

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(наименование кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных

производств

(направленность (профиль) специализация)

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему Технологический процесс изготовления приводного маложестного вала насоса

Студент(ка)	<u>Д.В. Бодрунов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>Д.А. Расторгуев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>Н.В. Зубкова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Тольятти 2019

## АННОТАЦИЯ

Цель работы заключается в проектировании техпроцесса изготовления вала насоса для условий серийного производства.

Основной вопрос при проектировании – обеспечение достаточной жесткости заготовки для проведения механической обработки, а также сохранении этой точности между операциями и после всего техпроцесса. Это реализовано за счет рационально выбранных схем установки заготовки с использованием неподвижных люнетов на токарных операциях. Также предлагается замена финишного перехода – чистового точения в базовом варианте на выглаживание.

Экологические мероприятия, меры по охране труда нужны для обеспечения соответствующих норм и стандартов. Расчет экономической эффективности предложенных изменений в оснащении, и корректировка режимов резания подтверждают правильность выбранных решений.

Записка выпускной работы состоит из 60 страниц.

Графическая часть - 7 листов формата А1.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Анализ исходных данных .....	5
1.1 Анализ служебного назначения. Условия работы детали .....	5
1.2 Анализ технологичности детали.....	7
2 Разработка технологической части работы.....	13
2.1 Выбор заготовки.....	13
2.2 Расчёт себестоимости заготовки.....	14
2.3 Разработка схем базирования, технологического маршрута и плана обработки .....	15
2.4 Выбор средств технологического оснащения .....	17
2.5 Проектирование операций.....	19
2.6 Нормирование операций технологического процесса .....	23
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	25
3.1 Проектирование люнета .....	25
3.2 Проектирование резца .....	30
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	32
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.....	32
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	32
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	32
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	34
4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.....	35
4.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта».....	36
5 Экономическая эффективность работы.....	37
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	41
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	42
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	45
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	46
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	56
ПРИЛОЖЕНИЕ В .....	59

## **ВВЕДЕНИЕ**

Технологии современного многономенклатурного производства по изготовлению разнообразных деталей должны иметь высокую гибкость, т.е. возможность быстрой переналадки станков на изготовление различных деталей. При этом должны обеспечиваться высокие требования по надежности, долговечности машины. Снижение материалоемкости деталей затрудняет производство и не способствует снижению затрат на их изготовление. Поэтому современное технологическое оснащение должно обеспечивать производительность за счет как интенсивных режимов резания (высокие скорости резания, подачи или глубина резания), так и быстрой переналадки. Качество изготовления деталей должно быть обеспечено в любом случае.

В работе описана разработка одного из вариантов технологического процесса изготовления заданной детали - вала с годовым объемом выпуска деталей 1000 штук в год.

# 1 Анализ исходных данных

## 1.1 Анализ служебного назначения. Условия работы детали

Деталь – вал насоса. Он работает в установке по перекачке химических составов за счет давления, создаваемого лопатками. Он служит для перекачивания химически активных и нейтральных жидкостей плотностью не более  $1750 \text{ кг/м}^3$  при частоте вращения  $2900 \text{ мин}^{-1}$ , имеющих твердые включения размером до  $0,2 \text{ мм}$ , объемная концентрация которых не превышает  $0,1$  процента, с температурой от минус  $40^\circ$  до плюс  $90^\circ \text{C}$ . Приводом в агрегатах являются электродвигатели общепромышленного и взрывозащищенного исполнения.

Вал испытывает динамические нагрузки, связанные с напором и турбулентностью перекачиваемых сред. Нагрузки - большие крутящие моменты. Для вала выбрана коррозионно-стойкая сталь 12X18H12T ГОСТ 5949-75. Состав сплава приведен в таблице 1.1 [1].

Таблица 1.1 - Химический состав

Химический элемент	Процент
Кремний (Si), не более	0.8
Марганец (Mn), не более	2.0
Медь (Cu), не более	0.30
Никель (Ni)	11.0-13.0
Сера (S), не более	0.020
Титан (Ti)	0.6-0.7
Углерод (C), не более	0.12
Фосфор (P), не более	0.035
Хром (Cr)	17.0-19.0

Физико-механические параметры, необходимые для расчетов, предел текучести  $\sigma_{0,2}$ , предел прочности  $\sigma_B$ , относительное удлинение после разрыва  $\delta_5$  и относительное сужение  $\psi$  приведены в таблице 1.2 [1]. Все характеристики выбраны для размера сечения ( $60 \text{ мм}$ ), которые соответствуют размерам вала.

Таблица 1.2 - Физические свойства

Термообработка, состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
Прутки. Закалка 1020-1100 °С, воздух, масло, вода.	60	195	540	40	55

Обрабатываемость резанием в закаленном состоянии при твердости НВ 170 и  $\sigma_B = 470$  МПа для инструментального материала из твердых сплавов  $K_{тв. спл} = 0,85$  и из быстрорежущих -  $K_{б. ст} = 0,35$ .

С учетом служебного назначения вала при разработке технологии, особое внимание обработке самых ответственных поверхностей. Это конструкторские основные и вспомогательные базы, а также исполнительные поверхности. Весь вал механически обрабатывается (см. рисунок 1.1). Для работы по поверхностям вала с учетом их служебного назначения, систематизация дана в таблице 1.3.

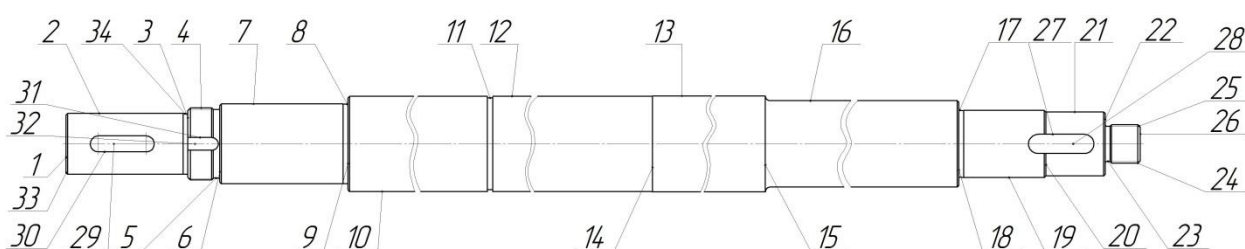


Рисунок 1.1 - Эскиз вала насоса

Таблица 1.3 - Классификация поверхностей детали по функциональному назначению

Виды поверхностей	Номера поверхностей
Основная конструкторская база	7,9,18,19
Вспомогательная конструкторская база	2,5,30,4,31,32,10,13,27,28,21,24
Исполнительные поверхности	27, 30
Свободные	остальные

## 1.2 Анализ технологичности детали

Чертеж детали приведён на листе. Свободные поверхности предусматривается обрабатывать по H14/h14 качеству точности. Этого можно добиться при черновом точении на первой операции.

Вследствие малой жесткости детали при обработке будут доминировать упругие деформации подсистемы заготовка-опоры. Поэтому на операциях токарной и отделочной обработки необходимо использовать люнеты.

В целом конструкция вала не позволяет использовать высокопроизводительные методы формообразования, т.к. конструкция характеризуется отношением длины к диаметру  $l/d = 864/40 \approx 21$ , простой конфигурацией наружного контура.

Квалитет точности, достигнутый на предшествующей операции, не уменьшается (нормализация).

Таким образом, с точки зрения получения заготовки, деталь можно также считать не технологичной. Заготовка сортовой прокат по ГОСТ 2590-88.

Заготовка имеет простую форму, но в связи с большим габаритным размером по длине её нельзя выполнить ни каким другим методом кроме проката. Возможна типовая обработка поверхностей указанных размеров имеющимися средствами. Возможен контроль имеющимися средствами, доступ к местам контроля.

Материал детали поддается лезвийной обработке и пластическому деформированию. Заготовка сортовой прокат по ГОСТ 2590-88. Твердость поверхностей по Бринеллю более 270 единиц. Припуски на обработку увеличенные, их расчет производится по стандартным таблицам. Оборудование полностью универсальное. Выверка детали на станке происходит по измерительным приборам.

