формируем токарным резьбовым резцом VARGUS AL32-3 с пластиной 3ER G60 .

### 3.2.5 Шлифовальный инструмент

Поверхность 13, 27 обрабатываем шлифовальным алмазным кругом по ГОСТ 16167-90 (ИСО 6168-80).

### 3.2.6 Выбор инструментальной оснастки

Сведем в таблицу 16 данные о применяемом режущем инструменте и оборудовании, применяемом в техпроцессе для выбора инструментальной оснастки.

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						74

Таблица 16 – Сводная таблица

Используемый инструмент	Сечение, мм	Станок	Операции
1) Резец токарный TaeguTec PCLNR 3232 P16 с пластиной CNMG 160612 MT TT3185 (торцевка, черновая м/о);	32×32	Torni HD/3 90L Tacchi 525*5000	030
2) Сверло ГОСТ 22735-77	Ø 17,5/21		040
3) Резец токарный TaeguTec PDJNR 3232 P15 с пластиной DNMG 150608 FG TT8125 (проходной п/чистовой);	32×32		
4) Резец токарный TaeguTec TTER 3232-4T25 с пластиной TDC4 TT9080 (канавочный);	32×32		
5) Резец токарный TaeguTec MVJNR 3232 P16 с пластиной 160404 FC TT8125 (проходной для труднодоступных мест);	32×32		
6) Резец токарный резьбовой VARGUS AL32-3 с пластиной 3ER G60 (резьба метрическая, правая);	32×32		
7) Специальный инструмент – резьбовой резец с СМП для поверхности 30 (M115*2LH-gб);	32×32		
8) Фреза концевая Mitsubishi VFMHVRB D1600R100;	Ø 16	WELE LB321	045
9) Фреза концевая Mitsubishi VFMHVRB D0600R050;	Ø 6		
10) Фреза концевая Mitsubishi VFMHVRB D0400R030;	Ø 6		
11) Шлифовальный алмазный круг по ГОСТ 16167-90 (ИСО 6168-80), обозначение 2720-0149, форма 1A1.	Ø127/350	Torni HD/3 90L Tacchi 525*5000	065
12) Мечик 2621-1729 по ГОСТ 2621-1729	Ø 20		
13) Мечик 2621-1741 по ГОСТ 2621-1729	Ø 24		
14) Расточной токарный резец с СМП TaeguTec A16S SDQNL 11 с пластиной DNMG 110408 FC TT8125	Ø16		

Процесс токарной обработки детали «Вал насоса» происходит на токарном станке с ЧПУ Torni Tacchi HD/3 525\*5000 90L. При работе на этом станке при выполнении токарных операций в качестве инструментальной оснастки используется револьверные головки фирмы Tacchi с 6-и позиционным инструментальным диском, а так же резцедержатели неподвижных

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150305.2020.497.00 ПЗ

Лист

75

инструментов, применяемых для наружной обработки, нарезания резьбы и сверления отверстий.

Достоинства: быстрое переключение позиций инструментов, высокая надежность крепления инструмента, возможность использовать многие комбинации инструментов и державок.

Резцы токарные с сечением 32x32 крепятся помощью резцедержателя типа В1 (рисунок 31).

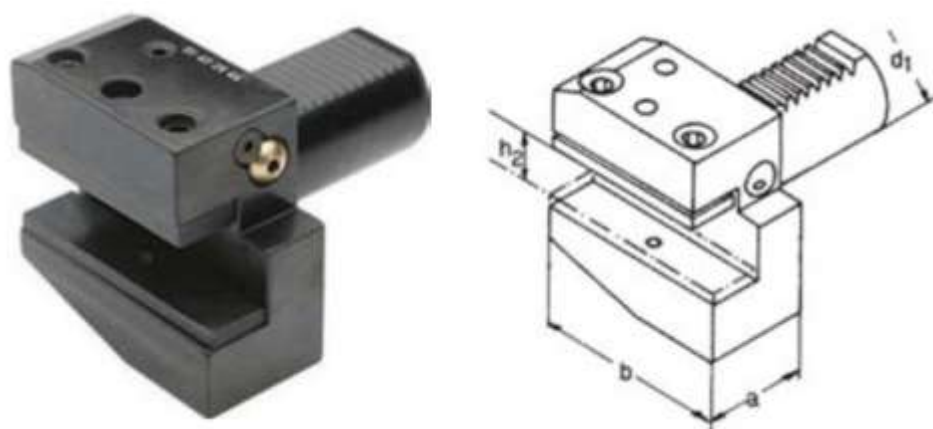


Рисунок 31– Резцедержатель типа В1

2) Для закрепления сверл в револьверной головке станка и в инструментальном шпинделе используется цанговый патрон VDI E4-60-ER50 (рисунок 32).

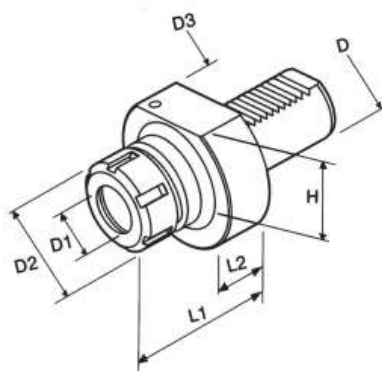


Рисунок 32 – Цанговый патрон VDI E4-60-ER50

3) Для закрепления резца TaeguTec A16S SDQNL 11 в револьверной голове используется держатель расточных резцов форма E2-60x16 (рисунок 33).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Инва. № подл.	Взам. инв. №	Инва. № дубл.	Подпись и дата	



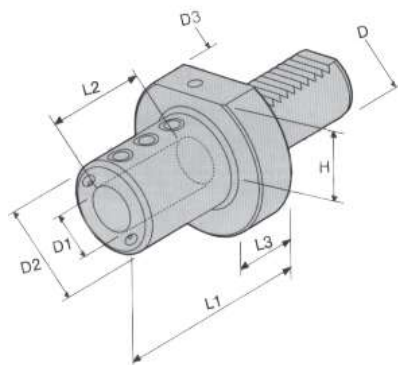


Рисунок 33 – Расточная оправка типа E2-60x16

4) Фреза F4138.W32.032.Z02.43 закрепляется с помощью высокопроизводительного фрезерного цангового патрона системы SMC (рисунок 34).



Рисунок 34– Фрезерный цанговый патрон

Револьверная голова позволяет разместить весь инструмент с применением наименьшего количества оснастки и переходников, что обеспечивает наименьший люфт, экономит время на подготовку и обеспечивает высокую точность изготовления.

