



## Аннотация

Технологический процесс изготовления вала ротора насоса. ТГУ - Тольятти.

Целью выпускной работы является разработка на основе базовой технологии техпроцесса по изготовлению вала, который входит в конструкцию установки для перекачки жидкостей. Конструкционная особенность вала – малая жесткость, определяет сложность и трудоемкость операций по его обработке. Особое внимание уделяется способам установки заготовки, выбору режимов резания для снижения деформаций и исключения вибраций при вращении вала. Для снижения влияния остаточных технологических напряжений используются методы комбинированной обработки – нагрев и растяжение. Способ горячей правки проводится на двух этапах с отличием в режимах и задачах выполнения. Технические требования и конфигурация вала требуют использования в технологии современного высокопроизводительного оборудования - станков с ЧПУ, режущего высоко стойкого инструмента, комплексных средств контроля. Для обеспечения стабильности геометрических параметров изготавливаемого вала применяется комплекс средств технологического оснащения на операциях механической обработки, который используется для стабилизации оси вращения заготовки и повышение ее жесткости. Для этого выбраны зажимные патроны с механизированным приводом закрепления, дополнительные самоцентрирующийся люнеты, комплекс режущих инструментов. С учетом особенностей установки данной заготовки разработаны режимы резания и рассчитаны нормы времени. Использование термосиловой обработки для повышения эффективности изготовления вала-ротора требует особого внимания на обеспечение мер безопасности по охране труда и защите от вредных факторов, связанных с высокой температурой оснастки и заготовки. Экономический расчет показал правильности выбранных решений.

## Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Анализ служебного назначения .....	6
1.2 Анализ технологичности детали .....	7
1.3 Формулировка задач.....	8
2 Технологическая часть работы .....	9
2.1 Выбор типа производства .....	9
2.2 Выбор и проектирование заготовки.....	11
2.3 Выбор методов обработки .....	11
2.3 Расчет припусков на обработку .....	13
2.4 Разработка технологического маршрута и схем базирования .....	15
2.6 Выбор баз, обоснование схем базирования .....	17
2.7 Выбор средств технологического оснащения .....	18
2.7 Разработка технологических операций .....	19
2.7.2 Расчет норм времени .....	24
3 Проектирование приспособлений и инструмента .....	28
3.1 Подготовка данных для расчета приспособления.....	28
3.2 Расчет сил резания.....	28
3.3 Расчет усилия зажима.....	29
3.4 Расчет зажимного механизма .....	31
3.5 Расчет силового привода.....	32
3.6 Расчет погрешности установки заготовки в приспособлении .....	33
3.7 Описание конструкции приспособления.....	34
3.8 Расчёт и проектирование алмазного выглаживателя.....	35
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	38
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта .....	38
4.2 Идентификация профессиональных рисков .....	38
4.3 Методы и технические средства снижения рисков.....	39

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	40
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта .....	40
4.6 Выводы по разделу .....	41
5 Экономическая эффективность работы .....	45
Заключение .....	50
Список используемых источников.....	51
Приложение А _Технологическая документация.....	55
Приложение Б Спецификация приспособления .....	62
Приложение В Спецификация инструмента .....	64

## Введение

Проектирование рациональной технологии изготовления деталей и их сборки в механизмы является определяющим в обеспечении качества изделия, конкурентоспособности, гибкости производства при достижении высокой производительности с одновременным снижением издержек.

В различных механизмах большая доля деталей – вал. Назначение, как правило, передача крутящего момента. Условия работы при этом могут быть очень жесткие – высокие обороты и динамические нагрузки, моменты или силы. Причем сам вал может отличаться конструктивными параметрами, как соотношение длина-диаметр, который делают его маложестким. Это вызывает большие трудности при его изготовлении и сказывается при эксплуатации из-за большого влияния процессов коробления, которые происходят самопроизвольно при релаксации остаточных технологических напряжений. Поэтому технологию их изготовления необходимо совершенствовать, в том числе и путем автоматизации основных и вспомогательных переходов. При обработке коррозионностойких сталей возникает проблема, связанная с высокой пластичностью материала. Это накладывает определенные ограничения на возможные технологические методы обработки, например, шлифование. Обработка таких материалов приводит к тому, что шлифовальные круги будут быстро засаливаться и терять свою режущую способность. Альтернативный способ обработки – метод поверхностного пластического деформирования. В технологии для вала необходим инструмент, который позволит на финишных переходах обеспечить упрочнение с высокими качественными характеристиками. Цель работы – разработать технологию по изготовлению вала. Задача снизить трудоемкость и себестоимость изготовления вала за счет использования современных прогрессивных методов обработки. Для этого необходимо провести анализ базового процесса, выявить лимитирующие и ответственные операции и усовершенствовать эти операции.

# 1 Анализ исходных данных

## 1.1 Анализ служебного назначения

Вал является ответственным элементом насосной установки. На валу крепятся диски для создания давления рабочей среды. Вал работает в условиях больших динамических нагрузок в коррозионной агрессивной среде при частоте вращения 12000-13600 об/мин. Высокая частота вращения приводит при небольших дисбалансах из-за центробежных нагрузок к значительным динамическим возмущениям (рисунок 1).

Исполнительные поверхности – передача крутящего момента на напорные диски за счет шпоночных пазов.

Основные конструкторские базы – цилиндрические шейки (поверхности под подшипник скольжения, и торцовая поверхность для упора).

Вспомогательные конструкторские базы - цилиндрические посадочные поверхности.

Остальные свободные поверхности.

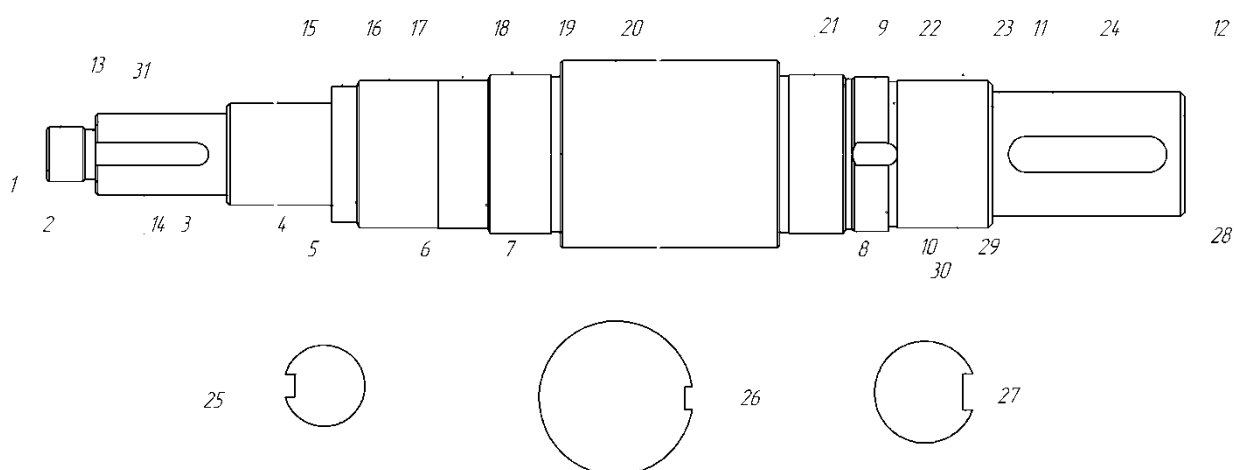


Рисунок 1- Эскиз вала

Таблица 1.1 - Классификация по назначению

Вид	Номер
ОКБ	19,21,7
ВКБ	2,3,4,6,11,10,13,14,15,17,22,23,24, 25,26,27
ИП	25,27

## 1.2 Анализ технологичности детали

Материал детали – сталь 14X17H2 ГОСТ4543-71 нержавеющая и относится к классу коррозионно-стойких сталей. Содержание углерода 0,11 – 0,17 %, хрома 16-18 %, никеля 1,5-2,5 %. При обработке быстрорежущим инструментом плохо обрабатываемая с коэффициентом обрабатываемости  $K_v=0,3$ . Предел прочности 890 МПа [9].

Заготовка может быть получена из поковки или проката.

Заготовка может быть не точнее 13 квалитета точности, что не соответствует точности заданной по чертежу и требуется механическая обработка.

Установка заготовки различным образом решается для штамповки и проката. Поскольку высока вероятность использования проката, для черновых баз может использоваться только одна поверхность – наружная цилиндрическая поверхность прутка. На следующих операциях могут использоваться центра (при установке с поджимом задним центром) или шейки вала при зажиме заготовки в люнетах. Центровые отверстия в валу могут быть выполнены с резьбой не только для базирования на технологических операциях, но и для транспортировки и хранения заготовок в вертикальном положении для исключения провисания и искривления. Параметры базовых поверхностей в обоих случаях имеют необходимую точность и подходят для установки вала при обработке. Из-за конструктивных особенностей необходимо предусмотреть дополнительные

методы и средства повышения жесткости детали (люнетты, механизмы растяжения заготовки и т.п.) [15, 17, 18].

Протяженность обрабатываемых поверхностей велика из-за габаритов вала.

Таким образом, с точки зрения обработки вал не следует считать технологичным.

### **1.3 Формулировка задач**

1. Определить тип производства.
2. Выбрать способ формования исходной заготовки. Назначить по типовым маршрутам переходы.
3. Сформировать технологический маршрут с планом изготовления.
4. Подобрать станки, зажимные приспособления, режущий инструмент, контроль.
5. Рассчитать размеры и припуски.
6. В соответствии со структурой операций назначить/рассчитать режим обработки резания, пронормировать.
7. Обеспечить конструкторское сопровождение (спроектировать приспособление и инструмент) на основе усовершенствования операции.



## 2 Технологическая часть работы

### 2.1 Выбор типа производства

Тип производства выбран мелкосерийным. Определяется он по массе вала (по чертежу)  $m=28$  кг. и программе выпуска (по заданию)  $N=1000$  штук в год.

Размер партии запуска вала [10]:

$$n=(N \cdot a)/254=(1000 \cdot 12)/254=47,2 \approx 47 \text{ детали,} \quad (1)$$

где  $a$  – период в днях запуска партии валов и равен 12 дней;

254 – рабочих дней в году.

Проведем систематизацию поверхностей по техническим требованиям (таблица 2).