Контроль в процессе обработки ведётся по каждой операции для каждой детали. Для контроля применяются в основном стандартные средства контроля. На конечной маркировочной операции ставится обозначение и дата изготовления. Транспортировка заготовок вала осуществляется в транспортировочных приспособлениях – стапелях мостовым краном или кран-балкой, возможно погрузчиком к рабочим местам и месту складирования. Хранение готовой продукции происходит на специальных стеллажах в свободно подвешенном состоянии.

В таблице 1.4 представлено штучное время на каждую операцию действующего технологического процесса.

Таблица 1.4 - Штучное время операций базового технологического процесса

№ операции	$T_{шт}$ , мин	№ операции	$T_{шт}$ , мин	№ операции	$T_{шт}$ , мин
010	30	090	90	170	150
020	10	100	390	180	24
030	-	110	120	190	150
040	30	120	660	200	3
050	120	130	120	210	150
060	35	140	10	220	100
070	3	150	780	230	3
080	23	160	90		
Суммарная трудоемкость $\Sigma T_{шти}$					3292

Рассчитаем среднее штучное время  $T_{шт. ср.}$  в минутах по формуле:

$$T_{шт. ср.} = \frac{T_{шти}}{n}, \quad (1.1)$$

где  $T_{шти}$  – штучное время на каждой операции, мин;

$n$  – число операций. Число операций в базовом процессе  $n = 23$ .



Суммарное штучное время  $\Sigma T_{умi}=3292$  мин.

$$T_{ум.ср.} = 3292/23 = 143 \text{ мин.}$$

Коэффициент серийности определяем по формуле [2]:

$$K_c = t_e / T_{ум.ср.}, \quad (1.2)$$

$$K_c = 2436/143 = 17.$$

Он соответствует среднесерийному производству.

Таблица 1.4 - Технологический маршрут обработки детали

Наименование операции	Содержание операции	Технологическое оборудование
1	2	3
Заготовительная	Отрезать пробу L= 100 под механические испытания и заготовку L = 2420	Пила ЛПЧ
Стилоскопирование	Контроль качественного состава материала	Переносной стилоскоп
Контрольная	Контроль механических свойств	
Расточная	Фрезеровать торцы вала, зацентровать с поворотом стола	Расточной станок группы РГ - 160
Токарная	Установить вал в центра, закрепить для вала, у которого отношение $L/D \geq 10$ , проточить пояски под люнет. С переустановкой детали обработать вал под УЗК	Токарный станок группы Т 820
Контрольная	Ультразвуковой контроль	Аппарат для УЗК
Разметка	Разметить отверстие под захват	Разметочная плита
Сверлильная	Сверлить отверстие по разметке	Сверлильный станок группы СР - 115

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3
Термическая	Прогиб вала не более 2-3 мм после термообработки	Печь СШО 1575/12
Токарная	Установить деталь в центра и люнет, закрепить в кулачках за припуск под захват. С переустановкой обработать деталь с припуском 3 мм на сторону	Токарный станок группы Т 820
Термическая	Прогиб вала не более 1,5 мм после термообработки	Печь СШО 1575/12
Токарная	Установить деталь в центра и люнет, закрепить в кулачках за припуск под захват. С переустановкой и выверкой с точностью до 0,1 обработать деталь с припуском 3 мм на размер	Токарный станок группы Т 820
Термическая	Прогиб вала не более 1 мм	Печь СШО 1575/12
Отрезная	Отрезать припуск под захват	Пила группы ЛПЧ
Токарная	Установить вал, закрепить в кулачках и люнете, выставить до 0,05 мм. Подрезать торец, зацентрировать, переустановить вал, вывериться до 0,05 подрезать торец, в размер зацентрировать. С переустановкой и выверкой детали до 0,01 мм поверхности с шероховатостью Ra 2,5 мкм обработать с припуском 1,5 мм на размер остальные поверхности обработать в размер чертежа. Переустановить вал в центрах, обработать поверхности с шероховатостью Ra 2,5 мкм с припуском 0,6 мм на размер.	Токарный станок группы Т 820
Токарная	Установить вал, выверить по опорным шейкам с точностью до 0,01 мм с переустановкой и	Токарный станок группы Т 820

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3
	выверкой в кулачках и люнете, править центровые отверстия, поджать деталь центром и нарезать резьбу согласно чертежу	
Шлифовальная	Установить деталь в центрах и люнет, выверить с точностью до 0,01 мм закрепить. С переустановкой и выверкой детали до 0,01 мм шлифовать поверхности вала с припуском 0,3 мм на размер	Шлифовальный станок группы ШК
Разметка	Разметить шпоночные пазы	Разметочная плита
Фрезерная	Установить вал, выверить по опорным шейкам на параллельность ходу стала с точностью до 0,01 мм. Закрепить. Настроится в центр паза. Фрезеровать пазы согласно чертежу, с учётом припуска под шлифование	Фрезерный станок группы ФП 400
Слесарная	Зачистить заусенцы	
Шлифовальная	Установить деталь в центрах и люнет, выверить с точностью до 0,01 мм закрепить. Обработать подшипниковые шейки с припуском 0,01 мм, остальное в размер согласно чертежу с переустановкой, выверкой детали до 0,005	Шлифовальный станок группы ШК
Токарная	Притупить острые кромки, зачистить галтели и радиуса согласно чертежу	Токарный станок группы Т 820
Токарная	Алмазное выглаживание подшипниковых шеек	Токарный станок группы Т 820

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3
Маркирование	По техническим требованиям чертежа	

Коэффициент серийности для серийного производства равен 10...20 [3]. На основании проведенных расчетов принимаем тип производства среднесерийный.

Однако преимущества поточного производства необходимо максимально использовать для цехов со средне- и мелкосерийным типами производства путём внедрения групповых методов обработки заготовки, также за счет широкого применения автоматизированных станков с ЧПУ, а также многоцелевых станков, организации автоматизированных участков с интегрированным управлением, комплексной механизации технологических процессов.

## 2 Разработка технологической части работы

### 2.1 Выбор заготовки

Исходя из условий работы, конструкции детали, материала заготовки и типа производства, а также больших габаритных размеров  $L_d=1700$  мм и отсутствии возможности получения заготовки штамповкой, в качестве метода получения заготовки принимается прокат. Рассмотрим два метода получения заготовки – круглый калиброванный и горячекатаный прокат.

Круглый горячекатаный прокат является одним из самых распространённых методом получения заготовки. Круглый калиброванный прокат повышает стоимость заготовки, но позволяет получить заготовку повышенного качества с минимальным объемом механической обработки. Для выбора способа получения заготовки вала ведется расчет себестоимости по вариантам [3].

Припуск на наибольший диаметр изделия составляет 5 мм.

По ГОСТ 7417 – 75 на калиброванный прокат предельная кривизна заготовки для 5 класса точности составляет 1 мм/м. При длине заготовки 1700 мм она составляет 1,7 мм. Для данного метода получения заготовки диаметр с учетом припуска принимаем равным 74 мм.

По ГОСТ 2590 – 88 на горячекатаный прокат предельная кривизна заготовки для 1 класса точности составляет 0,4 процента от длины заготовки. Тогда при длине заготовки 1700 мм она составляет 6,8 мм. Тогда диаметр заготовки составит 84 мм.

Масса детали  $m_d=37$  кг.

Масса заготовки из калиброванного проката  $m_3=58,7$  кг. Коэффициент использования материала  $K_m$  составит:

$$K_m = m_d/m_3, \quad (2.1)$$

$$K_m = 37/58,7=0,63.$$

Масса заготовки из горячекатаного проката  $m_3 = 73$  кг и  $K_m$  составит:

$$K_m = 37/73 = 0,5.$$

## 2.2 Расчёт себестоимости заготовки

Исходные данные для расчета себестоимости приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Данные для расчета заготовок

Параметр	Прокат	
	горячекатаный	калиброванный
Класс точности	1	4
Масса, кг	68	54
Стоимость 1 кг проката, руб.	260	338
Стоимость 1 кг стружки, руб.	30	

Технологическая себестоимость по вариантам заготовок из различных прокатов:

$$C_T = C_{заг} \cdot Q - C_{отх} \cdot (Q - q), \quad (2.3)$$

где  $Q$  – масса заготовки, кг;

$q$  – масса детали, кг. Для круглого горячекатаного проката:

$$C_{T1} = 260 \times 73 - 30 \times (73 - 37) = 17900 \text{ руб.}$$

Для круглого калиброванного проката:

$$C_{T2} = 338 \times 58,7 - 30 \times (58,7 - 37) = 19190 \text{ руб.}$$

При сравнении технологической себестоимости по вариантам заключаем, что экономически выгодным является изготовление заготовки из круглого калиброванного проката.