Применяется оснастка зарубежного производства ведущих мировых представителей, что обеспечивает качество и надежность проверенную временем.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Инва. № подл.	Взам. инв. №	Инва. № дубл.	Подпись и дата	

### 3.2.7 Расчет и проектирование резьбового резца для M115\*2 LH-g6

Так как весь используемый инструмент импортного производства, спроектируем и рассчитаем специальный резец, не уступающий импортному, но с применением стандартных государственных материалов.

Курс на импортозамещение декларируется в России с 2014 года и мы должны быть готовы обеспечить производство современным инструментом без потери в производительности.

Для обработки поверхности № 30 (рисунок 35, M115\*2LH-g6) рассчитаем и спроектируем специальный режущий инструмент – резьбовой токарный резец с СМП. Происходит чистовая обработка (непрерывистое резание) стали 30X13.

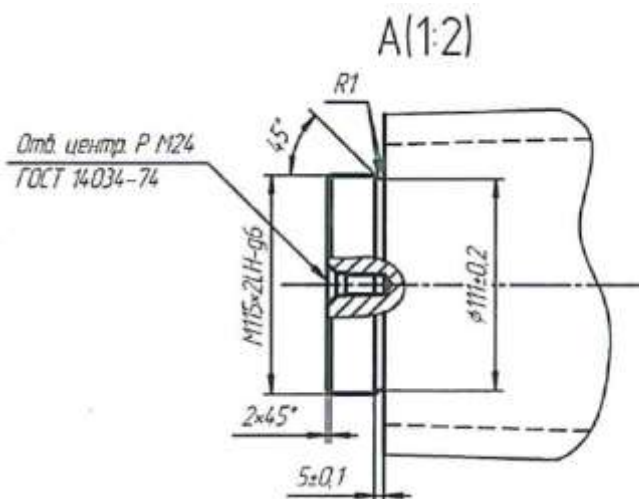


Рисунок 35 – Резьба M115\*2LH-g6

#### 1) Выбор типа конструкции

За основу берем резьбовую державку по ГОСТ 18885-73, дополняя многогранной резьбовой пластиной.

Конструкция резца будет сборная, так как в таких резцах используют сменные многогранные пластины (СМП), которые закрепляются в головке инструмента винтовыми механизмами и удерживаются в гнезде державки силами трения. При износе одной вершины крепление ослабляют и, поворачивая пластину, вводят в работу следующую вершину. После износа всех вершин

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						78

пластину заменяют новой. Такой способ соединения рабочей части резца с державкой ликвидирует затраты на переточку, сокращает время на замену затупившегося резца, позволяет работать в прямом и перевернутом положении пластины. Отсутствие пайки для присоединения пластины к корпусу снижает в ней трещинообразование и другие дефекты, что увеличивает стойкость резца в 1,2-1,3 раза.

## 2) Выбор материала режущей части

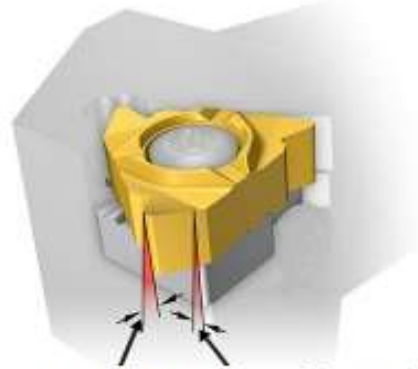
Исходя из исходных данных материал режущей части Т5К10. Он относится к твердым сплавам, которые состоят из зерен карбидов вольфрама, титана и тантала, сцементированных кобальтом, который придает сплавам определенную прочность и вязкость. ТС позволяют работать со скоростями свыше 100 м/мин, что и необходимо при чистовой обработке. Группы применения Р – для материалов, резание которых сопровождается образованием сливной стружки большинства низко- и среднелегированных сталей, стального литья, незакаленных инструментальных сталей и стальных отливок.

## 3) Назначение геометрических параметров резца

а) Значение переднего угла при наружной обработке выбираем зависимости от физико-механических свойств обрабатываемого материала и материала рабочей части. Для резца с механическим креплением твердосплавной пластины при обработке стали с пределом прочности 800-1100 МПа оптимален передний угол  $\gamma = 10^\circ$ .

б) Задний угол – Угловой зазор между пластиной и резьбой необходим для точного точения резьбы. Существуют два типа задних углов: радиальный задний угол (ALP) и боковой задний угол (ALF). Задний угол выбирается в пределах от 1 до 2 градусов, большие величины этого угла ведут к ослаблению режущих кромок и так как обрабатываемый материал имеет относительно высокую прочность, принимаем  $\alpha = 2^\circ$  (рисунок 36).

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	150305.2020.497.00 ПЗ					Лист
										79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

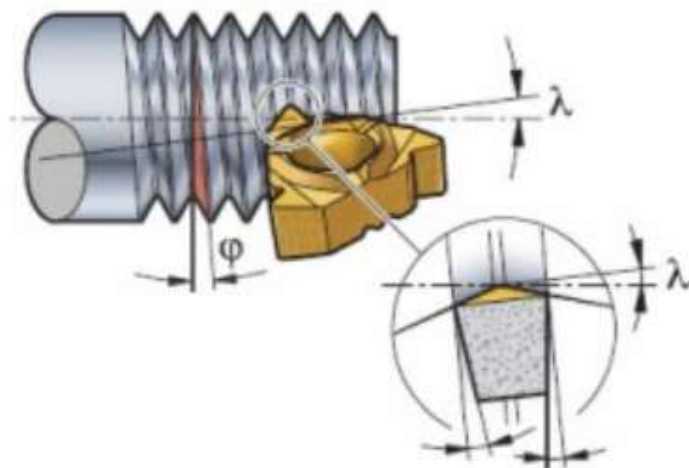


Радиальный задний угол Боковой задний угол

Рисунок 36 – Задние углы пластины

в) Боковой задний угол

При нарезании резьбы очень важно обеспечить максимально возможный зазор между боковыми поверхностями пластины и боковыми поверхностями профиля резьбы, чтобы обеспечить равномерный износ пластин и высокое качество получаемой резьбы. В связи с этим пластина должна располагаться под наклоном для получения максимального симметричного зазора между боковыми сторонами режущей кромки и резьбы (заднего угла) и корректного профиля резьбы. Угол наклона пластины должен быть равен углу подъема резьбы (рисунок 37).



Боковой задний угол

Рисунок 37 – Боковой задний угол

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

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

г) Радиальный задний угол

Для обеспечения требуемого значения радиального заднего угла режущую пластину наклоняют на угол  $10^\circ$  или  $15^\circ$ . Важно использовать пластины для обработки наружной резьбы с державками для наружной обработки, и наоборот, для достижения правильного профиля резьбы.

