

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)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных  
производств»  
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Проектирование технологических процессов  
(направленность (профиль)/ специализация)

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс изготовления шкива насоса

Обучающийся	<u>К.Д. Никишин</u> (Инициалы Фамилия)	<u>_____</u> (личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	
Консультанты	<u>к.э.н., доцент О.М. Сярдова</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	
	<u>к.т.н., доцент А.Н. Москалюк</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	

Тольятти 2022

## Аннотация

Тема: Технологический процесс изготовления шкива насоса.

Автор: Никишин Константин Дмитриевич.

В данной выпускной работе разрабатывается техпроцесс изготовления шкива насоса. Шкив устанавливается на ведущий вал насоса, получает вращение от ремня и приводит в действие насос, вращая ведущий вал. От него приводятся в действие все остальные механизмы.

Первым этапом работы были проанализированы исходные данные, в которые входят конструкция детали, ее назначение и материал, из которого изготовлен шкив. В итоге был сделан вывод о соответствии материала шкива необходимым требованиям для выполнения своего назначения. Также в этом разделе был проведен анализ технологичности конструкции и сделаны соответствующие выводы о достаточной технологичности.

На втором этапе проведен выбор типа машиностроительного производства, где принят среднесерийный тип производства. После этого проведен расчет двух самых подходящих способов изготовления заготовки для шкива.

На третьем этапе спроектировано приспособление для токарной операции техпроцесса, которое является автоматическим, то есть при внедрении этого приспособления снижается процент ручного труда на операции.

Четвертым этапом в работе спроектирована конструкция сложнопрофильного режущего инструмента - круглой протяжки для выполнения центрального отверстия в конструкции детали.

Работа содержит раздел безопасности и экологичности, а также расчет экономической эффективности.

## Содержание

Введение	4
1 Анализ исходных данных.....	5
1.1 Назначение и условия работы детали.....	6
1.2 Классификация поверхностей детали.....	6
1.3 Анализ требований к поверхностям детали.....	7
2 Технологическая часть.....	9
2.1 Определение типа производства.....	9
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	9
2.3 Выбор метода получения заготовки.....	10
2.4 Выбор методов обработки поверхностей.....	12
2.5 Расчет припусков.....	13
2.6 Определение режимов обработки.....	17
3 Проектирование приспособления.....	23
3.1 Исходные данные.....	24
3.2 Расчет сил резания.....	25
3.3 Определение усилия зажима.....	25
3.4 Определение усилия привода.....	27
4 Проектирование режущего инструмента.....	29
4.1 Исходные данные.....	29
4.2 Расчёт режущей части протяжки.....	30
4.3 Расчет конструктивных элементов протяжки.....	34
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	35
6 Экономическая эффективность работы.....	41
Заключение.....	46
Список используемой литературы.....	47
Приложение А. Технологическая документация .....	50

## Введение

Машиностроение является одной из основных отраслей современной промышленности Российской Федерации.

В машиностроении движущими звеньями механизмов являются различные гидроприводы, пневмоприводы, электроприводы и так далее. В пневмоприводах и гидроприводах важным звеном, приводящим их в действие, являются насосы. В гидроприводах используются несколько типов насосов, а именно шестеренные, пластинчатые, аксиально-поршневые, радиально-поршневые и другие.

Во всех видах гидроприводов насос является звеном, который механическую энергию преобразует в энергию гидравлического напора, а в действие насос приводит чаще всего электродвигатель. То есть электродвигатель преобразует электрическую энергию в механическую энергию (начинает движение от действия электрического тока).

Механическая передача движения от электродвигателя до насоса может быть различная. В нашем случае от двигателя на насос движение передается с помощью клиноременной передачи. Также движение может передаваться зубчатой передачей, цепной передачей и другими кинематическими парами.

Клиноременная передача состоит из ведущего и ведомого шкива и ремня, имеющего в сечении форму клина. В отличие от плоскоремной передачи клиноременная передача имеет больший коэффициент полезного действия.

Ведомый шкив устанавливается на ведущий вал насоса, получает вращение от ремня и приводит в действие насос, вращая ведущий вал. От него приводятся в действие все остальные механизмы.

Целью данной работы является проектирование технологического процесса изготовления шкива насоса с заданным качеством, заданной программой выпуска и минимальной стоимостью.

## 1 Анализ исходных данных

«Насосы – это гидравлические машины, сообщающие протекающей через них жидкости механическую энергию и предназначенные для перемещения жидкости и повышения в ней давления». [12]

«Подача жидкости в шестеренных насосах (рисунок 1) осуществляется двумя одинаковыми шестеренками, находящимися в зацеплении друг с другом. При этом ведущая шестерня жестко посажена на приводном валу с помощью шпонки или на шлицах, а ведомая свободно вращается на оси. Шестерни помещены в корпус, который охватывает их с минимальным зазором. Торцы шестерен плотно пришлифованы к крышкам корпуса. По обе стороны области зацепления имеются полости, соединенные с линиями низкого и высокого давления. Перекачиваемая из полости с низким давлением жидкость заполняет впадины между зубьями и перемещается в полость с высоким давлением, откуда вытесняется в напорную линию». [12]