### 2.3 Разработка схем базирования, технологического маршрута и плана обработки

В таблице 2.2 представлен маршрут обработки вала с указанием параметров точности и шероховатости.

Таблица 2.2 - Маршрут обработки поверхностей детали

№ операции	Наименование операции	Номер обрабатываемой поверхности	Квалитет	Ra, мкм	Оборудование
1	2	3	4	5	6
010	Отрезная	1,26	16	12,5	Консольно ленточно-отрезной станок фирмы «Doall» модели С – 4100NC
060	Сверлильная	Технологическое отверстие 35	11	12,5	Радиально сверлильный станок 2Н55
080	Токарная многопозиционная	2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 13, 15, 16, 18, 19, 22, 24	12	12,5	Модульный станочный комплекс
100	Токарная	2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 13, 15, 16, 18, 19, 22, 24	10	12,5	Модульный станочный комплекс

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6
120-I	Токарная многопозиционная	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 ,24	9	6,3	Модульный станочный комплекс
120-II		17,18,24	8 7	3,2 2,5	
120-III		2, 3, 7, 8, 10, 13	8 7	3,2 2,5	
120-IV		2, 7, 10 ,12, 13	7 6	2,5 1,25	
120-V		19,20	7 6	2,5 1,25	
120-VI		29, 30, 21, 32, 27, 28	12 9	6,3 3,2	
120-VII		13	6	0,63	

На первой 010 операции механической обработки вала создаются черновые базы. Установка заготовки ведется по исполнительным поверхностям. Для того чтобы стала возможна токарная многопозиционная обработка детали на данном станке с одной установки детали необходимо отказаться от стандартной схемы базирования детали (патрон центр или центр-центр). Предлагается новая схема базирования заготовки на станке: Заготовка устанавливается по поверхностям 10-13 в 4 самоцентрирующихся люнетах с упором в торец 1.



Для реализации данной схемы обработки с заданной точностью необходимо, чтобы оси центрирования люнетов были точно выставлены в пространстве относительно друг друга.

Разработка плана обработки представлена на соответствующем листе работы.

#### **2.4 Выбор средств технологического оснащения**

Так как производство единичное, то принимается в основном стандартный режущий инструмент. Конструкции режущих инструментов, а именно: резцов токарных проходных упорных, резцов токарных проходных отогнутых, резцов токарных для нарезки метрической резьбы, сверл центровых, сверл спиральных, шпоночных фрез, торцевых фрез, отрезных резцов, шлифовальных кругов - определены стандартами. Так же применяются специализированные канавочные резцы и радиусные резцы. Проведем выбор средств технологического оснащения (СТО) по операциям технологического процесса [4-10].

Операция 010.

Станок: консольно ленточно-отрезной станок фирмы «Doall» модели С – 4100NC.

Инструмент: пила 4.724×41×1,3.

Средства контроля: рулетка Р5У 3К по ГОСТ 7502-98.

Операция 060.

Станок: радиально-сверлильный станок 2Н55.

Инструмент: 2301-0920 сверло диаметром 20 мм Р6М5 ГОСТ 19546-74.

Средства контроля: ШЦ-I-125-0,1 штангенциркуль ГОСТ 166-89.

Операция 080.

Станок: модульный станочный комплекс WFL Millturn M30.

Инструмент: PDINL4040R15 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82. PTTNL 2525M22 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82.

Средства измерения: рулетка Р5У 3К по ГОСТ 7502-98  
Штангенциркуль ШЦ – I – 250 – 0,1 ГОСТ 166-80.

Операция №100.

Станок: модульный станочный комплекс WFL Millturn M30.

Инструмент: Резец контурный правый с твёрдосплавными пластинками ВК15. Резец контурный левый с твёрдосплавными пластинками ВК15.

Средства контроля: Рулетка Р5У 3К по ГОСТ 7502-98.  
Штангенциркуль ШЦ – I – 250 – 0,1 ГОСТ 166-80.

Операция 120

Станок: модульный станочный комплекс WFL Millturn M30 .

Позиция №1. Инструмент: Резец контурный правый с твёрдосплавными пластинками Т15К6. Резец контурный левый с твёрдосплавными пластинками Т15К6. Резец канавочный с твёрдосплавными пластинками Т15К6 ГОСТ 18884 – 73. Отрезной резец с пластинами из твёрдого сплава Т15К6 ГОСТ 18874 – 73.

Позиция №2. Инструмент: Резец контурный правый с твёрдосплавными пластинками Т15К6. Резец резьбовой левый с пластинкой из твёрдого сплава ГОСТ 18885 -73. Отрезной резец с пластинами из твёрдого сплава Т15К6 ГОСТ 18874 – 73.

Позиция №3. Инструмент: Резец контурный левый с твёрдосплавными пластинками Т15К6. Резец резьбовой правый с пластинкой из твёрдого сплава Т15К6 ГОСТ 18885 -73.

Позиция №4. Инструмент: Резец контурный левый с твёрдосплавными пластинками Т15К6.

Позиция №5. Инструмент: Резец контурный правый с твёрдосплавными пластинками Т15К6.

Позиция №6. Инструмент: Фрезы шпоночные из быстрорежущей стали Р6М5 ГОСТ 9140 – 78.

Позиция №7.

Инструмент: Алмазный выглаживатель.

Средства контроля: Штангенциркуль ШЦ – I – 250 – 0,1 ГОСТ 166-80, Штангенциркуль ШЦ – III – 2000 – 0,05 “GRIFF”(ST188AC). Индикатор часового типа ИЧ ГОСТ 577-68. Микрометр гладкий цифровой (0,001 мм) МКЦ – 50 ГОСТ 6507 – 90. Микрометр гладкий цифровой (0,001 мм) МКЦ – 75 ГОСТ 6507 – 90. Калибр кольцо резьбовое М 45×1,5 – 6g ПР ГОСТ 17763 – 72. Калибр кольцо резьбовое М 45×1,5 – 6g НЕ ГОСТ 17762 – 72. Калибр кольцо резьбовое М 24×1,5 LH – 6g ПР ГОСТ 17763 – 72. Калибр кольцо резьбовое М 24×1,5 LH – 6g НЕ ГОСТ 17762 – 72.

Для установки вала на всех операциях применяется патрон поводковый НУ 2616.100 с люнетами, спроектированными в разделе 3.

## 2.5 Проектирование операций

На 010 операции выполняется отрезка образца на механические испытания и разрезка прутка на заготовки. Все режимы обработки на эту и последующие операции взяты из справочников [11, 12] и даны в таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Сводная таблица режимов резания по операциям

Операция	Переход	Инструмент	Глубина резания $t$ , мм (путь резания $L$ , мм)	Подача $S$ , мм/об	Скорость резания $V$ , м/мин	Обороты $n$ , об/мин
1	2	3	4	5	6	7
010	Отрезка	Биметаллическая ленточная пила по металлу SPM71 “PEGAS – GONDA”	6 (75)	5	10	10
060	Сверление	Диаметр 20 мм P6M5	10 (73)	0,43	100	102
080	Черновое точение по	Резец контурный T15K6	1,5	0,47	167	886

	контур					
100	Точение получистов ое	Резец контурный T15K6	0,35	0,25	191	1013

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6	7
120	Отрезка	Пила дисковая	5	0,1	134	1080
	Точение чистовое	Резец контурный КТН-16	0,2	0,15	238	1263
	Точение канавки	Резец канавочный T15K6	3,5	0,12	113	1440
	Нарезание резьбы	Резец резьбовой T15K6	0,2	1,5	127	1685
	Точение тонкое	Резец резьбовой T30K4	0,2	0,09	269	1428
	Фрезерован ие осевое	Фреза концевая D=8 мм	3,5	0,007	8,8	350
	Фрезерован ие продольное	Фреза концевая D=8 мм	3,5	0,022	6,6	262
То же	Фрезерован ие осевое	Фреза концевая D=10 мм	5	0,008	8	254
»	Фрезерован ие продольно е	Фреза концевая D=10 мм	5	0,024	6,1	194
»	Фрезерован ие осевое	Фреза концевая D=12 мм	5	0,008	8	212
»	Фрезерован ие продольно е	Фреза концевая D=12 мм	5	0,024	6,1	162