4) Выбор опорной пластины

Опорные пластины используются для обеспечения требуемого наклона режущей пластины, так чтобы угол её наклона ( $\lambda$ ) совпадал с углом подъёма резьбы. На рисунке 38; 39 ниже указаны способы выбора подходящей опорной пластины.

— Стандартная опорная пластина имеет угол наклона  $1^\circ$ , который является самым распространённым;

— При точении левой резьбы правосторонними инструментами и наоборот используются опорные пластины с отрицательным углом наклона.

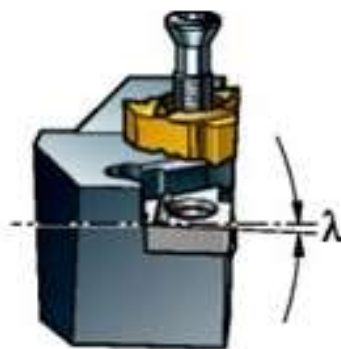


Рисунок 38 – Выбор опорной пластины

Ив. № подл.	Подпись и дата	Ив. № дубл.	Подпись и дата
Взам. инв. №			

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

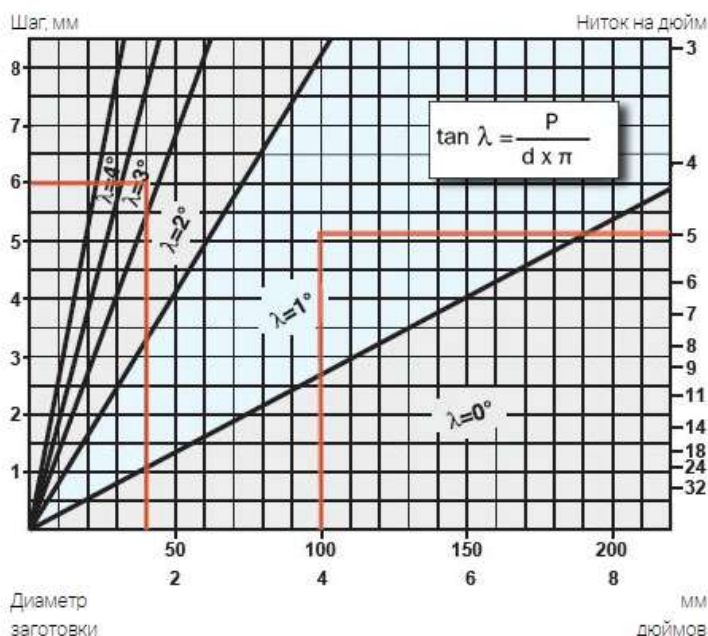


Рисунок 39 – Графический способ выбора подходящей опорной пластины  
 Так как шаг резьбы = 3 мм и заготовка = Ø 115 мм: необходима опорная пластина с углом 1°

5) Угол в плане  $\varphi$  и вспомогательный угол в плане  $\varphi_1$  составляют 60° каждый.

Занесём выбранные данные в таблицу 17 и спроектируем форму передней поверхности резца (Рисунок 40)

Таблица 17 – Выбранные параметры токарного резца.

H, мм	B, мм	L, мм	$\varphi, ^\circ$	$\varphi_1, ^\circ$	$\lambda, ^\circ$	$r^*, \text{мм}$	m, мм	$\gamma, ^\circ$	$\alpha, ^\circ$
32	20	170	60	60	1	0,4	5	10	6

\* – определяется в зависимости от шага резьбы

( $r_{\text{наиб.}} = 0,144S = 0,144 \cdot 3 = 0,4 \text{ мм}$ )

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

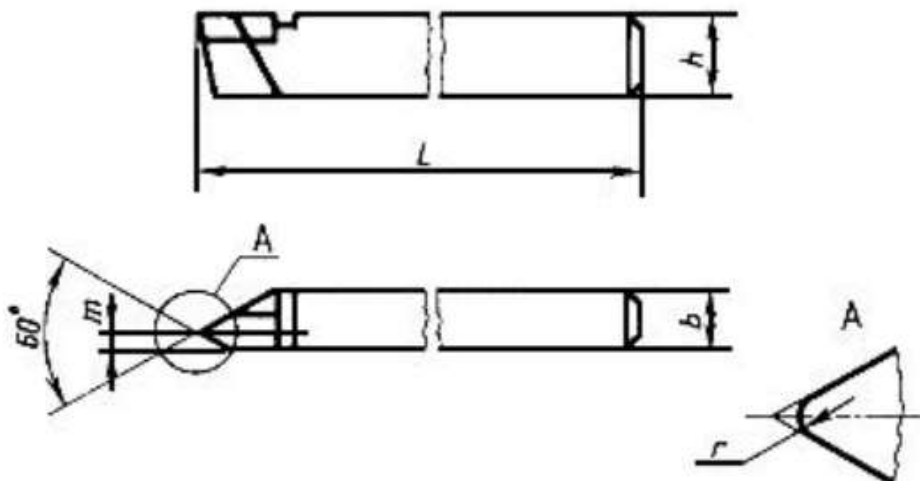


Рисунок 40– Резьбовой резец по ГОСТ 18885-73

б) Определение конструктивных параметров резца

Вид закрепления пластины – L-образное (рисунок 41).



Рисунок 41 – L-образное крепление пластины

7) Определение режимов резания

1. Глубина резания  $t = 0,125$  мм
2. Подача  $S = 2$  мм/об (согласно шага резьбы).
3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \pi \cdot D \cdot n \cdot 10^{-3} \frac{\text{М}}{\text{МИН}};$$

где:  $D=115$  мм – диаметр резания;

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ
------	------	----------	---------	------	-----------------------

Лист	83
------	----

$n=166 \text{ мин}^{-1}$  – частота вращения.

$$V = \pi \cdot 115 \cdot 166 \cdot 10^{-3} = 60 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

### 8) Расчет силы резания

Сила резания рассчитывается по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_{P_z} \cdot t^{X_{P_z}} \cdot S^{Y_{P_z}} \cdot V^{n_{P_z}} \cdot K_{P_z} \text{ Н};$$

Для нарезания резьбы:  $C_P, X_P, Y_P, n_P$  [4, таб.22, с. 273]:

Для заданных условий обработки  $C_{P_z} = 148, X_{P_z} = 1, Y_{P_z} = 1,7, n_{P_z} = 0,71$ .