Таблица 2 – Требования по поверхностям

Габарит, мм	Вид	Назначение	Точность, квалитет	Требования расположения/ формы, мм	Шероховатость, мкм
1	2	3	4	5	6
722	Плоскость	С	12	-	6,3
280	То же	С	12	-	6,3
58	«»	Вкб	12	-	6,3
210	«»	С	12	-	6,3
220	«»	С	12	-	6,3
258	Фасонная	С	12	-	6,3
280	То же	С	12	-	6,3
32	Плоскость	Окб	12	-	6,3

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
30	Плоскость	Вкб	12	-	6,3
50	Плоскость	С	12	-	6,3
132	Плоскость	С	12	-	6,3
85	Плоскость	Вкб	12	-	6,3
722	Плоскость	С	12	-	6,3
55	Цн	Вкб	6	Рад.биение 0,015	0,63
65	Цн	Окб	6	Рад.биение 0,015	1,25
4	Ф(К)	С	12	-	6,3
70	Цн	И, вкб	6	Рад.биение 0,015	0,63
82	Цн	С	12	-	6,3
70	Цн	И, вкб	6	Рад.биение 0,015	0,63
65	Цн	С	12	-	6,3
65	Цн	Окб	6	Рад.биение 0,015	1,25
50	Цн	С	12	-	6,3
45	Цн	Вкб	6	Рад.биение 0,0151,25	1,25
36	Цн	Вкб	6	-	2,5
М24	Р	Вкб		-	6,3
4,5	Ф	С	12	-	6,3
4	Ф	С	12	-	6,3
4	Ф	С	12	-	6,3
4	Ф	С	12	-	6,3
4	Ф	С	12	-	6,3
2x45	Ф	С	12	-	6,3
1x45	Ф	С	12	-	6,3

Обозначения:

П – плоская поверхность;

Ц – цилиндрическая поверхность;

Р – резьбовая поверхность;

Ф - фасонная поверхность.

## 2.2 Выбор и проектирование заготовки

Заготовку вала можно получить поковкой или прокатом. Поскольку деталь имеет небольшие перепады диаметров (максимальный считается как  $(D_{\max}-D_{\min})=82-24=29$  мм на диаметр или 14,5 мм на сторону), а на большей части заготовки он не более 11 мм рационально выбрать прокат [6].

Припуски на обработку поверхностей заготовки примем по табличным данным [11, 12]. Определим припуск на поверхность под подшипники диаметром 65 мм. Остальные поверхности будут иметь напуск. Масса детали по чертежу  $m=28,1$  кг.

## 2.3 Выбор методов обработки

С учетом технических требований определяем переходы [11] (таблица 3).

Таблица 3 - Последовательность обработки поверхностей

Технология (квалитет; Ra, мкм)	Поверхность
1	2
Ф (12; 12,5)- Н(-)	1
Т(12; 12,5)-Тч (9; 3,2)-К (9; 3,2)-Н (-)	2
Т(12; 12,5)-Тч (9; 3,2)-Н (-)	3

Продолжение таблицы 3

1	2
Т(12; 12,5)-Тч (9; 3,2)-Н (-)	4
Т(12; 12,5)-Тч (9; 3,2)-Н (-)	5
Т(12; 12,5)-Тч (9; 3,2)-Н (-)	6
Т(12; 12,5)-Тч (9; 3,2)-Н (-)	7
Т(12; 12,5)-Тч (9; 3,2)-К (9; 3,2)-Н (-)	8
Т(12; 12,5)-Тч (9; 3,2)-Н (-)	9
Т(12; 12,5)-Тч (9; 3,2)-Н (-)	10
Т(12; 12,5)-Тч (9; 3,2)-Н (-)	11
Т(12; 12,5)-Тч (9; 3,2)-К (9; 3,2)-Н (-)	12
Φ (12; 12,5)- Н(-)	13
Т(12; 12,5)-Тч (9; 3,2)-Н(-)-Ш(8; 2,5)-Шч(6; 0,63)	14
Т(12; 12,5)-Тч (9; 3,2)-Н(-)-Ш(8; 2,5)-Шч(6; 0,63)	15
Т(12; 12,5)-Тч (9; 3,2)-К (9; 3,2)-Н (-)	16
Т(12; 12,5)-Тч (9; 3,2)-Н(-)-Ш(8; 2,5)-Шч(6; 0,63)	17
Т(12; 12,5)-Тч (9; 3,2)-Н (-)	18
Т(12; 12,5)-Тч (9; 3,2)-Н(-)-Ш(8; 2,5)-Шч(6; 0,63)	19
Т(12; 12,5)-Тч (9; 3,2)-Н (-)	20
Т-Тч-Н-Ш-Шч	21
Т(12; 12,5)-Тч (9; 3,2)-Н (-)	22
Т(12; 12,5)-Тч (9; 3,2)-Н(-)-Ш(8; 2,5)-Шч(6; 0,63)	23
Т(12; 12,5)-Тч (9; 3,2)-Н (-)	24
Т(12; 12,5)-Тч (9; 3,2)-НР-Н	25
Т(12; 12,5)-Тч (9; 3,2)-К (9; 3,2)-Н (-)	26-30
Т(12; 12,5)-Тч (9; 3,2)-Н (-)	31
Т(12; 12,5)-Тч (9; 3,2)-Н (-)	32
<p>Примечание: Т – обтачивание черновое; Ш – обдирочное шлифование; Шч – шлифование чистовое; Тч – обтачивание чистовое; Н – нормализация; К – точение канавки; НР – нарезание резьбы резцом; Фр – фрезерование торцовое</p>	

На первом и втором переходах идет формирование размерной точности, точности формы и расположения поверхности, на последнем переходе преимущественно формируется качество поверхности – ее шероховатость.

Для выбранного нержавеющей сплава необходим отжиг с нагревом до 770 °С с последующим охлаждением с печью. Закалка при 960 °С с охлаждением в масле и отпуском при 600 °С [21]. Данная технология для данной категории легированных сталей с содержанием углерода  $C < 0,2\%$  используется для повышения обрабатываемости материала за счет разупрочняющих свойств отжига и стабилизации структуры и повышением прочности и твердости на этапе закалки с отпуском.

### 2.3 Расчет припусков на обработку

Обработка шейки диаметром  $65k6^{(+0,21}_{+0,003)}$  мм проходит из обтачивания чернового и чистового, шлифования чернового и чистового, которое может потом откорректироваться (замена деформированием). Обтачивание и шлифование проводится в люнетах. В таблице 4 сведены все данные по расчету [13].

Суммарное отклонение [13]:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2 + \rho_{ц}^2}; \quad (2)$$

Где  $\rho_{см} = 0$  мм;

$$\rho_{кор} = \Delta_k \cdot \ell = 0,05 \cdot 722 = 36,1 \text{ мкм} \approx 0,036 \text{ мм}; \quad \rho_{ц} = 0.$$

Из-за особенностей материала и остаточных напряжений по этапу будет происходить следующее изменение пространственных отклонений по

отношению к первоначальному. После черновой обработки точением она составит

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 0,036 = 0,0022 \text{ мм};$$

Далее после цикла чистовых переходов лезвийной обработки получим

$$\rho_2 = 0,04 \cdot 0,036 = 0,00144 \text{ мм};$$

Используя комбинированный метод точение с наложенными вибрациями получим пространственные отклонения

$$\rho_3 = 0,02 \cdot 0,036 = 0,00072 \text{ мм};$$

Окончательный финишный переход должен обеспечить

$$\rho_4 = 0,02 \cdot 0,036 = 0,00072 \text{ мм}.$$

Операционный припуск считается как:

$$2Z_{i\min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (3)$$

где все элементы припуска указаны в таблице 5.

Припуск по переходам:

$$2Z_{\min 1} = 2(200 + 300 + \sqrt{36^2 + 40^2}) = 2 \cdot 553 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\min 2} = 2(50 + 50 + \sqrt{2,2^2 + 25^2}) = 2 \cdot 125 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\min 3} = 2(30 + 30 + \sqrt{1,44^2 + 16^2}) = 2 \cdot 76 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\min 4} = 2(5 + 10 + \sqrt{0,72^2 + 8^2}) = 2 \cdot 23 \text{ мкм}.$$

Аналогично производим расчет по остальным графам таблицы.

Таблица 5 - Припуски на поверхности  $\varnothing 65k6 \begin{matrix} +0,021 \\ +0,002 \end{matrix}$  вала по переходам

Переход	Элемент операционного припуска, мм			Допуск $\delta$ , мкм	Предельный размер, мкм		Предельные значения, мкм	
	Rz	T	$\rho$		$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}^{np}$	$2Z_{\max}^{np}$
Исходный	200	300	0,036	1800	66,48	66,28	-	-
Черновой	50	50	0,00022	460	65,38	65,84	1103,8	2440
Получистой	30	30	0,00144	190	65,17	65,36	210,28	480
Чистой	5	10	0,00072	46	65,04	65,084	128,8	276
Отделочной	0,6	-	0,00072	19	65,002	65,021	36	63

Для обработки максимального диаметра используем припуск 2 мм на сторону. На диаметр припуск 4 мм и диаметр заготовки составит от требуемого 86 мм. Для заготовки выбираем горячекатаный пруток диаметром 90 с отклонениями верхним +0,5 мм, - нижним -1,3 мм. Предварительно он проходит термообработку – нормализацию для стабилизации и снижения остаточных напряжений. Для обеспечения прямолинейности оси прутки подвергаются холодной правке [4, 6].

Спроектированная заготовка вала представляет собой прутки диаметром 90 мм и длиной 726 мм (добавили по 2 мм на сторону) массой 36 кг.

## 2.4 Разработка технологического маршрута и схем базирования

Технология спроектирована на основе базовой и сведена в таблицу 6.

Шлифование, которое рекомендуется для обеспечения окончательной обработки, характеризуется не экологичностью, относительно не высокой производительностью. Учитывая пластичность материала, круг будет засаливаться быстро, что увеличивает затраты на операции. Применим альтернативный вариант – тонкое точение и выглаживание. С учетом этого маршрут сформируем новый (таблица 6) [22, 23].

Окончательно принимаем маршрут обработки:

000 Заготовительная;

005 Правка;

010 Термообработка;

015 Токарная черновая;

020 Термообработка;

025 Токарная получистовая;

030 Термообработка;

035 Токарная;

040 Моечная;

045 Контрольная.