»	Выглажива ние алмазное	R=3 мм	Сила прижима 183 Н	Давлени е в системе 0,6 МПа	60	-
---	------------------------------	--------	--------------------------	--------------------------------------	----	---

Таблица 2.4 – Силовые параметры и основное время обработки по операциям

№ опер	Переход	Стойкость инструмента, мин	Длина резания $l_0$ , мм; Время основное $T_0$ , мин	Осевая сила, Н	Момент, Н·м/ Силы резания, Н	Мощность резания, кВт
010	Отрезка	60	74 мм; $T_0=0,6$ мин	50	10	-
060	Сверление	15	1,9	1779	153	1,6
080	Черновое точение по контуру	60	$l_0=1700+175+155+617+250+50=2947$ мм; $T_0=7,1$ мин	-	$P_z=482$ Н; $P_y=193$ Н; $P_x=338$ Н	1,3
100	Точение п/чистовое	120	$l_0=1750$ мм; $T_0=6,9$	-	$P_z=210$ Н; $P_y=84$ Н; $P_x=147$ Н	$N=0,66$ кВт
120	Отрезка	60	$l_0=40$ мм; $T_0=0,37$ мин	-	$N=2$ кВт	1080
То же	Точение п/чистовое	60	$l_0=1750$ мм; $T_0=9,2$	-	$P_z=168$ Н; $P_y=96$ Н; $P_x=168$ Н	$N=0,7$ кВт

»	Точение канавки	120	$l_0=1,8+2+2$ (под резьбу М24, М45); $T_0=0,04$ мин	-	-	-
---	-----------------	-----	--	---	---	---

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5	6	7
»	Нарезание резьбы	60	$l_0=22+5+20$ $+7=250$ мм; $T_0=0,1$ мин	-	$P_z=430$ Н	$N=0,9$ кВт
»	Точение тонкое	120	$l_0=75+80+1$ $20+100+60$ $+30=465$ мм; $T_0=3,6$ мин	-	$P_z=240$ Н ; $P_y=96$ Н; $P_x=168$ Н	$N=0,85$ кВт
»	Фрезерование осевое	60	$l_0=3,5$ мм; $T_0=0,9$ мин	-	$P_z=83$ Н; $M_{кр}=4,4$ Нм	$N=0,02$ кВт
»	Фрезерование продольное	60	$l_0=15$ мм; $T_0=1,3$ мин	-	$P_z=221$ Н ; $M_{кр}=8,8$ Нм	$N=0,02$ кВт
»	Фрезерование осевое	60	$l_0=5$ мм; $T_0=1,23$ мин	$M_{кр}=9,$ 3 Нм	$N=0,03$ кВт	-
»	Фрезерование продольное	60	$l_0=30$ мм; $T_0=3,2$ мин	$M_{кр}=9,$ 3 Нм	$N=0,03$ кВт	-
»	Фрезерование продольное	60	$l_0=29$ мм; $T_0=3,1$ мин	$M_{кр}=9,$ 3 Нм	$N=0,03$ кВт	194
»	Выглаживание	60	$l_0=100$ мм; $T_0=6,3$ мин	-	-	-

	алмазное					
--	----------	--	--	--	--	--

## 2.6 Нормирование операций технологического процесса

Штучное время  $T_{шт}$  определяем по формуле [13]:

$$T_{шт} = T_o + T_г, \quad \text{мин} \quad (2.1)$$

где  $T_o$  – время обработки, мин;

$T_г$  – вспомогательное время.

Проведем нормирование операции 080 токарная. Время обработки  $T_o$  определяется по формуле:

$$T_o = \Sigma T_{oi}, \quad (2.2)$$

Где  $\Sigma T_{oi}$  – сумма времён на каждом переходе в данной операции, мин (см. таблицу 2.4).

Вспомогательное время по данным [14] принимаем, включая время на обслуживание и время на отдых:  $T_г = 24$  мин.

$$T_{шт} = 7,1 + 24 = 31,1 \text{ мин.}$$

Для операции 100 токарная время обработки определяется по формуле (2.2):  $T_o = 6,9$  мин.

Определяем штучное время на операции по формуле (2.1):

$$T_{шт} = 6,9 + 26 = 33 \text{ мин.}$$

Проведем расчет штучного времени для токарной многопозиционной операции 120 по формуле (2.2):

$$T_o = 0,37 + 9,2 + 0,04 + 0,1 + 0,6 + 0,12 + 3,6 + 0,9 + 1,3 +$$

$$+1,23+3,2+1,23+3,1+6,3=31,42 \text{ мин.}$$

Штучное время на операции определяется:

$$T_{шт} = 31,42 + 42 = 73,4 \text{ мин.}$$

Технологическая наладка приведена на операцию частично. Чистовые переходы по точению выполняются аналогично тонкому точению. Операционные размеры отличаются на величину припуска, указанные в таблице 2.3. Технологические допуски на переходы в плане изготовления. Инструмент отличается инструментальным материалом. Вместо твердого сплава Т15К6 используется ВК6-ОМ.



## 3 Проектирование специальных средств оснащения

### 3.1 Проектирование люнета

Для установки заготовки вала необходимо применять дополнительную опору – люнет. Для повышения точности установки, уменьшения времени на вспомогательные переходы предлагается люнет сконструировать самоцентрирующим.

Так как наибольшее усилие возникает на токарной черновой обработке, расчет усилий зажима произведем для этой операции.

Определяется усилие резания  $P_y$ :

$$P_y = C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p \quad (3.1)$$

где  $C_p$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $n$  - коэффициент и показатели степени [15];

$t$ ,  $s$ ,  $v$  – параметры режима обработки (раздел 2);

$K_p$  – поправочный коэффициент.

Для  $P_y$  соответствующие параметры равны  $C_p = 243$ ;  $x = 0,9$ ;  $y = 0,6$ ;  $n = -0,3$ . Коэффициент  $K_p = 1,5$  (см.п.4). С учетом глубины резания  $t = 1,5$  мм и подачи  $S = 0,47$  мм/об:

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 1,5^{0,9} \cdot 0,47^{0,6} \cdot 167^{-0,3} \cdot 1,5 = 718H .$$

Далее выполняется расчет необходимого усилия зажима. Усилие зажима должно с коэффициентом запаса противодействовать радиальной оставляющей силы резания. Конструкция люнета представляет сочетание двух механизмов: клинового зажима и рычажного.

Для клиновой пары, которая реализуется винтовым пазом, угол клина  $\alpha$  изменяется. В расчете принимаем его усредненное значение  $\alpha_2 = 25^\circ$ . Усилие зажима:

$$W = K \cdot P_y, \quad (3.2)$$

где  $K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5$  - интегральный коэффициент безопасности, где

$K_0 = 1,5$  - коэффициент гарантированного запаса [16];

$K_1 = 1,2$  - при черновой обработке;

$K_2 = 1,4$  - учитывает возрастание силы резания из-за износа резца;

$K_3 = 1,0$  - для непрерывного резания;

$K_4 = 1,0$  - для механизированных зажимов;

$K_5 = 1,0$  - тоже (для эргономики);

$K_6 = 1,0$  - при установке по плоским упорам.

$$K = 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1,5 = 2,52,$$

$$W = 2,52 \cdot 718 = 1811H.$$

Далее проводим расчет зажимного механизма для клинового механизма. Ход плунжера

$$S_{\text{пл}} = \Delta_{\text{зор}} + \Delta + W / I + \Delta S_{\text{пл}}, \quad (3.3)$$

где  $\Delta_{\text{зор}} = 30$  мм – гарантированный зазор для свободной установки заготовки;

$\Delta$  - отклонение размера заготовки по чертежу  $\Delta = 0,4$  мм;

$I$  - жесткость механизма,  $I = 1000$  Н/м;

$\Delta S_{\text{пл}} = 1$  мм - занос хода плунжера из-за износа механизма.

Сила на приводе:

$$Q = \frac{W}{i_c}, \quad (3.4)$$

где  $i_c$  - передаточное отношение сил;

$$S(Q) = \frac{S(W)}{i_n}, \quad (3.5)$$

где  $i_n$  - передаточное отношение перемещения.

$$S(W) = 30 + 0,4 + \frac{1811}{1000} + 1 = 33,2 \text{ мм};$$

$$S(Q) = \frac{33,2}{1} = 33,2 \text{ мм};$$

$$Q_1 = \frac{1811}{1,3} = 1393 \text{ Н}.$$

С учетом рычажного механизма, усилие может измениться

$$Q_2 = \frac{Q_1 l_2}{l_1 \eta}, \quad (3.6)$$

где  $l_1, l_2$  - плечи рычага (выбираются конструктивно).