Находим поправочные коэффициенты:

$$K_P = K_{M_P} \cdot K_{\varphi_P} \cdot K_{\gamma_P} \cdot K_{\lambda_P} \cdot K_{r_P},$$

где  $K_{M_P}$  – поправочный коэффициент в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала:

$$K_{M_P} = \left(\frac{\sigma_6}{75}\right)^{0,35} = \left(\frac{75}{75}\right)^{0,35} = 1;$$

где  $K_{\varphi_P}$  – поправочный коэффициент на  $P_z$  в зависимости от главного угла в плане.  $K_{\varphi_P} = 0,94$ ;

$K_{\gamma_P}$  – поправочный коэффициент в зависимости от переднего угла. При  $K_{\gamma_P} = 1$ ;

$K_{\lambda_P}$  – поправочный коэффициент в зависимости от угла наклона главного лезвия  $\lambda$  ( $K_{\lambda_P} = 1$ );

$K_{r_P}$  – поправочный коэффициент в зависимости от радиуса при вершине лезвия резца. При  $r = 1 \text{ мм}$ ,  $K_{r_P} = 0,87$

$$K_{P_z} = 1 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,82;$$

$$P_z = 10 \cdot 148 \cdot 0,125^1 \cdot 2^{1,7} \cdot 60^{0,71} \cdot 0,82 = 9\,020 \text{ Н}.$$

### 9) Расчет державки на изгиб

Расчет державки на изгиб выполняется исходя из условия:

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						84
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



$$\sigma = \frac{P_z \cdot 6L}{B \cdot H^2} \leq [\sigma];$$

где L=30 мм – вылет державки резца, B=20; H=32 мм – сечение державки резца,  $[\sigma] = 200$  Мпа – допустимое напряжение на изгиб для стали 45.

$$\sigma = \frac{9\,020 \cdot 0,040}{0,020 \cdot 0,032^3} = 104 \leq 200;$$

Условие выполняется.

### 3.3 Описание работы контрольного приспособления

Контрольная операция детали «Вал насоса» объемная с большим количеством измерительного инструмента высокой точности.

Так как «Вал насоса» работает в машине с большими оборотами, очень важно выполнение допусков формы и расположения шеек вала, особенно играет роль биение центральной шейки (посадка рабочего колеса), опорных шеек (базовые поверхности, работают в подшипниках). Отклонения данных параметров приводят к вибрации насоса при работе и существенно влияют на сохранность подшипников и агрегата в целом.

Исходя из этого правильный контроль допусков формы и расположения становится исключительно важным этапом, на котором оснастка и мерительный инструмент должны соответствовать всем требованиям. Для этого проектируем приспособление, максимально приближенно имитирующую работу вала в насосе.

Контроль биения валов маленьких размеров проводят в призмах, что неудобно и трудоемко для крупногабаритных тяжелых валов, как в нашем случае. По этой причине вместо призм в спроектированном приспособлении используем ролики, которые позволяют свободно вращать вал, при этом обеспечивая заданную точность контроля. Опоры приспособления (ролики) расположены под опорными шейками вала (конструкторские базы). Контроль осуществляется с помощью индикатора часового типа (рисунок 42) и стойкой

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						85
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

для крепления, которую перемещают по направляющим вдоль вала. Стойка обеспечивает правильное вертикальное положение индикатора над валом, что обеспечивает заданную точность контроля.

Чертеж контрольного приспособления представлен в графической части. Главный вид и вид слева представлены на рисунке 43.



Рисунок 42 – Индикатор часового типа

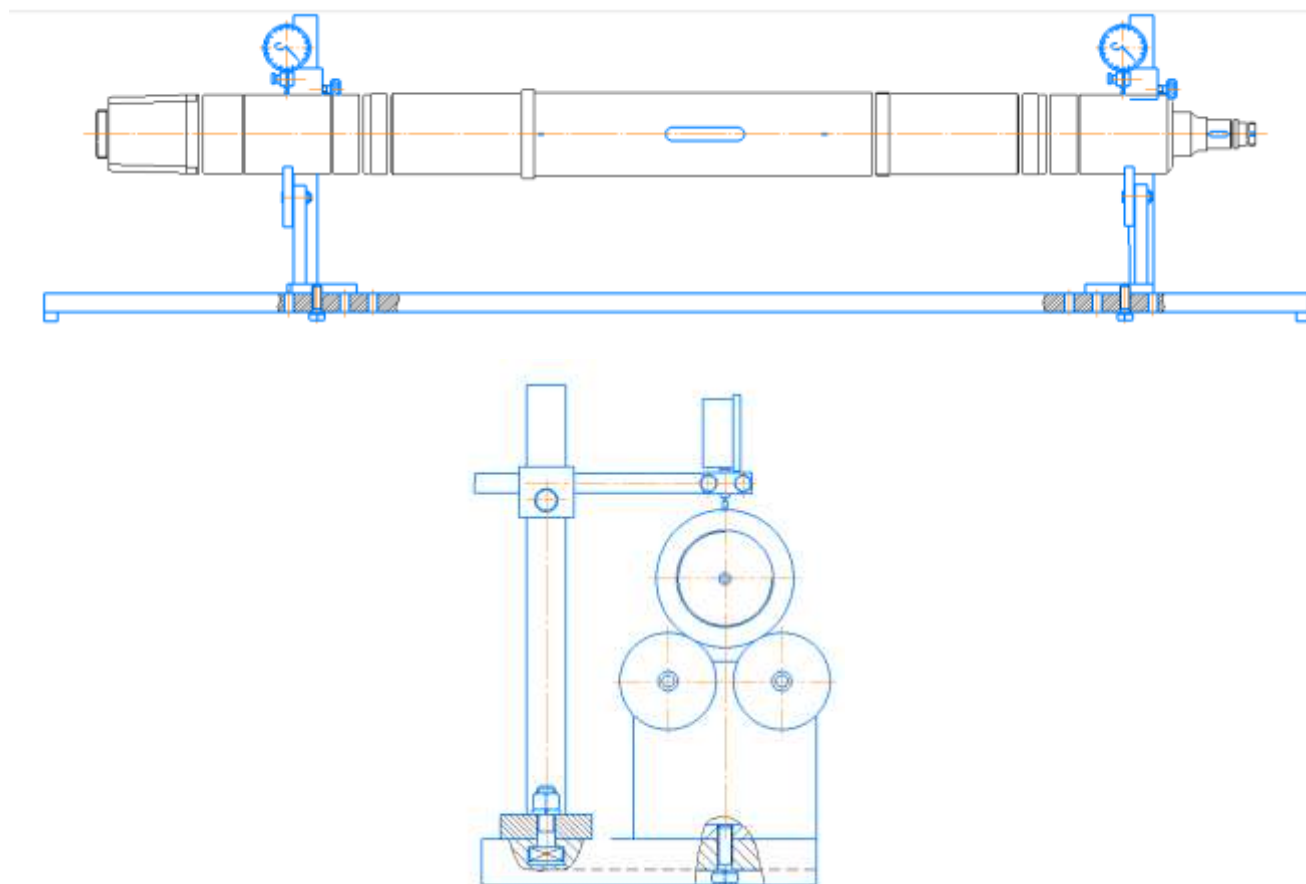


Рисунок 43 – Контрольное приспособление

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ

Лист	86
------	----

## 4 ПЛАНИРОВКА УЧАСТКА

### 4.1 Описание работы участка механической обработки

#### 4.1.1 Анализ возможности полной или частичной автоматизации технологического процесса обработки детали

а) Наличие в технологическом процессе слесарных, универсальных или специальных операций.