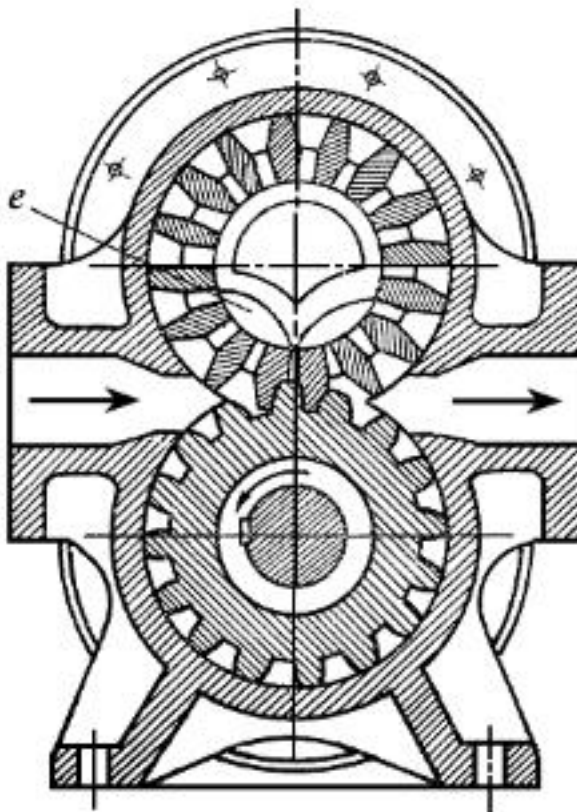


Рисунок 1 – Шестеренный насос

«Чаще всего применяются шестерни стандартного эвольвентного профиля с малым числом зубьев  $z = 12-16$ . Уменьшение числа зубьев выгодно, так как, при прочих равных условиях, оно ведет с увеличению производительности насоса». [12]

### 1.1 Назначение и условия работы детали

Ведомый шкив устанавливается на ведущий вал насоса, получает вращение от ремня и приводит в действие насос, вращая ведущий вал. От него приводится в действие все остальные механизмы. То есть шкив воспринимает вращение боковыми стенками пазов под ремни и передает вращение боковыми стенками шпоночного паза.

### 1.2 Классификация поверхностей детали

Проклассифицируем все поверхности детали. Нумерация поверхностей представлена на рисунке 2.

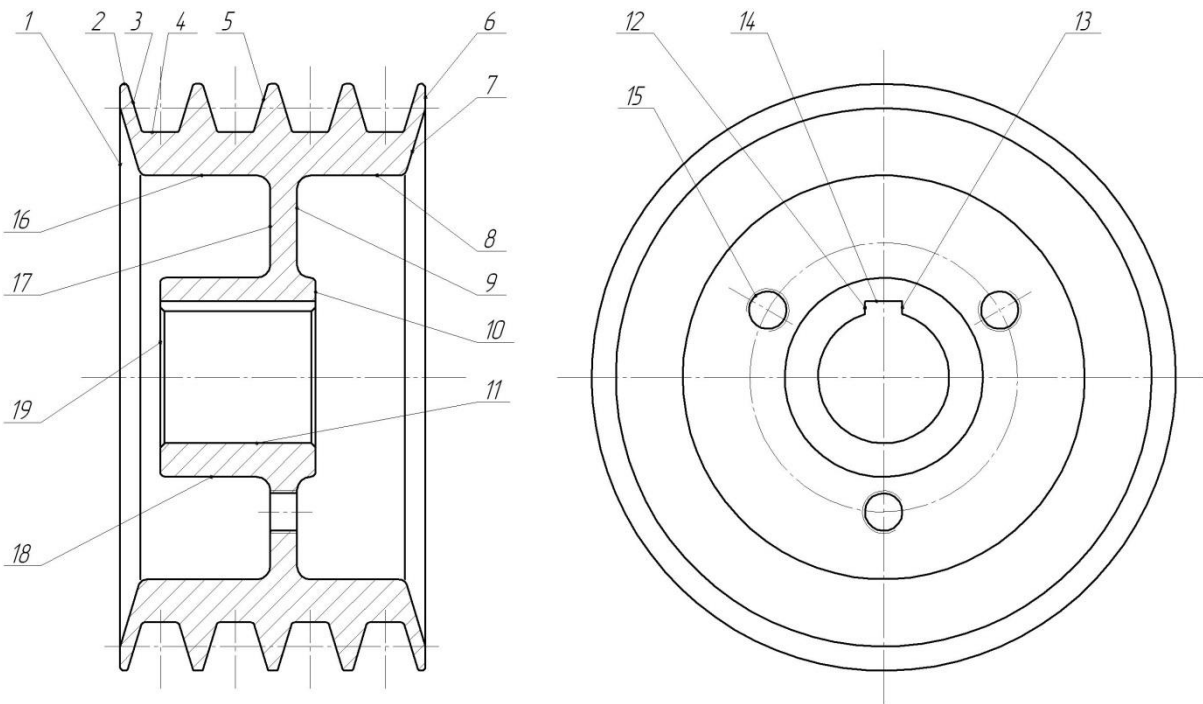


Рисунок 2 - Систематизация поверхностей

Исполнительными поверхностями шкива являются боковые стенки пазов под ремни 3 и 5, а также боковые стороны шпоночного паза 12 и 13.

Основными конструкторскими базами шкива являются внутреннее центральное отверстие 11, а также торцовая поверхность 10.

Вспомогательными конструкторскими базами шкива являются отверстия с метрической резьбой 15 для крепления крышки болтами, а также торцовая поверхность 19.

Остальные поверхности – свободные.