$\eta = 0,9$  - КПД рычажного механизма. Тогда уточненное усилие

$$Q_2 = \frac{1393 \cdot 62}{62 \cdot 0,9} \approx 1548 \text{ Н}.$$

Для расчета привода приспособления необходимо рассчитать диаметр поршневого цилиндра двухстороннего действия, используемого для закрепления заготовки. Используем гидравлический привод

$$D = 1,13 \sqrt{Q_2 / p \eta_{\text{мех}}} \quad (3.7)$$

где  $\eta_{\text{мех}} = 0,93$  - КПД привода;

$p$  – давление масла, МПа;

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{1548}{0,93 \cdot 2,5}} = 30 \approx 63 \text{ мм}.$$

Расчет точности люнета определяется величиной зазоров в сопряжениях и отклонением угловых размеров направляющих пазов.

Для посадок Н6 на f6 для диаметров от 10...18мм зазор составит  $S_{\text{ср}} = 10$  мкм. Тогда с учетом длины перемещения по пазу  $l=30$ мм отклонение составит  $\Delta l = l \cdot \text{tg} \alpha \approx 2$  мкм и учетом вероятностного распределения заданных погрешностей

$$\varepsilon_{\text{нр}} = \sqrt{0,11 \cdot 10^2 + 2^2 \cdot 0,11} \approx 4 \text{ мкм}.$$

При установке в стандартных люнетах предварительно под них протачиваются пояски, т.к. точность базовых поверхностей напрямую определяет точность обработки.

Погрешность установки вала в люнетах с зажимными элементами в виде роликов составляет 0,66% от погрешности формы технологической базы. Поэтому перед обработкой необходимо сделать более точными технологические базы детали – установочные шейки. Это можно выполнять двумя путями: проточкой шеек на пониженных оборотах или накаткой зажимаемой поверхности при помощи роликов люнетов. Из экспериментов по исследованию влияния времени и усилия накатки на точность базовых поверхностей видно, что некруглость базовых шеек снижается на порядок до 0,025 мм с 0,2 мм [17].

Как показывают круглограммы поперечных сечений вала - базовых поверхностей, отклонение от круглости шеек после накатки снижается в 1,5...2 раза с учетом пластичности материала заготовки, первоначальной не круглости, усилия зажима роликов, а также времени накатывания.

Цель использования люнетов - повысить точности токарных переходов путем стабилизации оси заготовки, снижения вибраций в зоне обработки. Самоцентрирующий люнет предназначен для центрирования заготовки при установке ее не только на токарных, но и других операциях, например на шлифовальных станках. Также можно использовать для правки заготовок перед механической обработкой. Самоцентрирующий люнет позволяет базировать заготовку по наружной поверхности, что исключает необходимость изготовления и использования центровых отверстий.

Самоцентрирующий люнет (рисунок 3.1) состоит из корпуса 2, в пазах которого расположен по ходовой посадке поворотный клин 3. Рычаги 11 соединяются с клином 3, который поджимается роликами 4, осями 5. Рычаги поворачиваются на опорных осях 6. Корпус 2 закрыт крышкой 12 винтами 16 при помощи гаек 14 и шайб 19. Рычаги 13 имеют на утонченном конце базирующие ролики 8, которые установлены на поворотном рычаге 10, который свободно вращается на пальце 9. Ролики 8 поджимаются шайбой 14 винтами 14. Клин перемещается пальцем 13, который смещается через шток 7 штоком гидроцилиндра 1.

Самоцентрирующий люнет работает следующим образом. Люнет крепится корпусом 2 по отверстиям во фланце на продольной балке, параллельной станине станка. При необходимости выставляется по оси станка с точностью не менее 0,005 мм механизмом настройки. При подаче давления в гидроцилиндр, его шток смещает шток 7 влево, который через палец 13 поворачивает клин 3 по часовой стрелке. При этом оси 5, перемещаясь по наклонным пазам, задают движение рычагам 11, которые сходясь к центру заготовки, фиксируют ее. Разжим происходит в обратном порядке.

Минимальный диаметр зажимаемой заготовки 30 мм. Максимальный 98 мм. Изменяя характеристики рычагов 11 (соотношение плеч) можно варьировать диапазон размеров зажимаемой заготовки.

Использование системы стабилизации оси детали позволяет увеличить частоту вращения на токарных переходах и сократить основное время обработки.

Фиксация заготовки по наружному диаметру позволяет свести к минимуму неравномерность припуска за счет исключения погрешности зацентровки центровых отверстий. Колебания припуска обусловлены только погрешностью формы (огранка, волнистость).

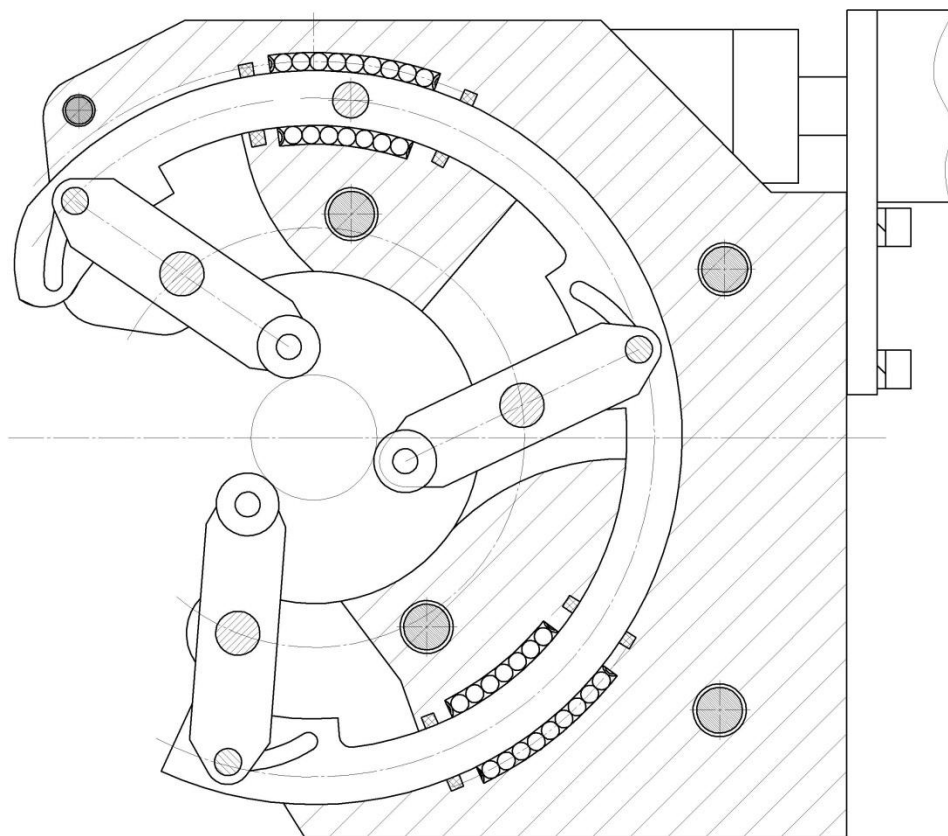


Рисунок 3.1 - Схема люнета

### 3.2 Проектирование резца

При резании для повышения эффективности обработки широкое применение находят методы и способы виброгашения колебаний.

Резец с возможностью гашения колебаний содержит державку 1 из стали 45 которая установлена в корпусе 7. На державке закрепляются режущая пластина 2 из твердого сплава Т15К6 или ВК6-ОМ. Она устанавливается на опорной пластине 4 из твердого сплава ВК15. Опорная пластина закрепляется винтом 6. Режущая пластина 2 фиксируется прихватом 3, который перемещается шпилькой 5. Державка 1 установлена по поперечному отверстию на оси 8. В зазоры проставлены упругие элементы 9, 10 и 11. Эти упругие элементы выполнены из упругого материала (полиуретана). При обработке корпус 7 закрепляется в резцедержателе.