При производстве детали «Вал насоса» в проектном варианте технологического процесса имеется слесарная операция. Поэтому при проектировании участка необходимо учесть наличие слесарного участка.

#### б) Возможность встраивания основного оборудования в ГПС.

Применяемое станочное оборудование с ЧПУ имеет следующие особенности:

- систему автоматической уборки отходов из рабочей зоны станка;
- систему автоматизированного открывания-закрывания дверей станка;
- датчики для диагностики и работы режущего инструмента

Эти особенности позволяют встроить данное оборудование в ГПС.

#### в) Концентрация переходов на операциях механической обработки.

В проектном варианте технологического процесса значительно сокращено количество токарных и фрезерных операций с ЧПУ, но по-прежнему при изготовлении детали применяется большое количество переходов и режущего инструмента, что повышает вероятность его отказа из-за сложности удаления стружки из зоны резания. Данный недостаток снижает производительность и надежность применения промышленного робота для автоматизации работы на станках с ЧПУ.

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						87

г) Габаритные размеры детали.

Деталь «Вал насоса» имеет большие габариты и вес, не позволяющие устанавливать/снимать со станка в автоматическом режиме. Установка производится мостовым краном вручную .

д) Наличие поверхностей для захвата.

Рассматриваемая деталь не технологична из-за крупных габаритов, веса и круглого сечения (неоднозначность положения на плоскости). В связи с этим перемещения и хранение на различных операциях производится на специальной подставке под опорные шейки вала.

#### 4.1.2 Группирование деталей, подлежащих изготовлению на гибком производственном участке

Групповые технологические процессы разрабатываются для группы деталей с различными конструктивными, но общими технологическими признаками. Принципом использования группового технологического процесса является одинаковая номенклатура оборудования необходимого для обработки каждой детали группы. Групповые технологические процессы применяются в мелкосерийном и среднесерийном производствах.

Для создания типового или группового технологического процесса необходимо классифицировать детали, подлежащие обработке.

Для классификации деталей по конструктивным признакам используется Технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения ОК 021-95, который является логическим продолжением и дополнением классов деталей Классификатора ЕСКД (классы 71, 72, 73, 74, 75, 76).

Наша деталь относится к 71 классу, являясь телом вращения, типа вал.

Для определения технологичности детали «Вал насоса» проведем ее качественную характеристику (таблица 1).

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						88

Исходя из таблица 1 (технологичность детали), габаритов, конструкции и веса детали «Вал насоса» делаем вывод, что наша деталь не технологична, автоматизация возможна только частично.

г) Проектирование предварительной компоновочной схемы ГПС

Выполним проектировку компоновки станочной ГПС детали «Вал насоса» (рисунок 44).

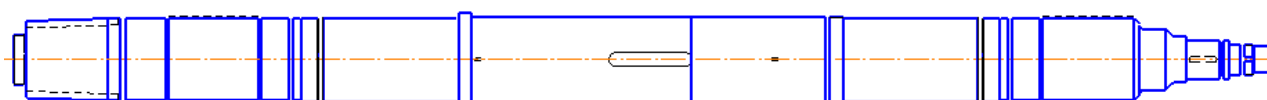


Рисунок 44 – Эскиз детали «Вал насоса»

Поскольку в проектном варианте технологического процесса операции каждого вида одинарные, при выборе основного оборудования воспользуемся принципом взаимодополняющих станков.

Для последующего анализа спроектируем предварительную компоновку ГПС (рисунок 45).

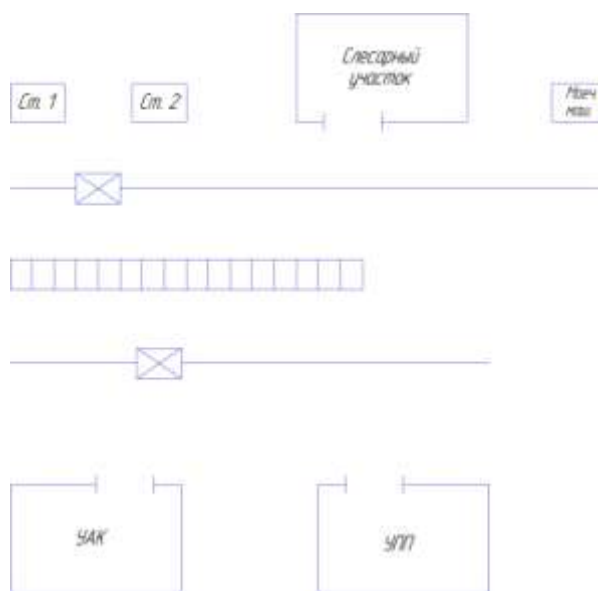


Рисунок 45 – Предварительная компоновка ГПС

В данной компоновке оборудование расположено по ходу выполнения технологического процесса. Циклограмма представлена на рисунке 46.