Таблица 6 - Маршрут обработки детали

№ операции	Название операции	Наименование перехода	Номер обрабатываемых поверхностей	Квалитет	Ra, мкм
000	Заготовительная	-	1,12,20	13	15
005	Правка	-	20	13	15
010	Термообработка (отжиг)	-	-	13	15
015	Токарная черновая	Об <sub>чер</sub>	1-12, 13-24	11	10
020	Термообработка (отжиг)	-	-	11	-
025	Токарная получистовая	Об <sub>п-чист</sub>	1-12, 13-24, 29-31	9	2,5
030	Фрезерование	Ф	24, 25, 26, 27	9	6,3
035	Токарная вибрационная	T <sub>виб</sub>	14,15,17,19,21, 23,24	7	1,25
040	Термообработка	-	-	-	1,25
045	Токарная накатная	T <sub>выг</sub>	19,21,24	6	0,63



## 2.6 Выбор баз, обоснование схем базирования

Базы выбираем с соблюдением единства баз. Наружные шейки – конструкторские базы, будут использоваться как технологические и измерительные. Тогда погрешность установки равна нулю. По всем операциям обеспечим постоянство этих баз [21-23].

Особенность обработки маложесткого вала это большие деформации. Эти деформация носят статический и динамический характер. Для их снижения используются дополнительные опоры - люнеты. Для повышения жесткости, устойчивости оси вала на всех операциях используем дополнительные опоры - самоцентрирующие люнеты. Люнеты традиционного типа требуют настройки на технологическую ось станка, малопроизводительны и требуют дополнительной обработки в виде контрольных поясков и базовых шеек. Их количество определяется предельным допустимым вылетом (пролетом в три диаметра, что составляет 200 мм). Для длины около 700 мм это составляет две дополнительные опоры, помимо патрона с правой стороны и крайнего люнета слева вместо поджимного центра. Отход от типичной схемы установки позволит исключить переходы по обработке искусственных технологических баз и обеспечить постоянство баз при переустановке заготовки, так как в качестве радиальной базы (по числу лишаемых степеней свободы относится к двойным направляющим) используются наружные шейки вала, что обеспечивает требования пункта 2.2. Самоцентрирующиеся люнеты с роликовыми зажимами обеспечивают быструю и надежную фиксацию заготовки при их быстрой переналадке. Переустановка по длине обеспечивает гибкость для перехода на обработку деталей других типоразмеров. Для данной конкретной операции, выбираем двух опорную схему с промежуточными люнетами, которые могут переключаться в режим демпфирующей или жесткой опоры. Это обеспечит возможность без вибрационной обработки при проходе между люнетами инструмента. В

качестве опорных баз используется торец заготовки. На фрезерной операции используются те же самоцентрирующие люнеты с осевым фиксатором вала.

## **2.7 Выбор средств технологического оснащения**

Для отрезной операции: станок - 8Б672; Тиски 7200-0251 ГОСТ 21168-75; Пила ВК6 ГОСТ 9769-79 [19, 20]

Для токарной обработки задействуем токарно-фрезерный станок INDEX G220. Его рабочая зона обеспечивает возможность обработки вала длиной 700 мм, так как максимальная допустимая длина устанавливаемой заготовки на нем равна 1000 мм. Мощность 40 кВт.

Для фрезерный переходов используется тот же станок. Он оснащен магазином инструментов до 70 позиций. Для чистовых переходов используем тот же станок.

Для токарной операции выбираем патрон поводковый трехкулачковый со сменными кулачками, два люнета самоцентрирующих. Гидравлические самоцентрирующие люнеты обеспечивают равномерную жесткость (равномерно деформируемая) по длине вала.

На токарной операции используем: Патрон ГОСТ 2571-71; люнет; PDINR3225P15 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82.

Для подрезания торцев используем PTTNL 2525M22 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82. Нарезание резьбы резцом: 2664-0507 Резец P6M5 ГОСТ 18876-73.

Для обработки шпоночного паза используем фрезу концевую с цилиндрическим хвостовиком из T15K6 2223-5644 Фреза диаметр 20, z=4 T15K6 ГОСТ 24637-81; 2223-3766 Фреза диаметр 16, z=3 P8M3K6C ГОСТ 23248-78.

Тонкое точение: PTTNL 2525M22 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82.

В техпроцессе используем следующие средства контроля [15]. Для операционного текущего контроля всех размеров на черновой и

получистовой стадиях штангенциркуль ШЦ 150 ГОСТ 160-80. Для точного контроля на последних операциях применим микрометр МК – 100 ГОСТ 6507-78. Шероховатость проводится методом сравнения в текущем контроле по образцам с параметрами Ra 0,63 мкм; Ra 1,25 мкм; Ra 2,5. Образцы шероховатости по ГОСТ 9378-93.

## 2.7 Разработка технологических операций

Операция токарная черновая включает два станова. На станове А обрабатываются поверхности 1-9, 18-25. На станове Б – 9-13, 14-17.

Операция токарная получистовая состоит из двух станов. На станове А обрабатываются поверхности 1-8, 18-25. На станове Б – 9-13, 14-17.

Фрезерные переходы включает 3 перехода. На первой позиции обрабатывается паз шириной 10 мм. На втором переходе обрабатывается паз шириной 16 мм.

Вместо шлифования в базовом переходе в разрабатываемом варианте предлагается твердое точение (обработка закаленных сталей). Точение черновое состоит из 2-х станов. На станове А обрабатываются поверхности 3, 4, 6 и 17, 21, 23, 24. На станове Б – 12, 14, 17.

Выглаживание алмазное состоит из 1-ого станова. На нем обрабатываются поверхности 19, 17, 14.

Токарная черновая 015.

При точении элементами резания является глубина резания, продольная подача, скорость резания, сила резания и крутящий момент, а также мощность резания: по расчету  $t=1,7$  мм.;  $S = 0,8$  мм/об [14].

Скорость резания черногого точения резцом Т15К6 определяется по формуле [14]:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} \cdot K_v (\times 0,95), \quad (4)$$

где последний множитель учитывает малую жесткость схемы установки, а

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}, \quad (5)$$

где  $K_{mv}$ ,  $K_{nv}$ ,  $K_{uv}$  - коэффициенты на материал заготовки [14], состояние обрабатываемой поверхности [14], материал резца (Т15К6).

$$K_{mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{nv} = 0,7 \cdot \left( \frac{750}{865} \right)^{1,25} = 0,7 \cdot 0,84 = 0,59;$$

$$K_{nv} = 0,9 [14]; K_{uv} = 1,0 [7, \text{табл.4.6}]; K_v = 0,59 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,53.$$

T – стойкость пластины принимаем 60 мин. Коэффициенты  $C_v, x, y, m$  принимаем по [14]. Тогда

$$v = \frac{340}{60^{0,20} \cdot 1,7^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} \cdot 0,53 \cdot 0,95 = 77,07 \text{ м/мин.}$$

Обороты заготовки в минуту по формуле [13]:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}, \text{ об/мин.} \quad (6)$$

где D – диаметр шейки, D = 82,5 мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 77,07}{3,14 \cdot 85} = 290, \text{ об/мин.}$$

Округляем до стандартного ближайшего значения [21]  $n = 256$  об/мин.

Находим фактическую скорость резания:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ м/мин} \quad (7)$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 85 \cdot 256}{1000} = 68,3 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача. Теперь, зная фактическое число оборотов шпинделя в минуту и подачу на один оборот шпинделя, определим минутную подачу и сравним с паспортными данными станка по формуле:

$$S_{\text{мин}} = S \cdot \Pi_{\phi} , \quad (8)$$

$$S_{\text{мин}} = 0,8 \cdot 256 = 204,8 \text{ мм/мин.}$$

Сила резания по составляющим тангенциальной  $P_z$ , радиальной  $P_y$ , осевой  $P_x$  по формуле [14]:

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p . \quad (9)$$

Будем рассчитывать тангенциальную силы  $P_z$ , с поправочным коэффициентом на условия резания  $K_p$

$$K_p = K_{\text{мп}} \cdot K_{\text{фр}} \cdot K_{\text{уп}} \cdot K_{\text{гп}}, \text{ где } K_{\text{мп}} = 0,75 \text{ [7, табл.9, стр.264], } K_{\text{фр}} = 0,89 \text{ [14],}$$

$$K_{\text{уп}} = 1,25, \text{ } K_{\text{гп}} = 0,93.$$

$$K_p = 0,75 \cdot 1,25 \cdot 1,15 \cdot 0,93 = 1,002 .$$

Коэффициенты уравнения:  $C_p = 300$ ;  $x = 1,0$ ;  $y = 0,75$  [14].

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,7^{1,0} \cdot 0,8^{0,75} \cdot 68,3^{-0,15} \cdot 1,0 = 1640 \text{ Н} .$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} , \quad (10)$$

$$N = \frac{1640 \cdot 68,3}{1020 \cdot 60} = 1,72 \text{ кВт.}$$

Сравнив мощность резания с паспортным значением мощности выбранного станка. Условие выполняется. Результаты расчета на другие операции сведены в таблицах 7 – 9. По поверхностному пластическому деформированию: определяем режим алмазного выглаживания [14]. Твердость материала вала НВ 240. Исходная шероховатость перед выглаживанием после чистового резания: Ra1,25 мкм. Параметр инструмента (см. раздел 3.7): радиус алмаза  $r=3,0$  мм. Примем:

Таблица 7 – Параметры режимов обработки на 025 операции

Параметр	Величина параметра
Глубина резания, мм	0,3
Подача на один оборот шпинделя, мм/об	0,42
Минутная подача, мм/мин	215
Скорость резания, м/мин	126
Число оборотов шпинделя в минуту, об/мин	512
Сила резания, Н	4680
Мощность резания, кВт	0,96

Таблица 8 – Параметры фрезерования

Направление фрезы	Элемент резания				
	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Сила резания, Н	Крутящий момент, Н·м	Мощность резания, кВт
Осевое врезание (первый паз)	60,3	1600	1155,4	69,3	1,14
продольное движение(первый паз)	60,3	1600	2695	161,7	2,7
осевое врезание (второй паз)	40,2	1600	900	36	0,6
продольное движение (второй паз)	40,2	1600	1800	72	1,2

Таблица 9 - Режимы резания на чистовое точение

Элемент резания	Значение
Глубина резания, мм	0,2
Подача на один оборот шпинделя, мм/об	0,17
Минутная подача, мм/мин	213
Скорость резания, м/мин	326
Число оборотов шпинделя в минуту, об/мин	1290
Сила резания, Н	180
Мощность резания, кВт	0,93

Сила выглаживания:  $P = 120$  Н.