Резец работает следующим образом. Под действием составляющих сил резания упругие элементы 9, 10 и 11 будут сжиматься. За счет рассеяния энергии возмущающих колебаний амплитуда колебаний вершины резца снижается. Виброустойчивость при обработке резанием таким резцом увеличивается примерно в 1,7 раз. Это позволяет на черновой и получистовой обработке увеличить подачу с 0,25 до 0,4 мм/об, при таких же параметрах качества обработанной поверхности за счет брющего движения резца.

Параметры геометрической части резца: главный угол в плане  $\varphi=93^\circ$ ; вспомогательный угол в плане  $\varphi_1=30^\circ$ ; радиус при вершине 0,4 мм; задний угол  $10^\circ$ ; передний угол  $10^\circ$ . Чертеж резца представлен на листе.

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

### 4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Сведения о материалах, операциях и оборудовании, используемом в технологическом процессе, представлены в таблице 4.1 [19].

Таблица 4.1 – Технологический паспорт объекта

Технологический процесс	Технологическая операция	Должность работника	Установка	Материалы, вещества
Токарная	Точение полустовое, чистовое, фрезерование, выглаживание	Оператор станков с ЧПУ	Токарно-фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ WFL Millturn M30	Легированная сталь 12X18H12T

### 4.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

Технологический переход	Опасный и вредный производственный фактор	Источник фактора
Точение	Физические: - движущиеся машины и механизмы, их незащищенные подвижные части; - острые кромки, заусенцы	Токарно-фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ WFL Millturn M30
	Повышенная температура поверхностей оборудования, материала и инструмента	Приспособление, зона резания
	Психофизические: перенапряжение анализаторов, повышенные значения напряжения в электрической цепи	Рабочая зона

### 4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Построим таблицу средств защиты от коллективных и индивидуальных опасных факторов (таблица 4.3).



Таблица 4.3 – Методы и средства снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ)

ОВПФ	Методы и средства защиты, снижения или устранения ОВПФ	Средства индивидуальной защиты
Подвижные механизмы	Специальные ограждения, инструктаж	Костюм для защиты от загрязнений и воздействий, ботинки кожаные с защитным подноском, каска защитная
Повышенное напряжение в электрической цепи	Изоляция электропроводки, предохранители	Рукавицы комбинированные или перчатки с полимерным покрытием
Острые кромки, заусенцы заготовок, инструмента	Слесарные переходы по удалению заусенцев	Рукавицы комбинированные или перчатки с полимерным покрытием
Запыленность, загазованность	Средства вентиляции, пылесборники	Средство индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД), очки защитные
Перенапряжение анализаторов	Увеличение перерывов для отдыха	-
Шум на рабочем месте	Звукоизоляционные материалы	Наушники противозумные
Вибрация	Виброгасители	Демпфирующие опоры, коврики

#### 4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Класс пожара, информация о технических средствах борьбы с пожаром и организационно-технические мероприятия представлены в таблицах 5.4-4.6.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок обработки валов	Токарно-фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ WFL Millturn M30	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)	Неисправность электропроводки ; пламя и искры; возгорание промасленной ветоши	Вынос высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования

Пожару присваивается класс Е, так как электрический шкаф токарного станка с ЧПУ находится под высоким напряжением, что может стать причиной пожара.

Таблица 4.5 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование
Огнетушители, ящики с песком, ОВП(Н)-100(з)	Передвижные воздушно-пенные огнетушители	Водяная система для пожаротушения	Технические средства оповещения и управления эвакуацией	Напорные пожарные рукава и рукавные разветвления

Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
Веревки карабины противогазы	Лопаты, багры, ломы, топоры	Автоматические извещатели

Таблица 4.6 – Организационные меры по обеспечению пожарной безопасности

Технологический процесс	Вид организационных мероприятий	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Токарная	Организация обучения работников мерам по пожарной безопасности; Реализация требований пожарной безопасности.	Вытяжная противодымная вентиляция должна обеспечивать удаление продуктов горения при пожаре непосредственно из помещения пожара и путей для эвакуации.

#### 4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

После идентификации антропогенных воздействий технологического процесса на различные среды, составляется перечень мероприятий по предотвращению негативного влияния этих воздействий (таблицы 5.7-5.8).

Таблица 4.7 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

Технологический процесс	Технический объект	Воздействие на атмосферу	Воздействие на гидросферу	Воздействие на литосферу
Точение	Токарно-фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ WFL Millturn M30	Пыль стружечная	СОЖ	Стружка и ветошь

Таблица 4.8 – Организационные мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия объекта на окружающую среду

Технический объект	Токарная
Мероприятия по снижению антропогенного воздействия на атмосферу	Рукавный фильтр для пыли РЦИЭ-НЗ
Мероприятия по снижению антропогенного воздействия на гидросферу	Для очистки воды – фильтр механический
Мероприятия по снижению антропогенного воздействия на литосферу	Переплавка лома

#### **4.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»**

1. В данном разделе приведены параметры технологического процесса изготовления вала в виде токарной комплексной операции, где выполняется различные переходы (точение, фрезерование и выглаживание), специальности рабочих-операторов, оборудование (токарный центр), материалы заготовки, вспомогательные материалы(таблица 4.1).

2. Идентифицированы риски, в основном физические, по токарной операции изготовления вала (таблица 4.2).

3. Предложены меры по использованию устройств по снижению рисков за счет ограждений, экранирования, организации вентиляции и т.д., средств индивидуальной защиты работников (таблица 4.3).

4. Разработаны меры по обеспечению пожарной безопасности операции. Идентификация класса пожарной опасности, опасных факторов, разработка мер по обеспечению пожарной безопасности приведены в таблицах 4.4, 4.5 и 4.6 с указанием конкретных средств для тушения пожара.

5. Идентифицированы экологические факторы (таблица 4.7) по группам (вредные воздействия на атмосферу, недра и гидросферу) и предложены меры по экологической безопасности оборудования (таблица 4.8) по каждой группе загрязнений.

В результате выполненных работ обеспечивается соответствие спроектированной токарной операции всем требованиям по производственной, пожарной и экологической безопасности.

## 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.

Учитывая, описанные ранее совершенствования технологического процесса изготовления приводного малоожесткого вала насоса, определим:

- капитальные вложения в проектированный процесс;
- технологическую себестоимость изменяющихся по вариантам операций;
- полную себестоимость обработки детали по вариантам;
- показатели экономической эффективности проектируемого варианта технологического процесса.

Согласно соответствующим методикам [20] рассчитаем все необходимые параметры и сделаем выводы о целесообразности внедрения предложенных изменений.

Сделаем краткое описание изменений. Для выполнения токарной операции использовался токарный центр WFL Millturn M30. В качестве оснастки было предложено использовать самоцентрирующий патрон и 2 люнета вместо одного. Обработка необходимых поверхностей вала насоса осуществляется правым и левым контурным резцом с твердосплавными пластинами BK15 с виброгасителем, в то время как базовый вариант предполагал использование резцов без виброгасителя. Эти изменения позволили уменьшить как основное, так и вспомогательное время, что в итоге привело к выполнению описанной операции за более короткое время, т.е. вместо 73,4 минут, операция выполняется за 50 минут.

Так как, изменению подверглись только инструмент и оснастка, значит капитальные вложения в проектируемый вариант будут складываться из суммы затрат на проектирование, затрат на приспособление и инструмент, а

также оборотных средств в незавершенном производстве (рис. 5.1). Поэтому общий объем инвестиций составит 80519,5 рублей.