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

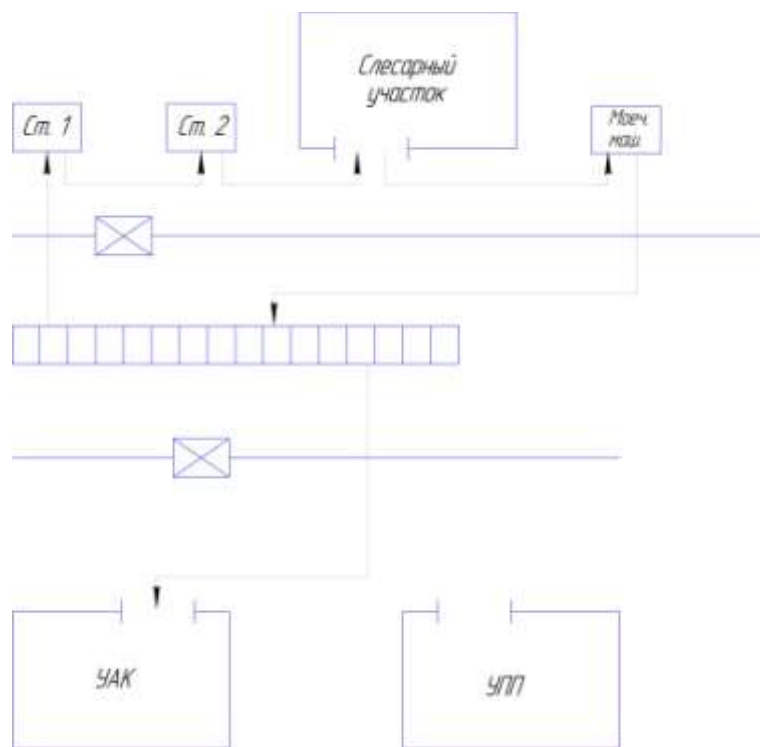


Рисунок 46 – Циклограмма ГПС

В соответствии с разработанными ранее циклограммами станочной системы ГПС и учетом «норм технологического проектирования предприятий машиностроения, приборостроения и металлообработки» (ОНТП-14-93) построим матрицы перемещений деталиустановок (таблица 18).

Таблица 18 – Матрица перемещений деталиустановок

Оборудование, к которому движется транспортное средство	Оборудование, от которого движется транспортное средство					
	Ст. 1	Ст. 2	Слес. учас.	Моеч маш.	УАК	Стеллаж
	Расстояние, пройденное транспортным средством, м					
Ст. 1	-	-	-	-	-	3
Ст. 2	3,5	-	-	-	-	-
Слес. учас.	-	7	-	-	-	-
Моеч маш.	-	-	7	-	-	-
УАК	-	-	-	-	-	13,5
Стеллаж	-	-	-	13,5	-	-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Инва. № подл.	Взам. инв. №	Инва. № дубл.	Подпись и дата	Подпись и дата

Графа перемещений транспортного механизма, в ходе выполнения технологического процесса, представлена на рисунке 47.

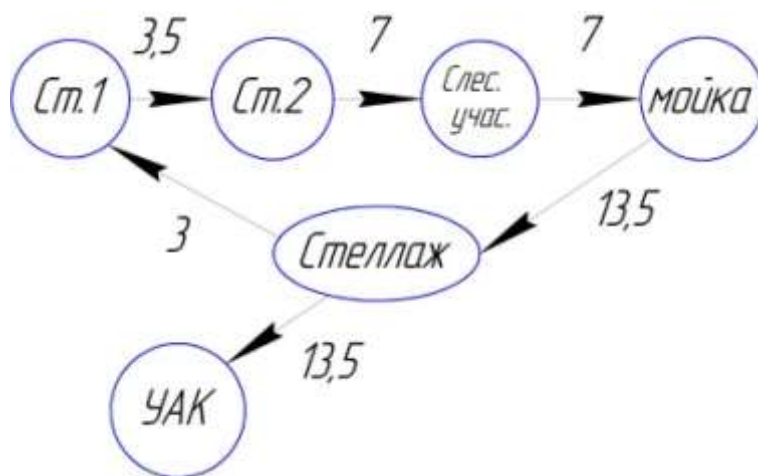


Рисунок 47 – Граф перемещений транспортного механизма в ГПС с расположением основного оборудования по ходу выполнения технологического процесса

Суммарное расстояние перемещений в данной компоновке ГПС составляет 47,5 м.

д) Определение числа подвижных транспортных механизмов АТСС

Расчет количества транспортных механизмов, расположенных со стороны станков

Расчет суммарного времени работы штабелера со стороны станков производится по формуле:

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

где  $K_{\text{стел-ст}}$  - число перемещений между стеллажом и станками;

$K_{\text{ст-ст}}$  - число перемещений между станками;

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

$t_{\text{ст-ст}}$  - среднее время, затрачиваемое на передачу спутника со станка на станок, мин.

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подпись и дата	





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

$$K_{TM1} = \frac{T_{обсл.}}{\Phi_{TM} \cdot 60}$$

где  $\Phi_{TM}$  - фонд работы транспортного механизма, ч.

$$K_{TM1} = \frac{0,16}{305 \cdot 60} \approx 1$$

Расчет числа транспортных механизмов, расположенных со стороны вспомогательных участков

Зная расстояние между позициями и скорость передвижения транспортных механизмов, суммарное время работы транспортного механизма со стороны вспомогательных участков определяются по формуле:

$$T'_{обсл.} = \frac{K_{стел-поз} \cdot t_{стел-поз} + K_{поз-поз} \cdot t_{поз-поз}}{60}$$

где  $K_{стел-поз}$  и  $K_{поз-поз}$  - соответственно число перемещений между стеллажом и позициями загрузки-разгрузки вспомогательных участков;  $t_{стел-поз}$  и  $t_{поз-поз}$  - соответственно среднее время передачи спутника со стеллажа на позицию загрузки-разгрузки вспомогательных участков и между позициями загрузки-разгрузки вспомогательных участков, мин.

Остальные расчеты определяются аналогично предыдущим (5.5.1).

$$t_{под} = \frac{13,5}{60} + \frac{3}{6} = 0,72 \text{ мин.}$$

$$t_1 = 0,08 + 0,72 + 0,2 = 1 \text{ мин.}$$

$$t_2 = 0,08 + 0,72 + 0,2 = 1 \text{ мин.}$$

$$t_{стел-поз} = t_{поз-поз} = 1 + 1 = 2 \text{ мин.}$$

$$T'_{обсл.} = \frac{1 \cdot 2 + 1 \cdot 2}{60} = 0,06 \text{ ч}$$

Число штабелеров со стороны позиций определяется по формуле:

$$K_{шт2} = \frac{T'_{обсл.}}{\Phi_0 \cdot 60}$$

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						93

где  $\Phi_0$  - фонд работы транспортного механизма, ч.

$$K_{шт2} = \frac{0,06}{305 \cdot 60} \approx 1$$

е) Предварительная компоновка станочной ГПС

В соответствии с проведенным анализом и выбором предварительной компоновки ГПС, а также произведенных расчетов количества транспортных механизмов расположенных со стороны станков и вспомогательных участков изобразим предварительную компоновку станочной и транспортной систем ГПС – рисунок 48.