Осевая подача  $S = 0,8$  мм/об.

Скорость выглаживания  $v = 180$  м/мин. Обороты 819 в минуту. После выглаживания точность соответствует 6 качеству, а шероховатость  $Ra$  0,63 мкм.

В базовом варианте режимы резания следующие. Скорость подачи равна была  $S=25$ мм/об при оборотах заготовки  $n=100$  об/мин. Тогда основное время шлифовальной операции

$$t_0 = \frac{2L}{n_3 \cdot S_{\text{пр}}} \cdot \left(\frac{Z}{t}\right) \cdot k, \quad (11)$$

где  $L$  - длина продольного хода стола, мм;

$L = l - (0,2 \dots 0,4)B_k$  - шлифование на проход;

$n_3$  - частота вращения, об/мин;

$S_{\text{пр}}$  - продольная подача, мм/об;

$Z$  - припуск, мм;

$t$  - глубина шлифования, мм (радиальная подача на двойной ход круга);

$k$ - коэффициент выхаживания:  $k=1,3$  - для предварительного шлифования.

$$t_0 = \frac{2 \cdot ((58 + 152 + 36 + 32 - 4 \cdot 0,3 \cdot 50))}{100 \cdot 25} \times$$

$$\times \frac{2 \cdot ((30 + 40 + 85 - 3 \cdot 0,3 \cdot 50))}{100 \cdot 25} \cdot \left( \frac{0,2}{0,008} \right) \cdot 1,3 = 5,83 \text{ мин.}$$

### 2.7.2 Расчет норм времени

Нормы времени по методике в [12, 13]. Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{n-3}}{n} + T_{шт}, \quad (12)$$

где все параметры приведены в [13].

Штучное время:

$$T_{шт} = T_o + T_e + T_{об} + T_{от}, \quad (13)$$

где все параметры приведены в [12].

015 Токарная черновая:

$$T_o = \frac{L}{nS_o} \cdot i; [12] \quad (14)$$

где L – длина рабочего хода;

n – обороты шпинделя, об/мин;

S<sub>o</sub> – подача, мм/об;

i – число ходов.

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (15)$$



1 переход:

1.  $L_1 = 726$  2 прохода.
2.  $L_2 = 466$  3 прохода.
3.  $L_3 = 346$  3 прохода.
4.  $L_4 = 103$  3 прохода.
5.  $L_5 = 25$  1 проход.

$$T_o = \frac{753 \times 2 + 466 \times 3 + 346 \times 3 + 103 \times 3 + 25 \times 1}{256 \times 0,8} = \frac{4276}{204,8} = 20,9 \text{ мин.}$$

$$T_{y.c.} = T_{z.o.} = 0,22 \text{ мин.}$$

$$T_{yn} = 0,01 + 0,025 \cdot 5 + 0,24 = 0,38 \text{ мин.}$$

$$T_{uz} = 0,24 \text{ мин.}$$

$$T_e = 0,22 + 0,38 + 0,24 = 0,84 \cdot k = 1,55 \text{ мин.}$$

В серийном производстве для всех операций  $T_{об}$  и  $T_{от}$  определяются суммарно в %-тах от оперативного времени  $T_{оп} = T_o + T_e$ . Время обслуживания рабочего места и перерывы:

$$P_{об.отд} = 6,5\% ;$$

$$T_{оп} = T_o + T_e = 20,9 + 1,55 = 22,45 \text{ мин}$$

$$T_{об.от} = \frac{22,45 \cdot 6,5}{100} = 1,5 \text{ мин.}$$

$$T_{от} = T_o \cdot P_{от} / 100 \tag{16}$$

где  $P_{от}$  - время на отдых.

$$T_{ум} = T_o + T_e + T_{об} + T_{от} = 20,9 + 1,55 + 1,5 + 1,36 = 25,31 \text{ мин.}$$

$$T_{от} = 20,9 \cdot 6,5 / 100 = 1,36 \text{ мин; } T_{n-3} = 10 \text{ мин;}$$

$$T_{ш-к} = \frac{T_{n-3}}{n} + T_{ум} = \frac{10}{47} + 25,31 = 0,04 + 25,31 = 25,4 \text{ мин.}$$

2 переход:

1.  $L_1 = 197$  2 прохода.
2.  $L_2 = 80$  1 проход.

Длина обработки:  $L = 197 + 80 = 277$  мм.

$$T_o = \frac{197 \times 2 + 80 \times 1}{256 \times 0,8} = \frac{394 + 80}{204,8} = 2,3 \text{ мин.}$$

$$T_g = 1,87 \text{ мин; } T_{ум} = 2,3 + 1,87 + 0,44 + 0,15 = 4,76 \text{ мин.}$$

$$T_{n-3} = 10 \text{ мин; } T_{он} = 2,3 + 4,76 = 7,06 \text{ мин,}$$

$$T_{об.ом} = \frac{7,06 \cdot 6,5}{100} = 0,46 \text{ мин}$$

$$T_{ом} = T_o \cdot \Pi_{ом} / 100 \text{ мин.}$$

$$T_{ш-к} = \frac{10}{47} + 4,76 = 4,8 \text{ мин.}$$

Для токарной черновой операции  $T_{ш-к} = 25,7 + 4,8 = 30,5$  мин.

025 Токарная получистовая:

1 переход:

6.  $L_1 = 724$  1 проход.
7.  $L_2 = 466$  1 проход.
8.  $L_3 = 346$  1 проход.
9.  $L_4 = 103$  1 проход.
10.  $L_5 = 25$  1 проход.

$$T_o = \frac{753 + 466 + 346 + 103 + 25}{512 \times 0,42} = \frac{1693}{215} = 7,87 \text{ мин.}$$

$$T_g = 1,87; T_{n-3} = 10 \text{ мин;}$$

$$T_{on} = 7,87 + 1,87 = 9,74 \text{ мин.}$$

$$T_{об.ом} = \frac{9,74 \cdot 6,5}{100} = 0,63 \text{ мин.}$$

С учетом вспомогательного времени, технического и организационного обслуживания и отдыха штучно-калькуляционное время на шлифовальной операции в базовом варианте равно

$$T_o = 5,83 \text{ мин.}$$

$$T_g = 1,9 \text{ мин; } T_{ум} = 5,83 + 1,9 + 0,5 = 8,23 \text{ мин.}$$

$$T_{n-3} = 20 \text{ мин; } T_{он} = 5,83 + 1,9 = 7,73 \text{ мин,}$$

$$T_{u-к} = \frac{20}{47} + 8,23 = 8,66 \text{ мин.}$$

Заменяем эту шлифовальную операцию выглаживанием в рамках токарной чистовой. Основное время равно

$$t_0 = \frac{L}{n \cdot S_{пр}}, \quad (17)$$

где  $L$  - длина обработки, мм.  $L = l + 4$ ;

$n$  - частота вращения заготовки, об/мин;

$S_{пр}$  - продольная подача, мм/об.

$$t_0 = \frac{58 + 152 + 36 + 32 + 30 + 40 + 85 + 4 \cdot 7}{674 \cdot 0,8} = 0,81 \text{ мин.}$$

$$t_0 = 0,81 \text{ мин.}$$

$$T_g = 1,1 \text{ мин;}$$

$$T_{n-3} = 20 \text{ мин;}$$

$$T_{u-к} = \frac{20}{47} + 2,1 = 2,5 \text{ мин.}$$

Общее время на операции сократилось почти в 2 раза.

Технологическая документация представлена в приложении А.

### 3 Проектирование специальных средств оснащения

#### 3.1 Подготовка данных для расчета приспособления

Проектируем патрон поводковый без центра для использования на операциях токарной и шлифовальной вместе с самоцентрирующими люнетами. Патрон передает крутящий момент на заготовку, а люнеты обеспечивают положение оси заготовки при обеспечении жесткости.

Переходы для расчета: точение черновое. Заготовка из проката, сталь 14X17H2,  $\sigma_B=880$  МПа [9].

На токарной операции используем резец проходной с пластинами из Т15К6 по ГОСТ 18868-73 отогнутый правый с размерами в миллиметрах:  $H=25$ ;  $B=16$ ;  $L=140$ ;  $m=8$ ;  $a=16$ ;  $r=1$  [19].

Режимы резания рассчитаны в пункте 2.6 [14].

Тип приспособления – переналаживаемое универсальное.

#### 3.2 Расчет сил резания

Силу резания тангенциальную составляющую определили в пункте 2.6:

$P_Z = 1640$  Н. Составляющая  $P_Y$

$$P_y = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p \quad (18)$$

где  $K_p$  - поправочный коэффициент,

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{yp} \cdot K_{rp} \quad (19)$$

где  $K_{mp} = 0,75$  [7],  $K_{\varphi p} = 0,5$ ,  $K_{yp} = 1,0$ ,  $K_{rp} = 1,0$ .

$$K_p = 0,75 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,375.$$

Коэффициенты уравнения:  $C_p = 243$ ;  $x = 0,9$ ;  $y = 0,6$ .

$$P_z = 10 \cdot 243 \cdot 1,7^{0,9} \cdot 0,8^{0,6} \cdot 68,3^{-0,3} \cdot 0,375 = 186 \text{ Н}.$$

Зажим люнетами обеспечивает достаточную жесткость заготовки в радиальном направлении при условии превышения силы на рычаге люнета радиальной силы резания. Поскольку в люнетах используется гидравлический привод с давлением 7,5 МПа, усилие на рычаге будет гарантированно выше.

### 3.3 Расчет усилия зажима

При вращении заготовки на нее воздействуют силы инерции. При обтачивании к ним добавляется сила резания. В частности, это радиальная составляющая. Но выбранной схеме установки в люнетах они будут создавать шарнирные заделки, которые препятствуют этому. Причем жесткость этих заделок по сравнению с силой  $P_y = 186 \text{ Н}$  на порядок больше. Поэтому расчет ведется только для тангенциальной составляющей, которой препятствует сила зажима кулачков. Для расчета необходимо учесть диаметр зажима (минимальный) и поверхность обработки (максимальная) [16, 17].