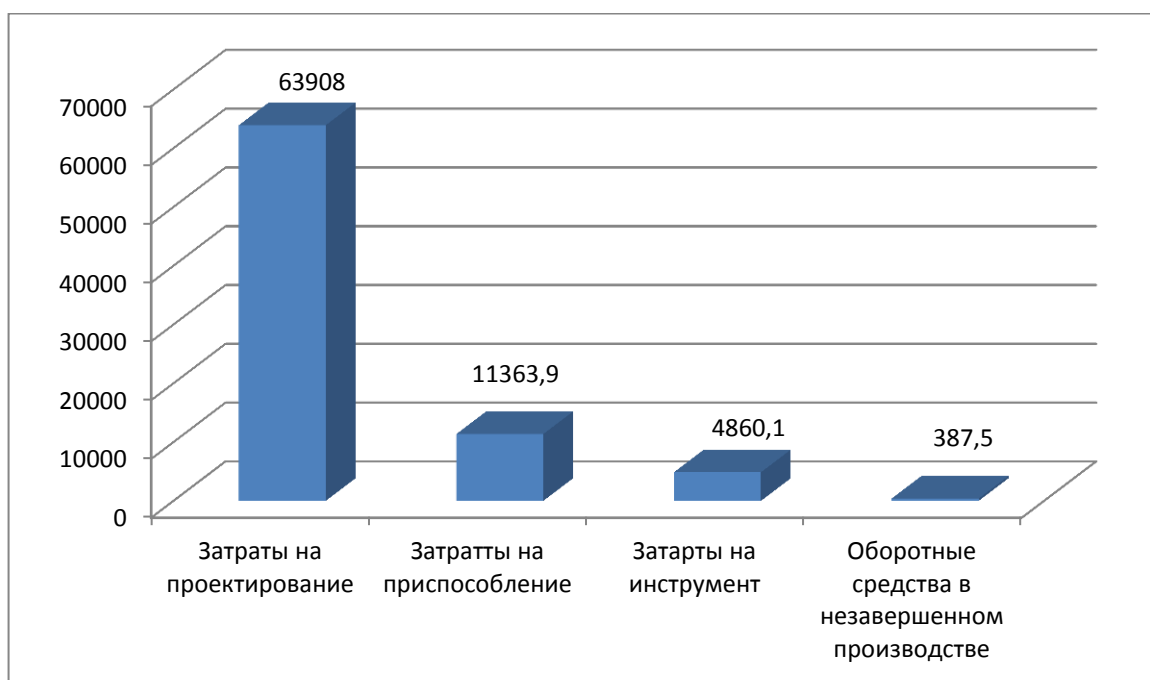


Рисунок 5.1 – Капитальные вложения в проектируемый вариант, руб.

Из рисунка 5.1 видно, что самые большие инвестиции требуются на затраты, связанные с проектированием нового технологического процесса. На их долю приходится около 79,3% всех капитальных вложений. Остальные параметры составляют 14,1%, 6,1% и 0,5% соответственно.

Следующим важным показателем при определении экономической эффективности является технологическая себестоимость. Обычно она складывается из четырех показателей: затрат на основной материал ( $M$ ), основной заработной платы ( $Z_{пл.осн}$ ), начислений на заработную плату ( $H_{з.пл}$ ) и расходов на содержание и эксплуатацию оборудования ( $P_{э.об}$ ). Однако, в процессе совершенствования технологического процесса, метода получения заготовки не менялся, а это значит, что величиной затрат на основной материал можно пренебречь, т.к. ее значение не оказывает влияние на итоговую разницу между вариантами (базовым и проектируемым).

Значения, входящих в технологическую себестоимость величин, без учета затрат на основной материал, представлены на рисунке 5.2.

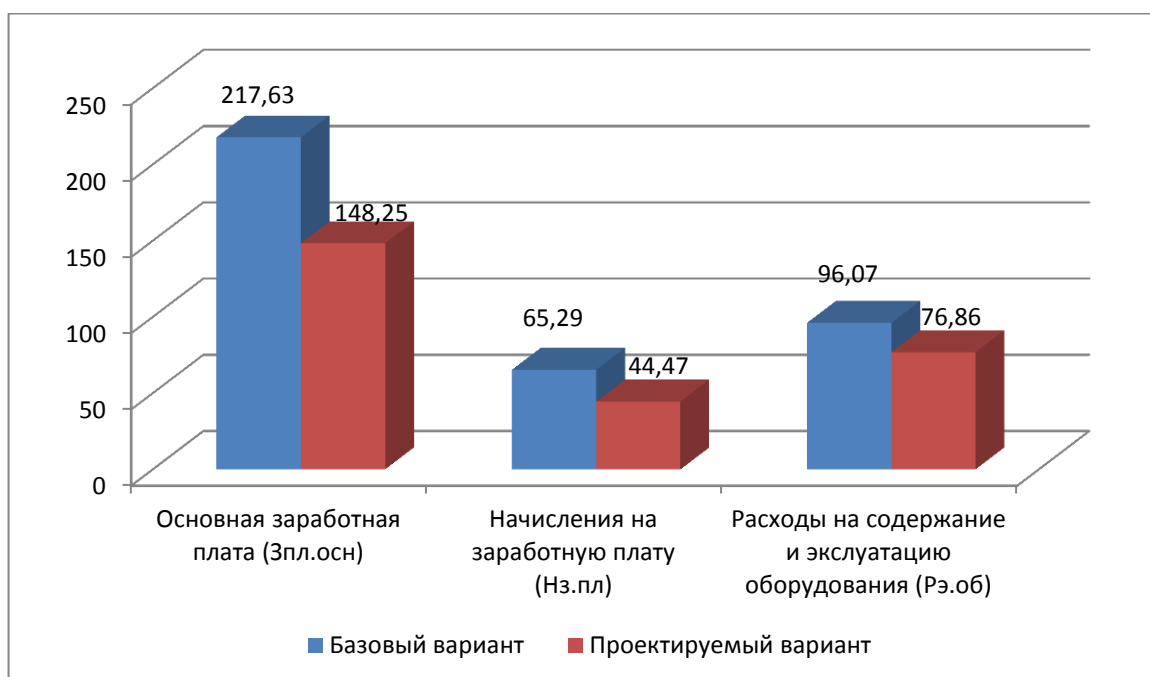


Рисунок 5.2 – Показатели технологической себестоимости по изменяющимся операциям, руб.

Анализируя представленные значения, можно сделать несколько выводов. Первый, это то, что по всем показателям технологической себестоимости в проектируемом варианте произошло уменьшение. Вторым – что самое большое влияние на величину технологической себестоимости оказывает основная заработная плата, т.к. ее доля составляет 57,4% для базового варианта и 55% для проектируемого. Второе место, по оказанию влияния на технологическую себестоимость, занимают расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, их доля составляет 25,4% и 28,5% соответственно вариантам. Учитывая полученные значения, величина технологической себестоимости для базового варианта составит 378,99 руб., а для проектируемого – 269,58 руб.

На базе полученных значений технологической себестоимости, основной заработной платы и соответствующих коэффициентов были

определены значения цеховой, заводской и полной себестоимости, величины которых представлены на рисунке 5.3.

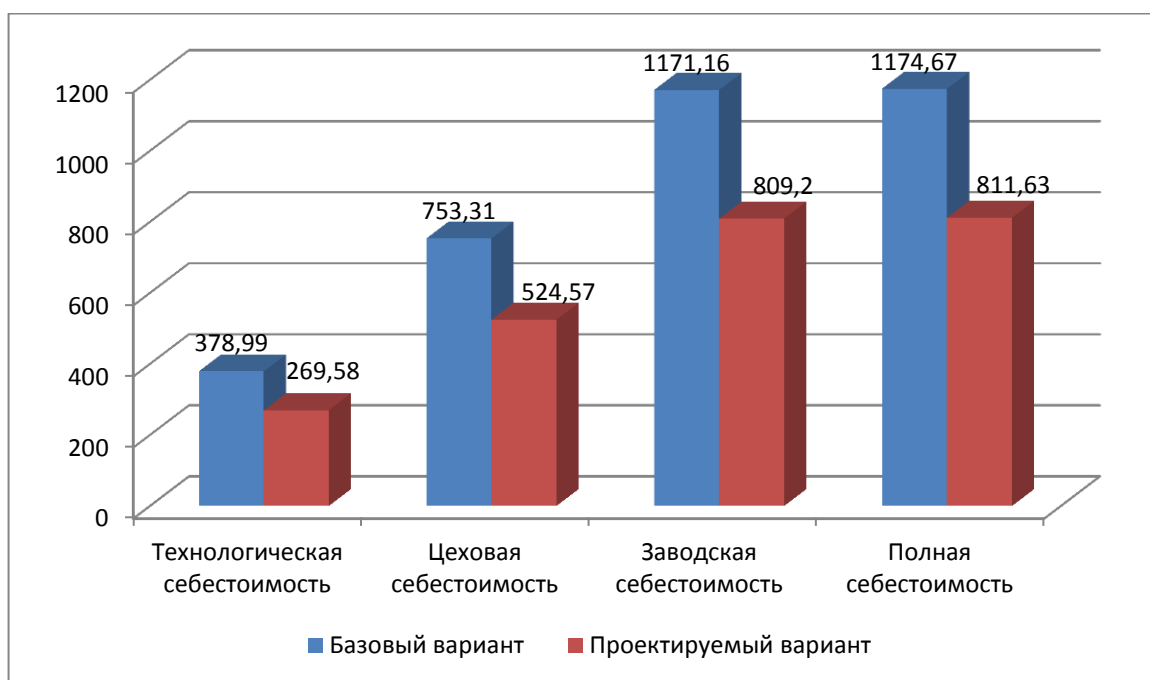


Рисунок 5.3 – Виды себестоимости и их значения по вариантам технологического процесса, руб.