### 1.3 Анализ требований к поверхностям детали

«Шкивы ременных передач обычно изготавливают литыми из чугуна. Для быстроходных передач применяют облегченные шкивы из легких сплавов, неметаллические и стальные. Неметаллические шкивы (из пластмасс) имеют малую массу и повышенный коэффициент трения между ремнем и шкивом, но плохо проводят теплоту и обладают невысокой износостойкостью. Шкивы передач подвергают балансировке». [20]

Шкив изготавливается из литейной стали 25Л ГОСТ 977-88 [5]. Данный материал соответствует требованиям по прочности и твердости. Он состоит из углерода (С) с содержанием 0,22...0,30%, марганца (Mn) с содержанием 0,45...0,90%, фосфора (P) с содержанием не более 0,030%, кремния (Si) с содержанием 0,20...0,52%, серы (S) с содержанием не более 0,030%. Остальное в составе стали – железо (Fe).

Физико-механические свойства стали 25Л представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Физико-механические свойства стали 25Л

$\sigma_B$	$\psi$	$\sigma_T$	$\delta_5$	НВ
МПа	%	МПа	%	не более
441	30	235	19	151

«К литейным сталям относят железоуглеродистые сплавы, содержащие до 2,14% С и другие элементы (Mn, Si, P, S, Cr, Ni, W, Mo, V и т. д.), попавшие в сталь из шихтовых материалов либо специально введенные в нее в определенных количествах для придания сплаву необходимых эксплуатационных и технологических свойств. В настоящее время стальные отливки (рисунок 3) используют во всех отраслях машиностроения; по объему производства они занимают второе место после чугунов. Из сталей отливают обычно детали, к которым предъявляют повышенные требования по прочности, пластичности, надежности и долговечности в процессе эксплуатации». [1]



Рисунок 3 – Детали, отлитые из сталей

«По химическому составу литейные стали разделяют на углеродистые, а также низко-, средне- и высоколегированные. По структуре углеродистые стали могут быть ферритными или перлитными, а легированные – ферритными, мартенситно-ферритными, мартенситными, аустенитно-мартенситными и аустенитными. Так как стальные отливки обычно подвергают термической обработке, стали классифицируют также по структуре в термически обработанном состоянии». [1]

В нашем случае сталь 25Л является углеродистой мартенситной. Заготовку можно получить литьем в песчаные формы или литьем в металлические формы, а также методомковки. Эти варианты получения заготовки будем сравнивать в дальнейшем.



## **2 Технологическая часть**

### **2.1 Определение типа производства**

«Производство с преимущественным применением методов технологии машиностроения при выпуске изделий называется машиностроительным. Структурной основой машиностроительного производства является цех, представляющий собой совокупность производственных участков. Производственный участок объединяет группу рабочих мест, организованных по предметному, технологическому или предметно-технологическому принципам». [7]

«В зависимости от потребностей различные изделия машиностроительного производства изготавливают в различных количествах. Одни изделия на предприятии изготавливают в одном экземпляре, другие – сотнями тысяч штук. В зависимости от номенклатуры и объема выпуска изделий различают три основных типа производства: единичное, серийное и массовое. Серийное производство делят на мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное». [17]

Тип производства выберем на основе двух параметров: масса детали  $m=12,1$  кг и программа выпуска в  $N=5000$  деталей в год. Исходя из этих параметров [17], принимаем среднесерийный тип производства.

### **2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса**

«Серийное производство характеризуется изготовлением или ремонтом изделий периодическими партиями. Продукцией серийного производства являются машины установившегося типа (металлорежущие и деревообрабатывающие станки, насосы, компрессоры, авиационные двигатели и т.п.), выпускаемые в значительных количествах, Этот тип производства является наиболее распространенным (75-80% изделий

машиностроения производится в условиях серийного производства). Характерным признаком серийного производства является выполнение на рабочих местах относительно небольшого числа периодически повторяющихся операций. В серийном производстве используют как специальные средства технологического оснащения, так и универсальные. Оборудование в цехах располагают по ходу технологического процесса или по его типам. Технологические процессы в серийном производстве разрабатывают подробно. Квалификация основных рабочих в целом ниже, чем в единичном производстве, но остается высокой, например при работе на станках с ЧПУ». [17]

### 2.3 Выбор метода получения заготовки

«В современном машиностроении применяют множество различных технологических методов получения заготовок. Основные из них: различные методы литья, методы пластического деформирования и формообразования (ковка, штамповка, высадка), размерная резка из проката, порошковая металлургия. Классификация заготовок, применяемых в машиностроении, приведена на рисунке 4». [9]



Рисунок 4 - Классификация заготовок

В нашем случае материалом шкива является сталь 25Л. Наиболее вероятными методами получения заготовки являются литьё или ковка. Проведем сравнительный расчет.

Методом трехмерного моделирования получим массу отливки  $m = 21,6$  кг.