Крутящий момент резания от тангенциальной составляющей силы  $P_z$  резания равен:

$$M_p = \frac{P_z \cdot d_{06p}}{2}; \quad (20)$$

где  $d_{06p}$  – максимальный диаметр шейки вала (85 мм).

Момент от действия сил зажима кулачками:

$$M_3 = \frac{T \cdot d_3}{2} = \frac{W \cdot f \cdot d_3}{2}; \quad (21)$$

где  $W$  – силы от действия зажимных кулачков, Н;

$d_3$  – минимальный диаметр шейки вала под зажим (25 мм), мм;

$f$  – коэффициент трения для контакта заготовка- зажимная поверхность кулачка, который принимается равным 0,3.

После приравнивания этих моментов  $M_3$  и  $M_P$  с учетом коэффициента безопасности находится минимально нужная сила зажима [1, 2]:

$$W_{Pz} = \frac{k \cdot P_Z \cdot d_0}{f \cdot d_3}, \quad (22)$$

где  $k$  – коэффициент запаса по [2] равен для заданных условий производства:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6; \quad (23)$$

где  $k_0 = 1,5$ ;  $k_1 = 1,2$ ;  $k_2 = 1$ ;  $k_3 = 1$ ;  $k_4 = 1$ ;  $k_5 = 1$ ;  $k_6 = 1$ .

$$K_P = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 1,8.$$

Принимаем  $K_P = 2,5$ .

После подстановки получим:

$$W_P = \frac{2,5 \cdot 1640 \cdot 85}{0,3 \cdot 25} = 46466 \text{ Н}.$$

Сила зажима  $W_I$ , непосредственно действующая в радиальном направлении на постоянные кулачки:

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left( \frac{3 \cdot l_k}{H_k} \cdot f_1 \right)}, \quad (24)$$

где  $l_k$  – выступ кулачка, который расположен в пазу корпуса приспособления, мм;

$H_k$  – расстояние, которое равно длине продольного направляющего паза у кулачка в корпусе, мм;

$f_1$  - коэффициент трения. Принят для полусухого трения кулачка в направляющем пазу корпуса. Примем равным  $f_1=0,1$ .

Параметры кулачков ( $H_1$  и  $l_1$ ) определяются конструктивно в привязке к зажимной поверхности заготовки и размерам корпуса патрона. Характеристики постоянного кулачка: ширина направляющей  $B_K = 52$  мм, длина  $H_K = 52$  мм, вылет  $l_K = 29,43$  мм. Для сменного кулачка эти параметры:  $b_c=30$  мм,  $B_1 = 35$  мм.

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left( \frac{3 \cdot l_k}{H_k} \cdot f_1 \right)} = \frac{46466}{1 - \left( \frac{3 \cdot 29.43}{52} \cdot 0.1 \right)} = 1430H$$

### 3.4 Расчет зажимного механизма

Усилие тяги привода ( $Q$ , Н) повышается за счет использования стандартного рычажного зажимного механизма [2]

$$Q = \frac{W_1}{i_C} \quad (25)$$

где  $i_C$  – табличное передаточное отношение для рычажного механизма.

Этот параметр  $i_c$  вычисляется по отношению плеч рычагов  $l_1$  и  $l_2$ . Передаточный коэффициент равен  $i_c = 50/18 = 2,78$  и усилие окончательно

$$Q = \frac{W_1}{i_c} = \frac{1430}{2,78} = 530 \text{ Н}.$$

Внешний диаметр цилиндрического корпуса проектируемого патрона привязан к максимальному диаметру базовой поверхности

$$D_{II} = d_3 + 2 \cdot H_K = 90 + 2 \cdot 52 = 202 \text{ мм} \quad (26)$$

### 3.5 Расчет силового привода

Найденное в п. 3.4 усилие  $Q$  создается за счет механизированного гидравлического или пневматического привода. Он закрепляется для создания усилия непосредственно на шпинделе, на его конце противоположном месту крепления патрона. Обработка черновая, со значительными усилиями. Для создания соответствующих зажимных сил используется гидропривод с диаметром поршня [16]:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}} \quad (27)$$

где  $P$  – рабочее давление масла, МПа. Примем предварительно его равным 5 Мпа. Тогда

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{530}{5}} = 41 \text{ мм}.$$



По конструктивному неравенству полученный диаметр  $D < 120$  мм. Это значит, что расчетный диаметр обеспечивает компактность конструкции привода и данное давление принимаем окончательно.

Рассчитаем необходимое перемещение поршня, которое обеспечит гарантированную установку-снятие заготовки в кулачках патрона [16]:

$$S_Q = \frac{S_W}{i_{II}}, \quad (28)$$

где  $S_W$  - свободный ход кулачков для прохода заготовки,  $S_W = 3$  мм.

$i_{II} = 1/i_C$  - передаточный коэффициент смещения.

$$i_{II} = 1/i_C = 1/2,78 = 0,34.$$

$$S_Q = \frac{S_W}{i_{II}} = \frac{3}{0,134} = 22,3 \approx 30 \text{ мм.}$$

Принимаем  $S_Q = 30$  мм.

### 3.6 Расчет погрешности установки заготовки в приспособлении

После установки патрона перед применением на данном переходе/операции сменные кулачки растачиваются с контролем биения зажимных баз. Допускается биение не более 0,02 мм. Механизированный привод зажима дает в радиальном направлении погрешность от сил зажима 0,02 мм.

С учетом точности операционных размеров суммарная погрешность установки заготовки будет определяться равенством:

$$\varepsilon_Y = 0,3 \cdot Td = 0,3 \cdot 0,5 = 39 \text{ мкм},$$

где  $Td$  – минимальный технологический допуск из всех на операции.

### 3.7 Описание конструкции приспособления

Разработано универсальное наладочное приспособление – токарный патрон с плавающими кулачками и базирующим центром. Оно используется для установки вала при черновой, а также чистовой обработке точением, а также фрезерованием. Устанавливается на автоматизированный токарно-фрезерный станок с ЧПУ INDEXG220.

Патрон включает силовой гидравлический привод 1. Через промежуточный фланец 4, к которому прикрепляется винтами 23, привод 1 по резьбовому отверстию крепится на шпинделе станка. Для подачи давления у привода есть муфта с двумя трубопроводами. Шток привода (не показан) втулкой 5 со стопорной гайкой 3 соединяется с тягой 2. Она имеет сферическую головку на правом конце по которой контактирует с центровиком 15. Гайки 21 для ограничения перемещения центровика 15 фиксируются в определенном положении на тяге 2. В корпусе 6 патрона в центральном отверстии свободно перемещается центровик 15. В трех Т-образных пазах под  $120^\circ$  установлены подвижные постоянные кулачки 7. По опорной поверхности с насечкой они соединяются со сменными кулачками 8, которые фиксируются винтами 22 по шпонке 9. В постоянный кулачок 7 вставлен направляющий вкладыш 11, который через ось 12 соединяется с рычагом 10, который на оси 13 поворачивается в корпусе 6. Нижняя часть рычага 10 через ось 16 и вкладыш 14 связана с центровиком 15, который через головку винта 20 со сферической поверхностью опирается на тягу 2. Для ограничения перемещения центровика на винт фиксируется гайками 23. Патрон на фланец шпинделя крепится винтами 23. Крышка 17, закрепленная в корпусе приспособления винтами 19 выполняет функцию осевого упора. Также она защищает внутренности механизма приспособления от попадания грязи, стружки.

Патрон работает следующим образом. При подаче давления масла в правую часть гидроцилиндра тяга 2 тянет центровик 15. Он через вкладыш

14 и ось 16 поворачивает рычаг 10 на оси 13. Короткая часть рычагов 10 перемещает постоянный 7 и сменный 8 кулачки в радиальном направлении. Происходит закрепление заготовки. Сферическая форма головки винта 20 и отверстия центровика 15 позволяет проводить самоустановку кулачков 7,8 по зажимаемой поверхности. При подаче давления в левую полость привода 1 шток 5, тяга 2 через гайки 21 толкает центровик 15. Кулачки 7, 8 за счет поворота рычагов против часовой стрелки отходят от базовой поверхности.

Спецификация представлена в приложении Б.

### **3.8 Расчёт и проектирование алмазного выглаживателя**

Алмазное выглаживание - это вид обработки поверхности путём пластического деформирования поверхностного слоя детали.

Алмазное выглаживание проводят после точения или шлифования. Цель выглаживания - снижение шероховатости, формирования остаточных напряжений сжатия.

В базовом тех процессе на операции 20 проводилось алмазное выглаживание с использованием инструмента с ручным регулированием давления в системе, что делает невозможным применения инструмента данной конструкции на проектируемом станочном комплексе.

В ходе работы была разработана новая автоматическая система регулирования давления и спроектирован усовершенствованный инструмент чертёж которого приведён на соответствующем листе приложения.

Принцип работы алмазного выглаживателя усовершенствованной конструкции: В корпусе выглаживателя 5 расположена полость, заполненная машинным маслом и с двух сторон плотно закрываемая поршнями 3, 6. С помощью шагового двигателя 1 происходит вращение напессованной на вал электродвигателя шлицевой втулки 9 через шлицевое соединение крутящий момент передается на резьбошлицевой шток 7, который перемещаясь по шлицам и резьбе оказывает давление на нагнетающий поршень 6 в

результате чего возникает заданное давление в полости корпуса, которое передается на выглаживающую головку 5, в которой закреплён выглаживающий инструмент 8, через поршень 3 и контролируется датчиком давления 4 фирмы «Druk» модель PDCR 200.

В процессе работы на выглаживающий инструмент оказывается давление, которое передаётся в полость с машинным маслом. Изменение давления тут же фиксируется датчиком, который подает сигнал об изменении давления на блок управления. Там он сравнивается с заданным значением и с блока управления выходит сигнал на шаговый двигатель. Он в свою очередь нагнетает или снижает давление путём вращения по или против часовой стрелки.

Определим максимально возможное усилие на штоке при применении шагового двигателя фирмы “НПФ Электропривод” модель FL86STH65 – 2808A с максимально возможным крутящим моментом  $M_{кр} = 3400 \text{ Н}\cdot\text{мм}$ . по следующей формуле:

$$P_3 = \frac{M_{кр} \cdot 2}{d_{ср} \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi_{нр})}, \quad (29)$$

где  $M_{кр}$  – крутящий момент на шпинделе шагового двигателя, Нм.