Анализируя данный рисунок, видно, что в проектируемом варианте технологического процесса все показатели уменьшаются. Это позволяет получить итоговую разницу между вариантами в 363,04 руб., т.е. изготовление вала насоса в проектируемом варианте обойдется предприятию на 363,04 рубля дешевле, чем было в базовом варианте.

Такая разница между вариантами позволит предприятию получить дополнительную чистую прибыль в объеме 290432 руб., и окупить вложенные средства в течение года. Кроме этого, эффективность предложенных мероприятий по совершенствованию технологического процесса, подтверждаются положительной величиной чистого дисконтируемого дохода в размере 21131,7 руб., что позволит получить прибыль на каждый вложенный рубль в объеме 1,26 руб.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работы показана технология по изготовления вала погружного насоса на основе использования токарных центров с концентрацией переходов.

Сравнительный анализ по себестоимости показал более выгодный способ из проката. С учетом больших габаритов, массы особое внимание уделено вопросам установки вала и его транспортировке. Для этого в технологии предусмотрены специальные операции для подготовки технологических элементов. Из-за стоимости материала особое внимание уделяется контролю его химического состояния и физико-механических характеристик.

Для более эффективной обработки предлагается использовать обрабатывающий центр. Для него спроектировано приспособление для установки – люнет, которое упрощает манипуляции с заготовкой на операции, а также повышает его жесткость, что позволяет снизить время обработки. Для обеспечения качества поверхности, снижения износа резцов на токарных переходах предлагается конструкция державки резца с упругими вставками, предназначенными для снижения уровня колебаний при резании.

С учетом изменений технологии проанализированы опасные и вредные производственные факторы на данном механическом участке с токарными центрами. После анализа предлагаются меры по устранению вредных воздействий на работающих и на окружающую среду.

Экономический расчет позволяет сравнить предлагаемые изменения операции и обосновать с определением годовой эффективности.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с.
2. Антонюк, В. Е. Конструктору станочных приспособлений : справ. пособие / В. Е. Антонюк. - Минск : Беларусь, 1991. - 400 с.
3. Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтопром, 1995. - 456 с.
4. Белоусов, А. П. Проектирование станочных приспособлений : учеб. пособие для техникумов / А. П. Белоусов. - 3-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Высш. шк., 1980. - 240 с.
5. Бушуев, В. В. Практика конструирования машин : справочник / В. В. Бушуев. - Москва : Машиностроение, 2006. - 448 с.
6. Бушуев, В. В. Тяжелые зубообрабатывающие станки / В. В. Бушуев, С. П. Налетов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 1986. - 280 с.
7. Станочные приспособления : 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.
8. Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 1 / А. И. Астахов [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 591 с.
9. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве : учеб. пособие / Л. Н. Горина. - Гриф УМО. - Тольятти : ТГУ , 2016. - 68 с.

10. Горохов, В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учебник для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 301 с.
11. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.
12. Технология машиностроения : специальная часть : учеб. для вузов / А. А. Гусев [и др.]. - Гриф МО. - Москва : Машиностроение, 1986. - 480 с.
13. Допуски и посадки : справочник. В 2 ч. Ч. 1 / В. Д. Мягков [и др.]. - 6-е изд., перераб. и доп. - Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1982. - 543 с.
14. Допуски и посадки : справочник. В 2 ч. Ч. 2 / В. Д. Мягков [и др.]. - 6-е изд., перераб. и доп. - Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. - 447 с.
15. Долин, П. А. Справочник по технике безопасности / П. А. Долин. - 6-е изд., перераб. и доп. - Москва : Энергоатомиздат, 1985. - 823 с.
16. Дьячков, В. Б. Специальные металлорежущие станки общемашиностроительного применения : справочник / В. Б. Дьячков, Н. Ф. Кабатов, М. У. Носинов. - Москва : Машиностроение, 1983. - 286 с.
17. Схиртладзе, А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие. Т. 1 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 547 с.
18. Схиртладзе, А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие. Т. 2 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 518 с.
19. Зубарев, Ю. М. Специальные методы обработки заготовок в машиностроении : учеб. пособие для студентов машиностр. вузов / Ю. М. Зубарев. - Гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 400 с.
20. 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.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
**Маршрутная карта**





















**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
**Спецификация люнета**



Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.	
								Строч. №
				<u>Документация</u>				
A1			19.БР.ОТМП.628.65.00.000.СБ	Сборочный чертеж	1			
				<u>Сборочные единицы</u>				
		1	19.БР.ОТМП.628.65.01.000	Гидропривод	1			
				<u>Детали</u>				
		2	19.БР.ОТМП.628.65.00.002.	Корпус	1			
		3	19.БР.ОТМП.628.65.00.003.	Клин поворотный	1			
		4	19.БР.ОТМП.628.65.00.004.	Ролик	36			
		5	19.БР.ОТМП.628.65.00.005.	Ось	3			
		6	19.БР.ОТМП.628.65.00.006.	Ось	3			
		7	19.БР.ОТМП.628.65.00.007.	Шток	1			
		8	19.БР.ОТМП.628.65.00.008.	Ролик	6			
		9	19.БР.ОТМП.628.65.00.009.	Палец	3			
		10	19.БР.ОТМП.628.65.00.010.	Рычаг поворотный	3			
		11	19.БР.ОТМП.628.65.00.011	Рычаг	3			
		12	19.БР.ОТМП.628.65.00.012	Крышка	1			
		13	19.БР.ОТМП.628.65.00.013.	Палец	1			
			<b>19.БР.ОТМП.628.65.00.000</b>					
			Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Инв. № подл.	Разраб.	Бодринов Д.В.						
	Пров.	Распорцев Д.А.						
	Н.контр.	Егоров А.Г.						
	Утв.	Логинов Н.Ю.						
<b>Люнет</b>					Лит.	Лист	Листов	
						1	2	
					ТГУ, ИМ гр. МСБЗ-1403			
Копировал					Формат А4			



**ПРИЛОЖЕНИЕ В**  
**Спецификация червячной фрезы**

Инв. № подл.	Изм. / лист	№ докум.	Подп.	Дата	19.БР.ОТМП.628.70.00.000	Лит.			Листов
						Лит.	Лист	Листов	
Инв. № подл.	Разраб.	Бодринов Д.В.			Резец				1
	Пров.	Расторгцев Д.А.							
Инв. № подл.	Н.контр.	Егоров А.Г.			Резец				1
	Утв.	Логинов Н.Ю.							
Подп. и дата									
Взам. инв. №									
Инв. № дубл.									
Подп. и дата									
Справ. №	1	19.БР.ОТМП.628.70.00.001.	Державка	1	19.БР.ОТМП.628.70.00.000				1
	2	19.БР.ОТМП.628.70.00.002.	Пластина режущая	1					
	3	19.БР.ОТМП.628.70.00.003.	Прихват	1					
	4	19.БР.ОТМП.628.70.00.004.	Пластина опорная	1					
	5	19.БР.ОТМП.628.70.00.005.	Шпилька двух сторонняя	1					
	6	19.БР.ОТМП.628.80.00.006.	Винт укороченный	1					
	7	19.БР.ОТМП.628.80.00.007.	Корпус	1					
	8	19.БР.ОТМП.628.80.00.008.	Палец	1					
	2	19.БР.ОТМП.628.70.00.009.	Втулка	1					
	10	19.БР.ОТМП.628.70.00.010.	Вставка	1					
	11	19.БР.ОТМП.628.70.00.011.	Упор	1					
Перв. примен.	А2	19.БР.ОТМП.628.70.00.000.СБ	Сборочный чертеж	1	19.БР.ОТМП.628.70.00.000				1
			Документация						
			Детали						

Копировал

Формат А4