Стоимость заготовки, полученной литьём, определим по формуле

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{от}} \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{\text{п}}, \quad (1)$$

где  $C_{\text{от}} = 44; h_T = 1,0; h_C = 0,83; h_B = 0,91; h_M = 1,1; h_{\text{п}} = 1,0$ . [9]

Тогда по формуле (1) получим

$$C_{\text{заг}} = 44,00 \cdot 1,0 \cdot 0,83 \cdot 0,91 \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 36,56, \text{ руб/кг.}$$

С учетом массы заготовки  $m = 21,6$  кг рассчитаем стоимость нашей заготовки.

$$C_{\text{заг}} = 36,56 \cdot 21,6 = 789,70 \text{ руб.}$$

Стоимость заготовки, полученной ковкой, определим по формуле

$$C_{\text{заг}} = C_K \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{\text{п}}. \quad (2)$$

где  $C_{\text{от}} = 44; h_T = 1,0; h_C = 1,15; h_B = 0,89; h_M = 1,0; h_{\text{п}} = 1,0$ . [9]

Тогда по формуле (2) получим

$$C_{\text{заг}} = 44,02 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 45,05, \text{ руб/кг.}$$

С учетом массы заготовки  $m = 20,2$  кг рассчитаем стоимость нашей заготовки.

$$C_{\text{заг}} = 45,05 \cdot 20,2 = 910,01 \text{ руб.}$$

Стоимость заготовки, полученной методом литья меньше стоимости ковкой заготовки, поэтому выбираем метод литья.

Определим коэффициент использования материала

$$K_{им} = \frac{m_D}{m_3} \quad (3)$$

где  $m_D = 12,1$  кг – масса детали.

$$\text{Тогда } K_{им} = \frac{m_D}{m_3} = \frac{12,1}{21,6} = 0,56.$$

Коэффициент использования материала соответствует выбранной серийности производства.

## 2.4 Выбор методов обработки поверхностей

«К технологическим показателям любого вида обработки относятся: производительность  $Q$ , которая оценивается как отношение объема или массы удаленного металла ко времени обработки; физико-механическими свойствами поверхностного слоя детали и степенью шероховатости поверхности, или ее чистотой; точностью обработки. Практически все перечисленные методы воздействия подвергают поверхностный слой в процессе обработки пластическому деформированию, за исключением теплового и химического воздействия. Это приводит к наклепу поверхности, т. е. увеличению ее микротвёрдости и возникновению внутренних напряжений». [6]

Согласно необходимой точности (IT 14) поверхностей 1, 4, 6, 19 и их шероховатости (Ra 5) примем следующие методы обработки этих поверхностей: черновое и чистовое точение.

Согласно необходимой точности (IT 10) поверхности 2 и её шероховатости (Ra 5) примем следующие методы обработки этой поверхности: черновое и чистовое точение.

Согласно необходимой точности (IT 8) поверхностей 3, 5 и их шероховатости (Ra 1,25) примем следующие методы обработки этих поверхностей: черновое и чистовое точение, круглое шлифование.

Согласно необходимой точности (IT 16) поверхностей 7, 8, 9, 16, 17, 18 и их шероховатости (Ra 40) эти показатели достигаются на заготовительной операции, значит их не нужно подвергать механической обработке.

Согласно необходимой точности (IT 14) поверхности 10 и её шероховатости (Ra 1,25) примем следующие методы обработки этой поверхности: черновое и чистовое точение, круглое шлифование.

Согласно необходимой точности (IT 7) поверхности 11 и её шероховатости (Ra 1,25) примем следующие методы обработки этой поверхности: черновое и чистовое точение, протягивание и внутреннее шлифование.

Согласно необходимой точности (IT 9) поверхностей 12, 13 и их шероховатости (Ra 2,5) примем следующие методы обработки этих поверхностей: протягивание.

Согласно необходимой точности (IT 11) поверхности 14 и её шероховатости (Ra 5) примем следующие методы обработки этой поверхности: протягивание.

Согласно необходимой точности (IT 10) поверхности 15 и её шероховатости (Ra 5) примем следующие методы обработки этой поверхности: сверление.

## **2.5 Расчёт припусков**

«В настоящее время в машиностроении применяются два метода установления припусков на обработку – опытно-статистический и расчетно-аналитический. При использовании опытно-статистического метода припуски устанавливаем по таблицам, которые составлены на основе

обобщения практических данных передовых производств. Его недостатком является то, что припуски назначают без учета конкретных условий построения технологических процессов. Например, общие припуски – без учета маршрута обработки данной поверхности, промежуточные – без учета схемы установки заготовки и погрешностей предшествующей обработки. В связи с этим опытно-статистические припуски во многих случаях завышены, так как ориентированы на условия обработки, при которых припуск должен быть наибольшим во избежание брака». [19]

Расчетно-аналитический метод определения припусков более трудоёмок, однако лишён указанного недостатка. В соответствии с этим методом промежуточный припуск, назначаемый для определённого перехода, должен быть таким, чтобы при его снятии устранялись погрешности обработки и дефекты поверхностного слоя, а также возникающая при выполняемом переходе погрешность установки обрабатываемой заготовки. Метод базируется на учёте конкретных условий выполнения технологического процесса, позволяя выявить возможности экономии материала и снижения трудоёмкости механической обработки». [19]

Определим припуски на обработку поверхности 11 с параметрами  $\varnothing 49H7^{(+0,025)}$ ,  $L = 54,8$  мм,  $Ra = 1,25$  мкм расчетно-аналитическим методом. Технологический маршрут обработки данной поверхности состоит из чернового и чистового точения, термообработки, протягивания и внутреннего шлифования.