$d_{ср}$  – средний диаметр резьбы  $d_{ср} = 29,35 \text{ мм}$ ;

$\alpha$  – угол подъёма резьбы (для резьбы М30×1  $\alpha = 3^\circ 24'$ );

$\varphi_{нр}$  – угол трения для заданного профиля (для резьбы М30×1  $\varphi_{нр} = 6^\circ 40'$ ).

$$P_3 = \frac{3400 \cdot 2}{29,35 \cdot \text{tg}(3^\circ 24' + 6^\circ 40')} = 1316 \text{ Н.}$$

Согласно расчётам режимов резания необходимое усилие обработки  $P_0 = 183 \text{ Н}$  и соответственно алмазный выглаживатель соответствует по создаваемым усилиям.

Так же для алмазного выглаживателя необходимо рассчитать усилия, вызывающие срез витков на резьбошлицевом штоке по следующей формуле:

$$P_{\text{срез}} = \pi \cdot d_{\text{вн}} \cdot k_1 \cdot H \cdot k_m \cdot 0,6 \cdot \sigma_{\text{в}} \quad (30)$$

где  $d_{\text{вн}}$  – внутренний диаметр резьбы М30×1 ( $d_{\text{вн}} = 28,9\text{мм}$ );

$k_1$  – коэффициент полноты резьбы, для метрической резьбы ( $k_1 = 0,87$ );

$H$  – длина свинчивания (высота гайки),  $H = 10\text{мм}$ ;

$k_m$  – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по виткам,  $k_m = 0,56$ ;

$\sigma_{\text{в}}$  – предел прочности стали 45 по ГОСТ 10702 – 78  $\sigma_{\text{в}} = 590\text{ МПа}$ .

$$P_{\text{срез}} = 3,14 \cdot 28,9 \cdot 0,87 \cdot 10 \cdot 0,56 \cdot 0,6 \cdot 590 = 156,5\text{ кН}$$

$$P_3 \leq P_{\text{срез}} \quad (31)$$

$$1316 < 156000$$

По результатам расчётов, силы действующие на шток намного меньше, чем силы возникающие при срезе. Следовательно, конструкция алмазного выглаживателя рассчитана верно.

Спецификация на инструмент представлена в приложении В.

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

Задача раздела – проектирование технологии изготовления вала ротора с учетом требований стандартов по безопасности труда.

### 4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

В таблице 9 приведены данные по выбранному объекту [3, 5].

Таблица 9 - Паспорт объекта

Объект технологии	Технологическая операция	Наименование должности работника	Оборудование, оснащение	Материалы
Заготовительная	Отрезка	Фрезеровщик	Станок - 8Б672, тиски	Сталь 14Х17Н2, ветошь
Вал ротора	Токарная операция (вся технология)	Оператор станков с ЧПУ	Токарно-фрезерный станок INDEX G220 4325, СА600СФ3 патрон поводковый, люнет	Сталь 14Х17Н2, смазки, СОЖ, ветошь

### 4.2 Идентификация профессиональных рисков

В таблице 10 перечислены для токарной операции риски.

Таблица 10 - Определение рисков

Технологическая операция, переходы	Опасный и/или вредный производственный фактор (ОВПФ)	Источник ОВПФ
1	2	3
Токарная, точение черновое, чистовое,	Факторы физического воздействия: Неподвижные части колющие, режущие, обдирающие части твердых объектов	Станки 8Б672, INDEX G220 4325, СА600СФ3 зона

Продолжение таблицы 10

1	2	3
фрезерование пазов, выглаживание	<p>Движущиеся твердые объекты</p> <p>ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры объектов</p> <p>ОВПФ, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания</p> <p>ОВПФ, связанные с механическими колебаниями твердых тел</p> <p>ОВПФ, связанные с акустическими колебаниями твердых тел</p> <p>ОВПФ, связанные с электрическим током</p> <p>ОВПФ, связанные с электромагнитными полями</p> <p>Факторы химического воздействия: токсического, раздражающего (через органы дыхания)</p> <p>Факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия:</p> <p>Статическая нагрузка</p> <p>Перенапряжение анализаторов</p>	<p>резания, зажимные губки тисков, кулачки патрона, резцы, фрезы, сверла, СОЖ, стружка</p> <p>Заготовка, инструмент</p> <p>3</p> <p>она резания</p> <p>Пульт управления станком</p> <p>СОЖ, смазки</p> <p>Манипуляция заготовкой, контроль и управление</p>

### 4.3 Методы и технические средства снижения рисков

Меры по устранению рисков в таблице 11.

Таблица 11 – Мероприятия, связанные со снижением уровня ОВПФ

ОВПФ	Технические средства, организационно-технические методы	Средства индивидуальной защиты (СИЗ)
1	2	3
<p>Неподвижные части колющие, режущие, обдирающие части твердых объектов</p> <p>Движущиеся твердые объекты</p> <p>ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры объектов</p>	<p>Защитный кожух на станке, ограждения</p> <p>Инструктажи по охране труда</p>	<p>Костюм для защиты от загрязнений, перчатки с полимерным покрытием, ботинки кожаные, очки защитные</p>
<p>Факторы химического воздействия: токсического, раздражающего)</p>	<p>Организация вентиляции</p> <p>Инструктажи по охране труда</p>	-

Продолжение таблицы 11

1	2	3
(через органы дыхания)		
ОВПФ, связанные с механическими колебаниями твердых тел	Виброгасящие опоры снизить время контакта с поверхностью подверженной вибрации Инструктажи по охране труда	Резиновые виброгасящие покрытия
ОВПФ, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания	Организация вентиляции Инструктажи по охране труда	-
ОВПФ, связанные с акустическими колебаниями твердых тел	Использование звукопоглощающих Материалов Инструктажи по охране труда	Применение противозумных вкладышей
ОВПФ, связанные с электрическим током ОВПФ, связанные с электромагнитными полями	Заземлить электрическое оборудовани; Обеспечить изоляцию токоведущих элементов; Использовать предохранители. Проводить инструктаж по охране труда. Соблюдать регламентированные перерывы	Резиновые напольные покрытия, перчатки с полимерным покрытием
Статическая нагрузка Перенапряжение анализаторов	Организация освещения Инструктажи по охране труда	-

#### 4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В таблицах 12 – 15 данные по пожарной безопасности.

#### 4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Результаты анализа по экологической безопасности даны в таблицах 16 и 17.



Таблица 12 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Номер пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие факторы при пожаре
Участок обработки валов ротора	8Б672, INDEX G220 4325, СА600СФ3	Класс В, Е	Пламя и искры; неисправность электропроводки; возгорание промасленной ветоши	Части разрушившегося оборудования, изделий и иного имущества; Вынос высокого напряжения на токопроводящие части станка; воздействие огнетушащих веществ

Таблица 13 – Выбор средств пожаротушения

Средства пожаротушения				Оборудование
первичные	мобильные	стационарные	автоматики	
Ящик с песком, пожарный гидрант, огнетушители	Пожарные автомобили	Пенная система тушения	Технические средства по оповещению и управлению эвакуацией	Напорные пожарные рукава

Таблица 14 – Средства защиты и пожаротушения

СИЗ	Инструмент	Сигнализация
Веревки пожарные карабины пожарные противогазы, респираторы	Лопаты, багры, ломы и топоры ЩП-Б	Автоматические извещатели

#### 4.6 Выводы по разделу

В разделе приводится характеристика объекта: технологического процесса изготовления вала ротора. Рассматривается отрезная на станке 8Б672, токарная операция на токарном центре INDEX G220 4325 и СА600СФ3, которая включает переходы точения, фрезерования, выглаживания. Задействован фрезеровщик, оператор станков с ЧПУ. Приспособление - тиски, патрон и люнет. Инструмент контурный, канавочный резцы, концевая

фреза, алмазный выглаживатель. Применяются материалы: 14X17H2, СОЖ - эмульсия, ветошь (таблица 10).

Таблица 15 – Средства обеспечения пожарной безопасности

Процесс, оборудование	Организационно-технические меры	Нормативные требования
Технология изготовления вала ротора, 8Б672, INDEX G220 4325, СА600СФ3	Применение смазочно-охлаждающих жидкостей на базе негорючих веществ Хранение ветоши в негорючих ящиках Общее руководство и контроль за состоянием пожарной безопасности на предприятии.	Наличие пожарной сигнализации, автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения, проведение пожарных инструктажей

Таблица 16 – Определение экологически опасных факторов объекта

Производственный технологический процесс	Структурные элементы технологического процесса	Опасные и вредные выбросы в воздух	Сточные воды	Воздействие объекта на литосферу
Технологический процесс изготовления вала ротора	8Б672, INDEX G220 4325, СА600СФ3	Стружка металлическая Токсические испарения Масляный туман	Взвешенные вещества и нефтепродукты Охлаждающие среды	Отходы стружки Промасленная ветошь Растворы жидкостей

Идентификация профессиональных рисков выполнена для отрезной и токарной операций, что позволило определить ОВПФ. Это неподвижные колющие, режущие, обдирающие части твердых объектов, движущиеся твердые объекты, ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры объектов, чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, механическими колебаниями твердых тел, акустическими колебаниями твердых тел, электрическим током и электромагнитными

полями, токсического, раздражающего воздействия (через органы дыхания), статической нагрузкой и перенапряжением анализаторов (таблица 10).

Таблица 17 – Разработанные мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

Название объекта		Технология изготовления вала
Предлагаемые мероприятия снижения негативного антропогенного воздействия	на атмосферу	Фильтрационные системы для системы вентиляции участка
	на гидросферу	Локальная многоступенчатая очистка сточных вод
	на литосферу	Разделение, сортировка, утилизация на полигонах отходов

Для их устранения и снижения негативного воздействия применяются такие методы и средства, как защитный кожух и ограждение, демпфирующие опоры станка, снижение времени контакта с вибрирующими поверхностями, покрытие звукопоглощающими материалами, заземление станка и изоляция токоведущих частей, соблюдение регламентированных перерывов на отдых, а также инструктажи по охране труда, (таблица 11).

Выполнена идентификация класса и опасных факторов пожара для механообрабатывающего участка для вала ротора (таблица 12). Проводится выбор средств пожаротушения (таблица 13, 14), мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технологического процесса изготовления вала ротора (таблица 15).

Определены негативные факторы воздействия технологического процесса изготовления вала ротора на окружающую среду (таблица 16).