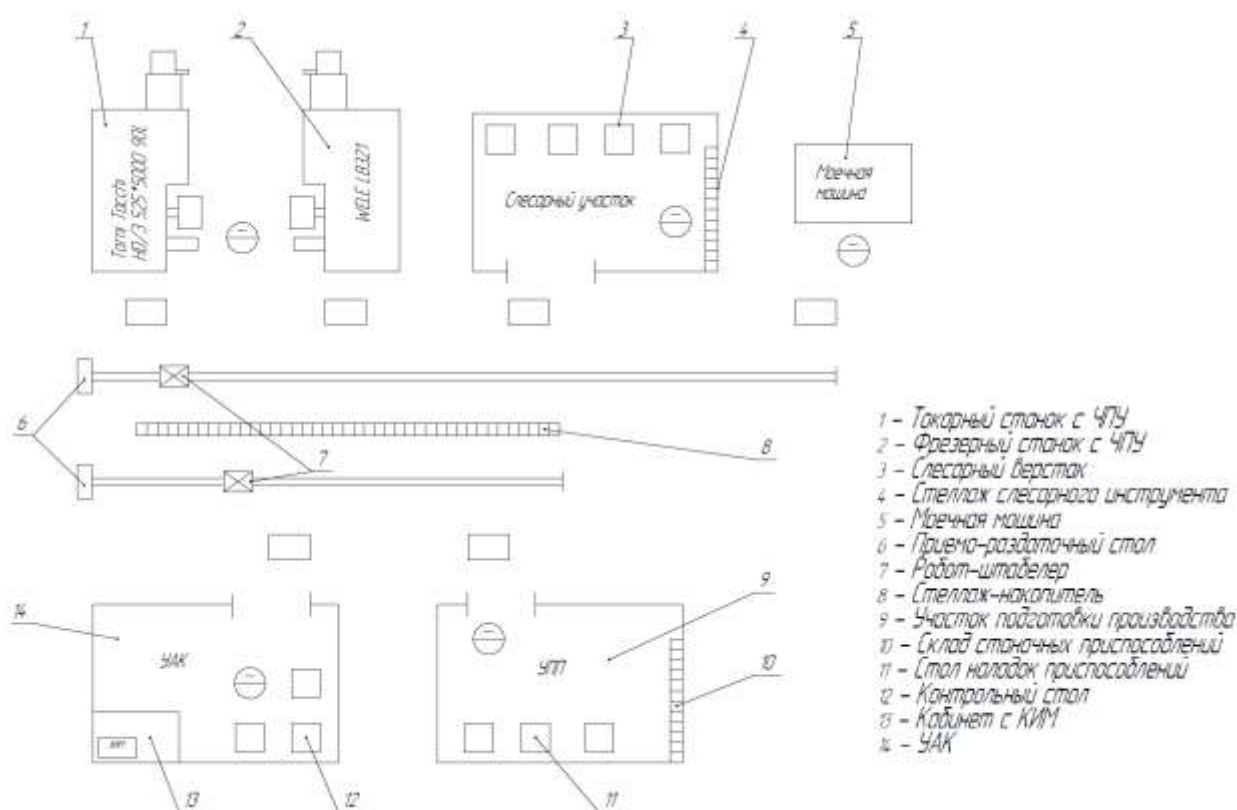


Рисунок 48 – Предварительная компоновка ГПС

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подпись и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						94

#### 4.1.3 Определение вспомогательных систем и участков, необходимых для функционирования ГПС

##### а) Автоматизированная система инструментального обеспечения

АСИО служит для организации перемещения, хранения, настройки, сборки инструментов и инструментальных комплектов, восстановления режущих инструментов, очистки инструментов перед их промежуточным хранением, контроля и технической диагностики состояния режущих инструментов. Организационно АСИО может быть включена в состав ГПС или функционировать отдельно в инструментальном цехе. В нашем случае она находится отдельно.

##### б) Участок подготовки производства

УПП служит для установки, базирования и закрепления деталей на спутниках (паллетах), установки на детали технологических баз, комплектования, установки, выверки станочных приспособлений на спутниках. УПП включает в себя склад приспособлений, устройства выверки детали при установке на спутник, позиции загрузки и разгрузки, обеспечивающие транспортную связь УПП с ГПС.

##### в) Система автоматизированного контроля

САК служит для проведения входного, промежуточного (межоперационного) и окончательного контроля размерно-геометрических параметров заготовок, полуфабрикатов, деталей, диагностирования процессов и оборудования в ходе функционирования ГПС. В нашем случае происходит конечный контроль деталей контроллером ОТК с применением средств измерений, а также использования КИМ, находящимся в специально-оборудованном кабинете.

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

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

150305.2020.497.00 ПЗ

Лист

95

г) Автоматизированная система уборки отходов

АСУО служит для сегментирования сливной стружки, удаления ее от основного оборудования и из ГПС. Транспортирование стружки осуществляется:

– конвейерами (рисунок 49) или вакуумными трубами, установленными ниже уровня пола;

– транспортными тележками, которые перемещают стружку, собранную в конвейеры, до места сортировки, складирования и утилизации.

Удаление стружки от станков осуществляется в таре при помощи транспортных механизмов. При этом учитываются форма стружки, материал, объем и масса стружки, сменность работы и другие факторы.



Рисунок 49 – Конвейер для стружки

#### 4.1.4 Выбор вспомогательного оборудования

В ходе проектирования ГПС важным этапом является выбор вспомогательного оборудования. На данном этапе определяется структурно-компоновочные решения, организационные и технологические возможности и другие показатели производства. К вспомогательному относится оборудование,

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

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

которое содействует процессу производства, но не влияет на свойства, передаваемые изделию. К вспомогательному оборудованию относятся транспортные механизмы, промышленные роботы, моечные машины и др. В нашем случае применяется кран- штабелер.

#### 4.1.5 Определение схем базирования заготовок в промышленных роботах, транспортных механизмах, промежуточных накопителях

В современном автоматизированном производстве существует множество систем и подсистем, осуществляющих контроль за материальными и информационными потоками. Это вызвано необходимостью соблюдения всех действий, направленных на получение готовой продукции заданной точности и качества.

На точность и, следовательно, качество выпускаемой продукции в значительной части оказывает влияние правильный выбор поверхностей для:

- промежуточного базирования заготовки или полуфабриката в процессе ее транспортирования, промежуточного хранения;
- закрепления в схвате промышленного робота перед установкой на станок.

В нашем ГПС отсутствуют промышленные роботы и заготовки детали идут в виде проката, доставляемого в таре.