Найдем суммарную величину для каждого перехода

$$\langle a = R_z + h_o \rangle. [2] \quad (4)$$

Найдем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей

$$\langle\langle \Delta = 0,25 \cdot Td \rangle\rangle. [2] \quad (5)$$

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 0,44 = 0,110.$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,25 = 0,063.$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,062 = 0,016.$$

$$\Delta_{TO} = 0,25 \cdot 0,100 = 0,025.$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,039 = 0,010.$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,025 = 0,006.$$

Вычислим максимальное и минимальное значение припуска (мм)

$$\langle\langle Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{i-1})^2 + \varepsilon_i^2} \rangle\rangle. [2] \quad (6)$$

$$\langle\langle Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(Td_{i-1} + Td_i) \rangle\rangle. [2] \quad (7)$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,110^2 + 0,025^2} = 0,513.$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{(\Delta_1)^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,063^2 + 0} = 0,263.$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{TO})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,025^2 + 0^2} = 0,125.$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{(\Delta_3)^2 + \varepsilon_4^2} = 0,05 + \sqrt{0,010^2 + 0^2} = 0,060.$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(TD_0 + TD_1) = 0,513 + 0,5(0,440 + 0,250) = 0,858.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(TD_1 + TD_2) = 0,263 + 0,5(0,250 + 0,062) = 0,419.$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(TD_2 + TD_3) = 0,125 + 0,5(0,100 + 0,039) = 0,195.$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(TD_3 + TD_4) = 0,060 + 0,5(0,039 + 0,025) = 0,092.$$

Рассчитаем значения размеров на каждом переходе (мм)

$$D_{4\min} = 49,000.$$

$$D_{4\max} = 49,025.$$

$$D_{3\max} = D_{4\min} - 2 \cdot Z_{4\min} = 49,000 - 2 \cdot 0,060 = 48,880.$$

$$D_{3\min} = D_{3\max} - TD_3 = 48,880 - 0,039 = 48,841.$$

$$D_{TO\max} = D_{3\min} - 2 \cdot Z_{3\min} = 48,841 - 2 \cdot 0,125 = 48,591.$$

$$D_{TO\min} = D_{TO\max} - TD_{TO} = 48,591 - 0,100 = 48,491.$$

$$D_{2\max} = D_{TO\min} \cdot 0,999 = 48,491 \cdot 0,999 = 48,443.$$

$$D_{2\min} = D_{2\max} - TD_2 = 48,443 - 2 \cdot 0,062 = 48,381.$$

$$D_{1\max} = D_{2\min} - 2 \cdot Z_{2\min} = 48,381 - 2 \cdot 0,263 = 47,855.$$

$$D_{1\min} = D_{1\max} - TD_1 = 47,855 - 0,250 = 47,605.$$

$$D_{0\max} = D_{1\min} - 2 \cdot Z_{1\min} = 47,605 - 2 \cdot 0,513 = 46,579.$$

$$D_{0\min} = D_{0\max} - TD_0 = 46,579 - 0,440 = 46,139.$$

Найдем средние значения размеров на каждом переходе (мм)

$$\langle D_{cpi} = 0,5(D_{i\max} + D_{i\min}) \rangle. [2] \quad (8)$$

$$D_{cp0} = 0,5(D_{0\max} + D_{0\min}) = 0,5 \cdot (46,139 + 46,579) = 46,359.$$

$$D_{cp1} = 0,5(D_{1\max} + D_{1\min}) = 0,5 \cdot (47,605 + 47,855) = 47,730.$$

$$D_{cp2} = 0,5(D_{2\max} + D_{2\min}) = 0,5 \cdot (48,381 + 48,443) = 48,412.$$

$$D_{cpTO} = 0,5(D_{TO\max} + D_{TO\min}) = 0,5 \cdot (48,491 + 48,591) = 48,541.$$

$$D_{cp3} = 0,5(D_{3\max} + D_{3\min}) = 0,5 \cdot (48,841 + 48,880) = 48,861.$$

$$D_{cp4} = 0,5(D_{4\max} + D_{4\min}) = 0,5 \cdot (49,000 + 49,025) = 49,013.$$

Найдем общий припуск на обработку (мм)

$$\langle 2Z_{\min} = D_{4\min} - D_{0\max} \rangle [2] \quad (9)$$

$$2Z_{\min} = 49,000 - 46,579 = 2,421.$$



$$\ll 2Z_{\max} = 2Z_{\min} + TD_0 + TD_4 \gg [2] \quad (10)$$

$$2Z_{\max} = 2,421 + 0,440 + 0,025 = 2,886.$$

$$\ll 2Z_{cp} = 0,5(2Z_{\min} + 2Z_{\max}) \gg [2] \quad (11)$$

$$2Z_{cp} = 0,5 \cdot (2,886 + 2,421) = 2,654.$$

Эти значения будем использовать при проектировании технологического процесса изготовления шкива.

## 2.6 Определение режимов обработки

«Глубина резания определяется в основном припуском на обработку, который выгодно удалять за один проход. Однако для уменьшения усилий резания иногда необходимо снять общий припуск за несколько проходов: 60% при черновой, 20-30% при получистовой и 10-20% при чистовой обработке. Глубина резания  $t$  равна 3-5, 2-3 и 0,5-1 мм для черновой, получистовой и чистовой обработки соответственно. Подача ограничивается силами, действующими в процессе резания, которые могут привести к поломке режущего инструмента, деформации и искажению формы заготовки, а также к поломке станка». [21]

«Целесообразно работать с максимально возможной подачей. Обычно подача назначается по таблицам справочников (по режимам резания), составленным на основе специальных исследований и изучения опыта работы машиностроительных заводов. После выбора подачи из справочников ее корректируют по кинематическим данным станка, на котором будет вестись обработка (выбирают ближайшее меньшее значение подачи)». [21]

«Скорость резания зависит от конкретных условий обработки, которые влияют на стойкость инструмента (время работы инструмента от переточки

до переточки). Чем с большей скоростью резания – допускается работа инструмента при одной и той же стойкости, тем выше его режущие свойства и тем более он производителен. На скорость резания, устанавливаемую для инструмента, влияют его стойкость, физико-механические свойства обрабатываемого материала, подача и глубина резания, геометрия режущей части инструмента, смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ), допустимый износ инструмента. Физико-механические свойства обрабатываемых материалов, от которых зависит их сопротивление силам резания, в значительной мере определяют скорость резания». [21]

### 2.6.1 Определение режимов обработки на операцию 005.

Переход 1.