Перечислены организационно-технические мероприятия по снижению вредного антропогенного влияния технологии на экологию: атмосферы – оснащение фильтрующими элементами системы производственной вентиляции, гидросферы – использованием системы многоступенчатой

очистки сточных вод; литосферы – сортировкой отходов и их утилизацией на специальных полигонах (таблица 17).

Выявив и проанализировав технологию изготовления вала ротора, ее воздействие на среду, делаем вывод, что данная технология удовлетворяет нормам по защите здоровья человека и окружающей среде.

## 5 Экономическая эффективность работы

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта, определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений.

В предыдущих разделах был описан технологический процесс изготовления вала ротора насоса. На одной из операций предполагается выполнить следующие изменения:

- торцекруглошлифовальный станок, модель 3Т160 заменить на токарно-фрезерный станок INDEX G220;
- в качестве станочного приспособления предлагается использовать патрон поводковый трехкулачковый со сменными кулачками и два самоцентрирующих люнета, вместо поводкового патрона, центра и люнета;
- для выполнения операции будет необходим инструмент – алмазный выглаживатель, вместо шлифовального круга ЗП 300×20×32 23А12СМ5К5.

Учитывая описанные изменения, возникает необходимость осуществить обоснование целесообразности таких действий.

Для того чтобы выполнить основную цель раздела необходимо определить основные экономические параметры, которые позволят сделать соответствующие выводы, а именно:

- полную себестоимость выполнения анализируемой операции по вариантам;
- капитальные вложения в проектируемый технологический процесс;
- и показатели экономической эффективности предложений по совершенствованию процесса.

Все перечисленные параметры определяются по соответствующим методикам, представленным в учебно-методическом пособии по выполнению экономического раздела выпускной квалификационной работы [7], с применением программного обеспечения Microsoft Excel.

На величину полной себестоимости оказывают влияние такие параметры как: технологическая себестоимость, цеховые, заводские и внепроизводственные расходы. Максимальное влияние на конечный результат, из перечисленных параметров, оказывает технологическая себестоимость, поэтому на рисунке 2 показаны элементы, из которых формируется эта себестоимость.

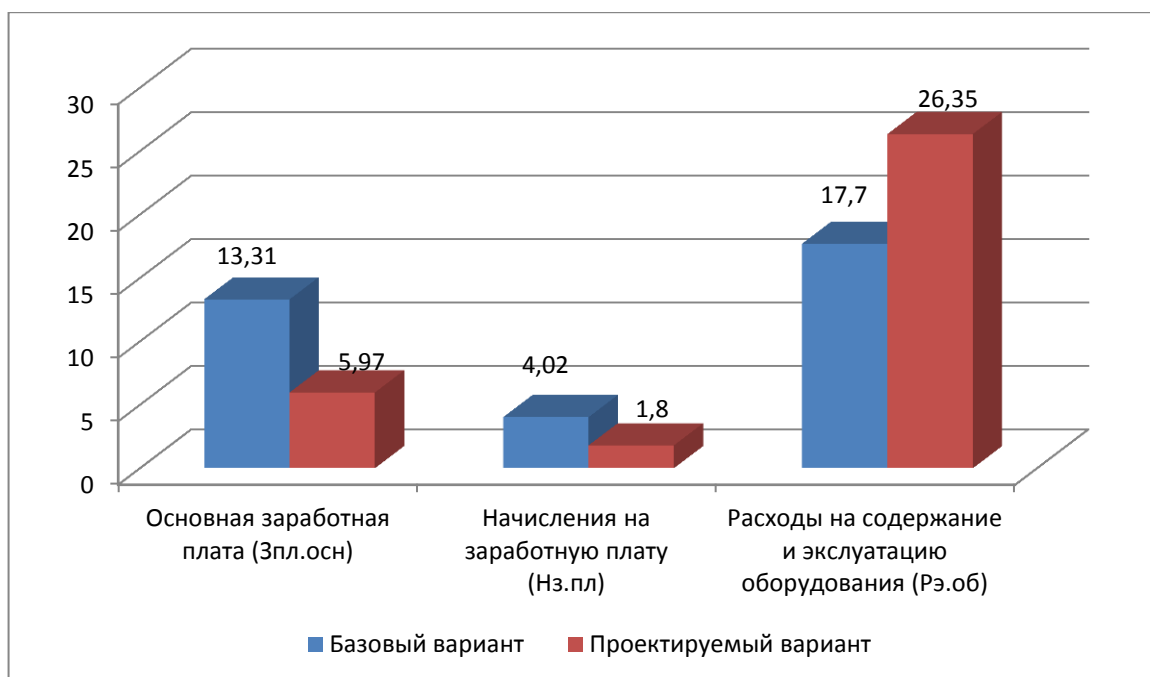


Рисунок 2 – Элементы технологической себестоимости одной операции, сравниваемых вариантов технологического процесса

Из рисунка 2 видно, что два из трех показателя: основная заработная плата и начисления на заработную плату, имеют тенденция к снижению, в то время как расходы на содержание и эксплуатацию оборудования увеличиваются в предлагаемом варианте технологического процесса. Это можно обосновать тем, что для выполнения предложенного способа обработки поверхности детали применяется станок с числовым программным управлением. В связи с этим, появляются дополнительные расходы на управляющую программу, которые и оказывают такое влияние на итоговое значение.

Представленное на рисунке 2 значение основной заработной платы является основой для определения описанных выше расходов (цеховых и заводских). Учитывая тот факт, что основная заработная плата имеет тенденция к снижению в проектируемом варианте, уменьшение составило 56,1%, то можно говорить об уменьшении этих расходов, сравнивая их значения по вариантам технологического процесса. Соответственно произойдет и снижение цеховой, заводской и полной себестоимостей.

На рисунке 3 показаны величины всех видов себестоимостей, при выполнении анализируемой операции.

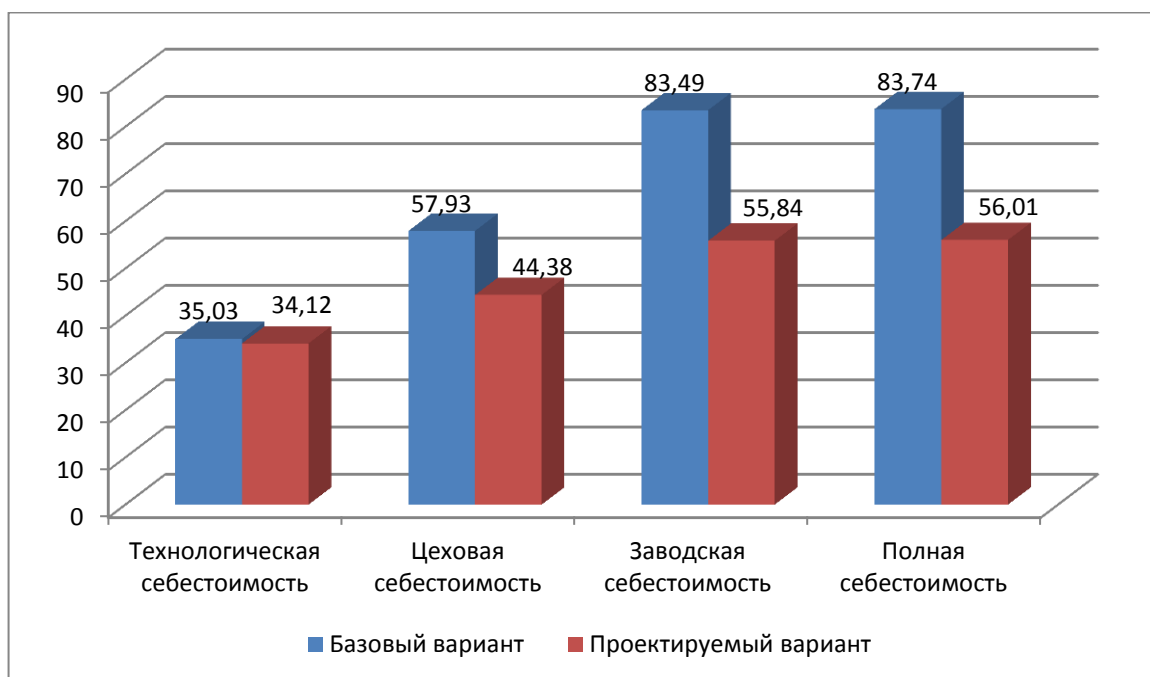


Рисунок 3 – Виды себестоимости и их значения по вариантам технологического процесса, руб.

Из рисунка 3, видно, что в проектируемом варианте, все указанные виды себестоимости имеют тенденцию к снижению, в среднем себестоимость сократилась на 20,5%, а величина полной себестоимости изменилась на 33,1% в меньшую сторону.

Чтобы принимать решение об эффективности предложенных мероприятий, необходимо знание величины капитальных вложений в проект.

Учитывая то, что совершенствования касаются оборудования, приспособления и инструмента, то капитальные вложения будут складываться из суммы затрат: на проектирование, на инструмент, на приспособление, доставку и монтаж нового оборудования и т.д. Полный перечень затрат на проектируемый вариант технологического процесса и их доля в общем объеме капитальных вложений, составляющая 90011,1 руб., представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Доля затрат в общем объеме капитальных вложений, %

Представленные на рисунке 4 значения, позволяют сделать вывод о том, что наибольшее влияние на величину капитальных вложений оказывают:

- затраты на инструмент – 46,4%;
- затраты на проектирование – 31,1%;
- капитальные вложения в основное технологическое оборудование, доля которых составляет 14,3%.



Имея значения величины капитальных вложений и полной себестоимости можно провести экономическое обоснование целесообразности внедрения предложенных изменений в технологический процесс.

Для проведения таких расчетов необходимо последовательно определить следующие значения:

- ожидаемую и чистую прибыль,
- срок окупаемости финансовых вложений,
- общий дисконтированный доход и экономический эффект от внедрения.

Согласно проведенным расчетам по определению указанных значений можно сделать вывод об эффективности предлагаемых мероприятий, так как экономический эффект составит 14949,1 руб., что является положительной величиной данной величины, а это является обязательным условием. Капитальные вложения в проект окупятся в течение 4-х лет, что тоже является допустимым значением. Основываясь на двух весомых показателях можно делать итоговый вывод – предложенные мероприятия по замене оборудования, оснастке и инструмента являются эффективными.