В транспортных механизмах и промежуточных накопителях Вал насоса базируется по опорным шейкам и торцу (рисунок 50)

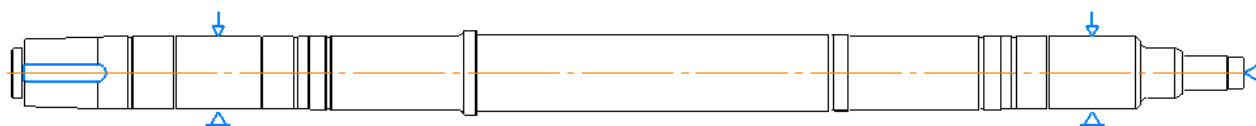


Рисунок 50 – Базирование в транспортных механизмах и промежуточных накопителях

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						97

#### 4.1.6 Анализ установочных размерных связей

Установочные размерные связи рассчитываются при автоматической установке заготовок на станки, в приспособления, на спутники. Методика выявления и расчета установочных размерных связей аналогична расчету сборочных размерных цепей. Отличие расчетов заключается в величине допусков размеров при установке заготовок в приспособления.

Так как в нашей ГПС не применяются промышленные роботы, спутники и работу на станках осуществляет оператор, то данные расчеты не проводятся.

#### 4.1.7 Разработка структурной схемы ГПС

Под структурной схемой ГПС следует понимать расположение компонентов ГПС, обеспечивающих наиболее рациональное функционирование всей системы. При этом к компонентам ГПС относят технологическое оборудование, транспортную систему, склады, управляющее оборудование и т.п. Производственные возможности ГПС определяют технические характеристики ее отдельных компонентов, таких как емкость склада, от которой зависит возможность работы участка в режиме безлюдном режиме производства. Структурная схема ГПС показана на рисунке 51.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						98
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

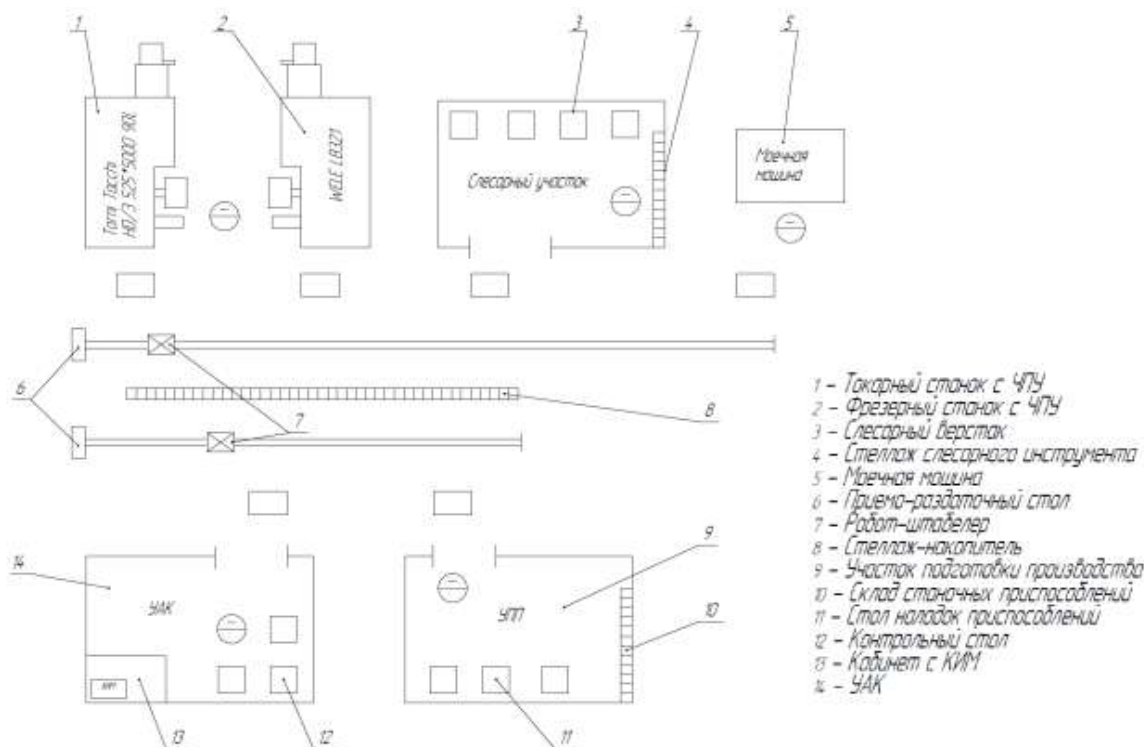


Рисунок 51 – Структурная схема ГПС

## 4.2 Описание мероприятий по охране труда

### 4.2.1 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.).

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

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

Непосредственное руководство по организации охраны труда осуществляет главный инженер предприятия.

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

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

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

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

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

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						100



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

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

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

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

Важнейшей задачей отдела техники безопасности является привлечение всего коллектива к участию в разработке и внедрении мероприятий по охране труда, а также к контролю за состоянием охраны труда на предприятии. Для

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						101

этого отдел совместно с общественными организациями предприятия проводит смотры, соревнования по улучшению охраны труда и культуры производства.

#### 4.2.2 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;
- 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;

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						102

— 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. [12, с 36]

#### 4.2.3 Мероприятия по пожарной безопасности

Основы противопожарной защиты предприятий определены стандартами

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

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

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.

Строительно-планировочные определяются огнестойкостью зданий и сооружений (выбор материалов конструкций: сгораемые, негораемые, трудногораемые) и предел огнестойкости — это количество времени, в течение которого под воздействием огня не нарушается несущая способность строительных конструкций вплоть до появления первой трещины. [12, 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:

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						104

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

### Оценка пожарной опасности промышленных предприятий

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

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

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

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подпись и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						105

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

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

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

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

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

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.

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подпись и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						106

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

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

Зона класса В-Иа. В-И при авариях или неисправностях.

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

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

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

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

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

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

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата						Лист
					150305.2020.497.00 ПЗ					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

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

Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ
					Лист 108



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы спроектирован участок механической обработки детали «Вал насоса» с разработкой конструкторско-технологического обеспечения. Для этого разработан технологический процесс обработки детали, специальное станочное приспособление для обработки пазов, специальный режущий инструмент в виде резьбового резца, выбрано оптимальное современное оборудование, оснастка, режущий и мерительный инструмент.

Цели работы достигнуты, а задачи выполнены.

Иnv. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Иnv. № дубл.	Подпись и дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						109
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



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

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

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

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

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

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

15. Межотраслевые укрупненные нормативы времени на работы, выполняемые на токарно-винторезных станках (Единичное и мелкосерийное производство) от 21 января 2000г №6/Центральное бюро нормативов по труду Министерства труда и социального развития Российской Федерации – Москва 2003. – 307 с.

16. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего метса и подготовительно-заключительного при работе на металлорежущих станках (Единичное и мелкосерийное производство)/ НИИ труда 1982. – Москва – 157 с.

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150305.2020.497.00 ПЗ	Лист
						111