Назначим глубину резания и подачу  $t = 0,5,0; S = 0,3$ . [15]

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (12)$$

где  $K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 180$ . [15]

Тогда  $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$  м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D}. \quad (13)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 222} = 258,2 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 250 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}. \quad (14)$$

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 222 \cdot 250}{1000} = 174,3 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n. \quad (15)$$

$$S = 0,3 \cdot 250 = 75 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S}. \quad (16)$$

$$T_0 = \frac{12}{75} = 0,16 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Назначим глубину резания и подачу  $t = 0,5; S = 0,3$ . [15]

Скорость резания рассчитаем по формуле (12)

$$K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 180. \quad [15]$$

$$V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180 \text{ м/мин.}$$

Частоту вращения рассчитаем по формуле (13)

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 75} = 764,3 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 630 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания по формуле (14)

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 75 \cdot 630}{1000} = 148,4 \text{ м/мин.}$$

Минутную подачу рассчитаем по формуле (15)

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 630 = 189 \text{ мм/мин.}$$

Основное время рассчитаем по формуле (16)

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{75}{189} = 0,40 \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,16 + 0,40 = 0,56 \text{ мин.}$$

Рассчитанные данные занесем в технологическую наладку.

### 2.6.2 Определение режимов обработки на операцию 015.

Переход 1.

Назначим глубину резания и подачу  $t = 0,3; S = 0,2$ . [15]

Скорость резания рассчитаем по формуле (12)

$$K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 180. [15]$$

$$V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180 \text{ м/мин.}$$

Частоту вращения рассчитаем по формуле (13)

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 218,3} = 262,6 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 250 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания по формуле (14)

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 218,3 \cdot 250}{1000} = 171,4 \text{ м/мин.}$$

Минутную подачу рассчитаем по формуле (15)

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 250 = 50 \text{ мм/мин.}$$

Основное время рассчитаем по формуле (16)

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{12}{50} = 0,24 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Назначим глубину резания и подачу  $t = 0,3; S = 0,2$ . [15]

Скорость резания рассчитаем по формуле (12)

$$K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 180. [15]$$

$$V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180 \text{ м/мин.}$$

Частоту вращения рассчитаем по формуле (13)

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 71} = 807,4 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 800 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания по формуле (14)

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 71 \cdot 800}{1000} = 178,4 \text{ м/мин.}$$

Основное время рассчитаем по формуле (16)

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{71}{160} = 0,44 \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,24 + 0,44 = 0,68, \text{ мин.}$$

Рассчитанные данные занесем в технологическую наладку.

### 2.6.3 Определение режимов обработки на операцию 030.

«Протягивание отверстий относится к метода чистовой обработки. Оно выполняется на горизонтально- или вертикально-протяжных станках, развивающих тяговое усилие от 5 до 60 т. В качестве режущего инструмента применяют многозубые круглые протяжки, которые могут быть цельными, сборными или составными. Изготавливают протяжки из легированных инструментальных сталей типа сталь ХВГ, из быстрорежущих сталей Р6М5, Р9К5. Зубья протяжки могут быть оснащены пластинками из твердых сплавов ВК8, ВК6М и др.» [19]

«Протягивание является высокопроизводительным способом обработки цилиндрических, шлицевых и профильных отверстий. Его выполняют после сверления, зенкерования и расточки. За один ход протяжки в отверстии снимается весь припуск и обеспечивается достижение точности отверстия по 6...9-му квалитетам и шероховатости поверхности в пределах  $Ra = 1,25 \dots 0,63$  мкм. Это объясняется тем, что основной припуск в отверстии

снимают зубья, расположенные на режущей части протяжки, а калибрующие зубья в конце протяжки, на которые приходится малая нагрузка обеспечивают окончательное формирование точности размера и шероховатости поверхности отверстия». [19]

Определим осевую силу резания

$$P = q_0 \cdot \sum l_p \cdot k_p, \quad (17)$$

где  $k_p = 1; q_0 = 72$ . [15]

$$\sum l_p = \frac{\pi \cdot D \cdot Z_p}{Z_c}, \quad (18)$$

где  $D = 48,9; Z_c = 2$ . [15]

$$Z_p = \frac{l}{t+1}, \quad (19)$$

где  $l = 55; t = 9$ .

$$Z_p = \frac{55}{9+1} = 5,5 \approx 6.$$

$$\sum l_p = \frac{3,14 \cdot 48,9 \cdot 6}{2} = 460,6 \text{ мм.}$$

$$P = 72 \cdot 460,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 33166, \text{ Н.}$$

$$T_0 = \frac{55}{1000} = 0,06 \text{ мин.}$$

Полученные режимы резания внесем в технологическую документацию, представленную в приложении А, а также на технологические наладки, представленные в графической части.

В результате выполнения раздела нами спроектирован план изготовления шкива насоса, который представлен в графической части.