## Заключение

В работе выполнено проектирование технологии изготовления вала - ротора. Данный технологический процесс характеризуется использованием технологических средств, которые характерны для использования в процессе изготовления маложестких заготовок типа вал. Это приводит к дополнительным затратам и увеличивает трудоемкость обработки. Все эти производственные издержки являются следствием больших деформаций, которые возникают при установке заготовки на станке. при ее вращении и, особенно при действии сил резания.

В работе повышенное внимание обращается именно на исключение влияния этих вредных факторов путем правильного выбора схемы установки с дополнительными самоцентрирующими люнетами. Расчет режимов резания учитывает жесткость технологической системы.

Технология изготовления предусматривает использование дополнительных операций, направленных на формирование физико-механических свойств материала заготовки и обеспечение прямолинейности оси вала. Для этого используется комплекс термосиловой операции и операций правки. Для снятия напряжения используется нагрев заготовки в режиме нормализации или отжига. За счет равномерного формирования распределения остаточных напряжений обеспечивается стабильность геометрических форм заготовки вала между операциями, что позволяет снизить количество операций механической обработки. Также этот эффект положительно сказывается на эксплуатационных свойствах детали, повышая ресурс ее работы. Выполнено проектирование мер по охране труда с учетом дополнительных вредных факторов из-за нагрева стапеля для закрепления заготовки на термосиловой обработке вредных испарений, в том числе машинного масла и собственно высокой температуры. Также рассмотрены меры по экологической защите. Экономический расчет учитывает изменения в технологическом процессе связанные с повышением жесткости заготовки.

## Список используемых источников

1. Боровский Г. В. Справочник инструментальщика [Текст] / Г. В. Боровский, С. Н. Григорьев, А. Р. Маслов ; под общ. ред. А. Р. Маслова. - Москва : Машиностроение, 2005. - 463 с. : ил. - Библиогр.: с. 460-463. - ISBN 5-217-03284-7 : 553-64.
2. Водяник В. И. Безопасность жизнедеятельности [Текст] : учеб. пособие / В. И. Водяник ; Сочинск. гос. ун-т туризма и курортного дела. - Изд. 2-е, перераб. и доп. ; ВУЗ/изд. - Сочи : ГУП "СПП", 2002. - 284 с. : ил. - Библиогр.: с. 283-284 (13назв.). - 220-00.
3. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве [Текст] : учеб. пособие / Л. Н. Горина. - Гриф УМО. - Тольятти : ТолПИ , 2000. - 79 с. : ил. - Библиогр.: с. 79. - 1-00. Горохов, В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учебник для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 301 с.
4. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.
5. Горохов, В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учебник для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 301 с.
6. Зубарев Ю. М. Специальные методы обработки заготовок в машиностроении [Текст] : учеб. пособие для студентов машиностр. вузов / Ю. М. Зубарев. - Гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 400 с. : ил. - (Учебник для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 392-395. - ISBN 978-5-8114-1856-5 : 1091-00.
7. Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова, – Тольятти : ТГУ, 2015. - 46 с.

8. Зуев А. А. Технология машиностроения [Текст] : учеб. для вузов / А. А. Зуев. - 2-е изд., испр. и доп. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2003. - 496 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 491-492. - ISBN 5-8114-0470-0 : 175-90.

9. Марочник сталей и сплавов [Текст] / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с. : ил. - Библиогр.: с. 773-782. - Прил.: с. 585-772. - ISBN 5-217-03177-8 : 6230-35.

10. Михайлов А. В. Основы проектирования технологических процессов машиностроительных производств [Текст] : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / А. В. Михайлов, Д. А. Расторгуев, А. Г. Схиртладзе. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2016. - 335 с. : ил. - Библиогр.: с. 332-335. - ISBN 978-5-94178-193-5. - 458-18.

11. Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин [Текст] : учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с. : ил. - Библиогр.: с. 50. - 28-58.

12. Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с. : ил. - Библиогр.: с. 55-56. - Прил. : с. 57-140. - ISBN 978-5-8259-0817-5 : 1-00.

13. Расторгуев Д. А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления [Электронный ресурс] : электронное учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2017. - 34 с. : ил. - Библиогр.: с. 31-34. - ISBN 978-5-8259-1145-8.

14. Расчет режимов резания при точении и фрезеровании [Текст] : метод. пособие к курс. работе по дисциплине "Технол. процессы машиностроит. пр-ва" для заоч. формы обучения спец. 12 01 00, 12 02 00, 15 01 00, 150200 / ТГУ ; Каф. "Технология машиностроения". - Тольятти : ТГУ, 2002. - 59 с. : ил.
15. Режущий инструмент [Текст] : учеб. для вузов / Д. В. Кожевников [и др.] ; под ред. С. В. Кирсанова. - Гриф УМО. - Москва : Машиностроение, 2004. - 511 с. : ил. - Библиогр.: с. 510-511. - ISBN 5-217-03250-2 : 312-00.
16. . Станочные приспособления [Текст] : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлениям подготовки 15.03.05 (151900) "Конструкторско-технол. обеспечение машиностроит. пр-в", "Автоматизация технол. процессов и пр-в (машиностроение)" / В. В. Клепиков [и др.]. - Гриф УМО. - Москва : Форум, 2016. - 318 с. : ил. - Библиогр.: с. 314. - Прил.: с. 254-313. - ISBN 978-5-00091-121-1. - 639-82.
17. Станочные приспособления [Текст] : справочник. В 2 т. Т. 1 / А. И. Астахов [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 591 с. : ил. - Библиогр.: с. 585. - Предм. указ.: с. 588-591.
18. Схиртладзе А. Г. Станочные приспособления [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. Г. Схиртладзе, В. Ю. Новиков. - Гриф МО. - Москва : Высш. шк., 2001. - 110 с. : ил. - ISBN 5-06-003988-9 : 110-00.
19. Схиртладзе А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств [Текст] : учеб. пособие. Т. 1 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 547 с. : ил. - Библиогр.: с. 531-544. - ISBN 978-5-94178-160-7 : 463-50.
20. Схиртладзе А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств [Текст] : учеб. пособие. Т. 2 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 518 с. : ил. - Библиогр.: с. 502-515. - ISBN 978-5-94178-122-5 : 463-50.

21. Технология машиностроения [Текст] : учеб. для вузов. В 2 т. Т. 2. Производство машин / В. М. Бурцев [и др.] ; под ред. Г. Н. Мельникова. - Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. - 640 с. : ил.

22. Технология машиностроения [Текст] : учеб. для вузов. В 2 т. Т. 1. Основы технологии машиностроения / В. М. Бурцев [и др.] ; под ред. А. М. Дальского . - Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. - 564 с. : ил. - Библиогр.: с. 559.

23. Технология машиностроения: учебник/А. А. Маталин.- Изд. 4-е, стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2016. - 512 с.

Приложение А

Технологическая документация

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1											
Дубл.											
Взам.											
Плол.											
										3	1
Разраб.	Небогатых Д.А.										
Проверил	Рассторгуев Д.А.										
Утвердил	Логинев Н.Ю.										
Н. контр.	Рассторгуев Д.А.										
	Вал										
М 01	Сталь 31Х19Н9МВБТ ГОСТ 5632-72										
	Код	ЕН	МД	КМ	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	МЗ			
М 02	10	1	28	1	0,78 05	82,5x772	1	36			
А	Цех Уч.   РМ   Опер.	Обозначение документа									
Б	Код. наименование оборудования	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Глз.
А03	000 4286 Фрезерно-отрезная										
Б04	Отрезной станок 8Б672	1 1 1 1									
А05	005 Права										
Б06	Пресс	1 1 1 1									
А07	010 5022 Термообработка (Отжиг без фазовых превращений										
А08	дорекристаллизационный смягчающий на возврат										
Б09		1 1 1 1									
А10	015 4110 Токарная										
Б11	Токарный центр INDEX G220	1 1 1 1									
А12	020 5022 Термообработка										
Б13		1 1 1 1									
А14	025 4110 Токарная										
Б15	Токарный центр INDEX G220	1 1 1 1									
А16	030 5000 Термическая обработка										
МК	Маршрутная карта										
		2									

Продолжение приложения А

ГОСТ 3.1118-82 Форма																	
Двусл.																	
Взам.																	
Тюсл.										2							
вал ротора																	
А	Цех	Уч.	Р/М	Опер.	Код. наименование операции	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тлз	Тшт.	
Б	Код. наименование оборудования										Обозначение документа						
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала										Обозначение, код						
A01																	
B02														1	1	1	
A03					035 4233 Токарная с ЧПУ												
B04					Токарный центр INDEX G220									1	1	1	
A05					040 4233 Токарная с ЧПУ												
B06					Токарный центр INDEX G220									1	1	1	
A07					045 0125 Промывка												
B08					LVT400-M									1	1	1	
A09					050 0200 Контроль												
B10																	
A11																	
B12																	
A13																	
B14																	
A15																	
B16																	
A17																	
МК	Маршрутная карта										3						

















Приложение В

Спецификация инструмента

Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Подп.	Дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп.	Дата	Справ. №	Перв. примен.	
																					Лит
										Документация											
						A2			20.ВКР.ОТМП.772.75.00.000.СБ	Резец выглаживатель	1										
										Сборочные единицы											
								1	20.ВКР.ОТМП.772.75.01.000	Шаговый двигатель	1										
								2	20.ВКР.ОТМП.772.75.02.000	Датчик давления	1										
										Детали											
								3	20.ВКР.ОТМП.772.75.00.003	Поршень	1										
								4	20.ВКР.ОТМП.772.75.00.004.	Корпус	1										
								5	20.ВКР.ОТМП.772.75.00.005	Державка	1										
								4	20.ВКР.ОТМП.772.75.00.006	Поршень	1										
								5	20.ВКР.ОТМП.772.75.00.007	Гайка шлицевая	1										
								6	20.ВКР.ОТМП.772.75.00.008	Выглаживающая головка	1										
								7	120.ВКР.ОТМП.772.75.00.009	Шлицевая втулка	1										
										Стандартные изделия											
								8		Винт М5 х5-6г 35Х.01 ГОСТ Р 11738-84	4										
										20.ВКР.ОТМП.772.75.00.000.СП											
										Выглаживатель											
										ТГУ, ИМ ТМдд-1502а											
										Копировал			Формат А4								