### 3 Проектирование станочного приспособления

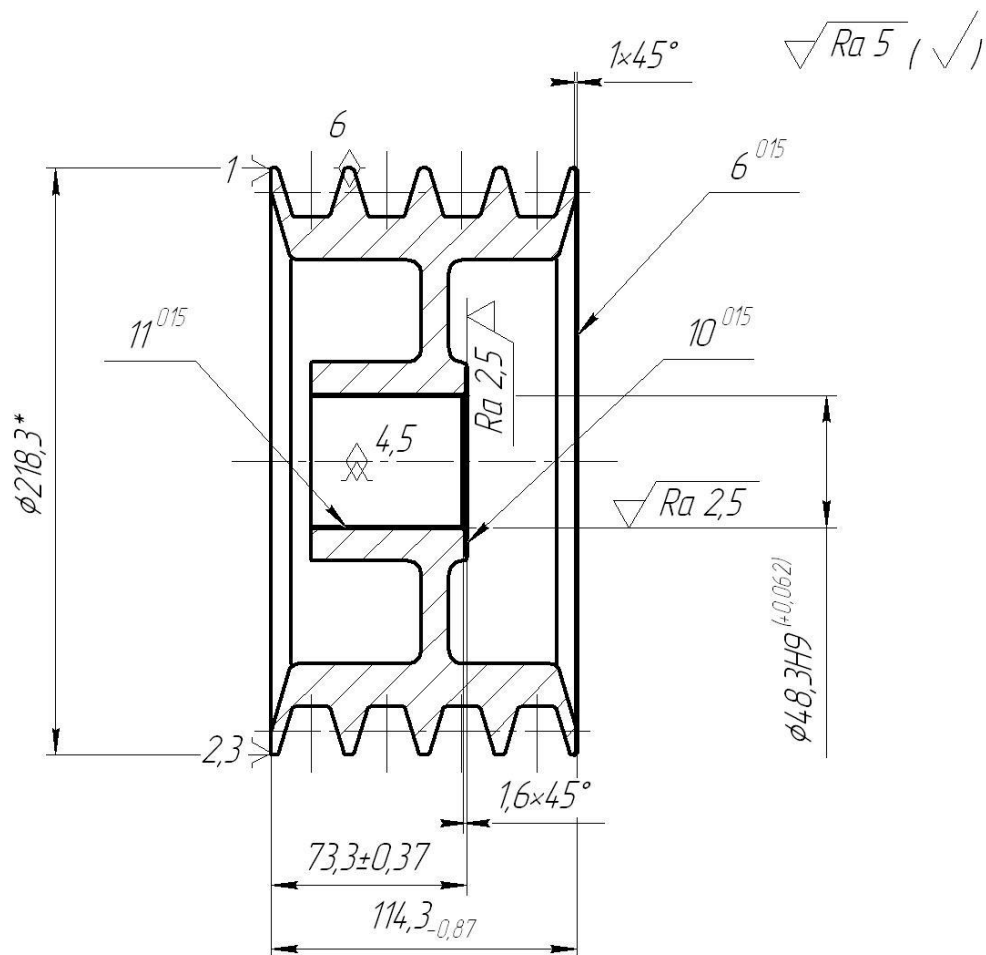
«Использование приспособлений способствует повышению производительности и точности обработки, сборки и контроля; облегчению условий труда, сокращению количества и снижению необходимой квалификации рабочих; строгой регламентации длительности выполняемых операций; расширению технологических возможностей оборудования; повышению безопасности работы и снижению аварийности». [18]

«Производительность при использовании приспособлений повышается устранением разметки заготовок и сокращением штучного времени по всем основным технологическим операциям. Анализируя формулу штучного времени, можно установить, что при использовании приспособлений сокращаются все его составляющие. Основное время уменьшают, применяя многоинструментальную обработку и многоместные приспособления, а также повышая режимы резания в результате увеличения жесткости технологической системы. Вспомогательное время уменьшают, используя установку заготовки без выверки, а также путем перекрытия (частичного или полного) вспомогательного времени основным. Время технического обслуживания сокращают, применяя устройства для быстрой смены инструмента и его наладки. Устройства для отвода стружки уменьшают время для организационного обслуживания, а облегчение условий труда – время перерывов в работе. Использование приспособлений способствует также уменьшению подготовительно-заключительного времени при выпуске изделий партиями». [18]

В данном разделе спроектируем технологическую оснастку для токарной операции 015.

### 3.1 Исходные данные

Схема операции 015 представлена на рисунке 5.



*\*Размер для справки.*

Рисунок 5 - Схема операции

Режимы обработки были рассчитаны в разделе 2.6.2 и представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Режимы резания на операцию 015

Глубина резания t, мм	Подача S, мм/об	Скорость резания V, м/мин	Частота вращения шпинделя n, мин <sup>-1</sup>
0,30	0,2	171,4	250



Далее перейдем к расчету сил резания на операции 015.

### 3.2 Расчет сил резания

В процессе обработки на токарном станке на заготовку действуют силы резания. Определим их.

$$P_{y,z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

(20)

где для  $P_Y$ :  $C_p = 243$ ;  $x = 0,9$ ;  $y = 0,6$ ;  $n = -0,3$ ; [11]

для  $P_Z$ :  $C_p = 300$ ;  $x = 1,0$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = -0,15$ ; [11]

$K_p = 0,9$ . [11]

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,3^{0,9} \cdot 0,2^{0,6} \cdot 171,4^{-0,3} \cdot 0,9 = 60,2, \text{ Н.}$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 171,4^{-0,15} \cdot 0,9 = 112,0, \text{ Н.}$$

Рассчитав силы резания на операции, перейдем к определению усилия зажима в приспособлении.

### 3.3 Определение усилия зажима

Схема фиксации заготовки на станке представлена на рисунке 6.

Определим крутящий момент.

$$M_p = \frac{P_z \cdot d_1}{2}. \quad (21)$$

Рассчитаем момент силы зажима.

$$M_3 = \frac{W \cdot f \cdot d_2}{2}. \quad (22)$$

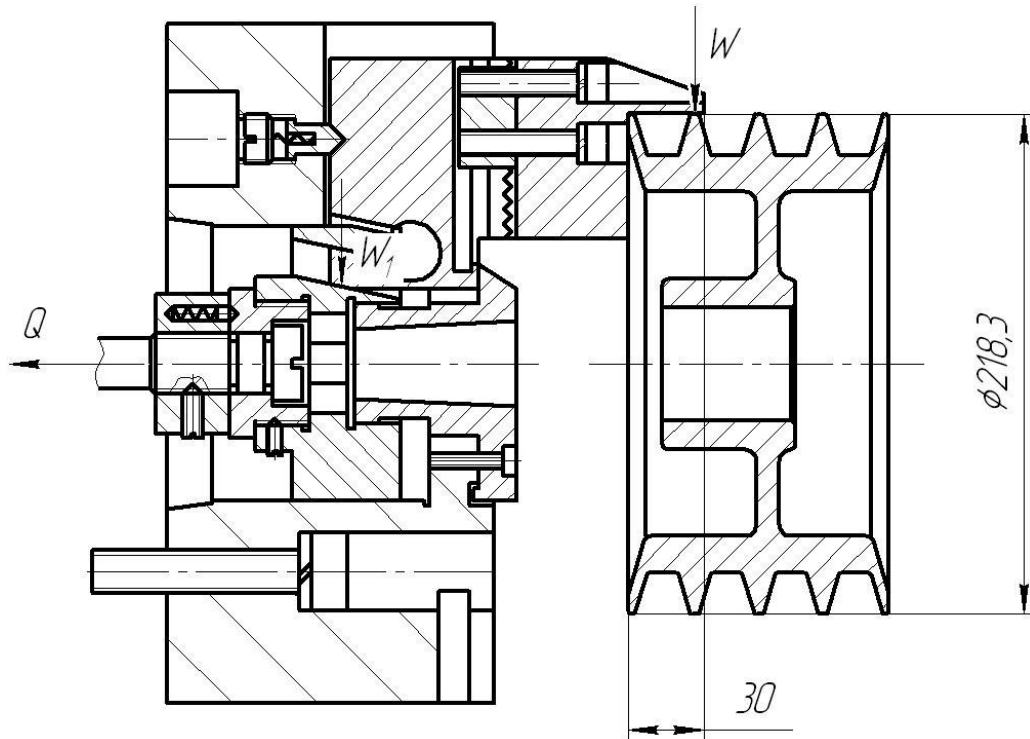


Рисунок 6 - Схема фиксации заготовки

Эти моменты должны быть взаимно уравновешены, поэтому

$$W = \frac{2 \cdot K \cdot M_p}{f \cdot d_2} = \frac{2 \cdot K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2}. \quad (23)$$

Для гарантии примем коэффициент запаса, который рассчитаем по формуле

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (24)$$

где  $K_0 = 1,8; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; K_5 = 1,0; K_6 = 1,0$ . [11]

Тогда  $K = 1,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,8$ .

Примем коэффициент трения  $f = 0,3$ . [11]

Тогда получим формулу

$$W = \frac{2 \cdot K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2}. \quad (25)$$

Поставляя значения, получим  $W = \frac{2 \cdot 1,8 \cdot 112 \cdot 218,3}{0,3 \cdot 218,3} = 1344$ , Н.

Усилие, прикладываемое к кулачкам, найдем по формуле

$$W_1 = \frac{W}{1 - \frac{3 \cdot l_k}{H_k} \cdot f_1} \quad (26)$$

Тогда  $W_1 = \frac{1344}{1 - \frac{62}{80} \cdot 0,1} = 1456,9$ , Н.

Далее перейдем к расчету самого привода приспособления.

### 3.4 Определение усилия привода

Рассчитаем усилие привода, которое усиливается механизмом зажима и прикладывается к зажимному кулачку

$$Q = \frac{W_1}{i_c} \quad (28)$$

Рассчитаем величину характеристики конструкции

$$i = \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1} \quad (29)$$

$$i = \frac{1}{\operatorname{tg}(15 + 5^{\circ}50') + \operatorname{tg}5^{\circ}50'} = 2,1.$$

Тогда по формуле (28) получим

$$Q = \frac{1456,9}{2,1} = 693,8, \text{ Н.}$$

«Применение приспособлений снижает трудоемкость  $T$  и себестоимость  $C$  обработки деталей (рисунок 7). На рисунке 7а приведена зависимость трудоемкости  $T$  от коэффициента оснащенности  $K$  (под которым понимается отношение числа приспособлений к числу операций обработки данной детали), а на рисунке 7б – зависимость себестоимости обработки  $C$  от допуска  $\delta$  на изготовление. Линии 1 характеризуют одноместные приспособления ручного типа, а линии 2 – приспособления механизированные и многоместные». [18]

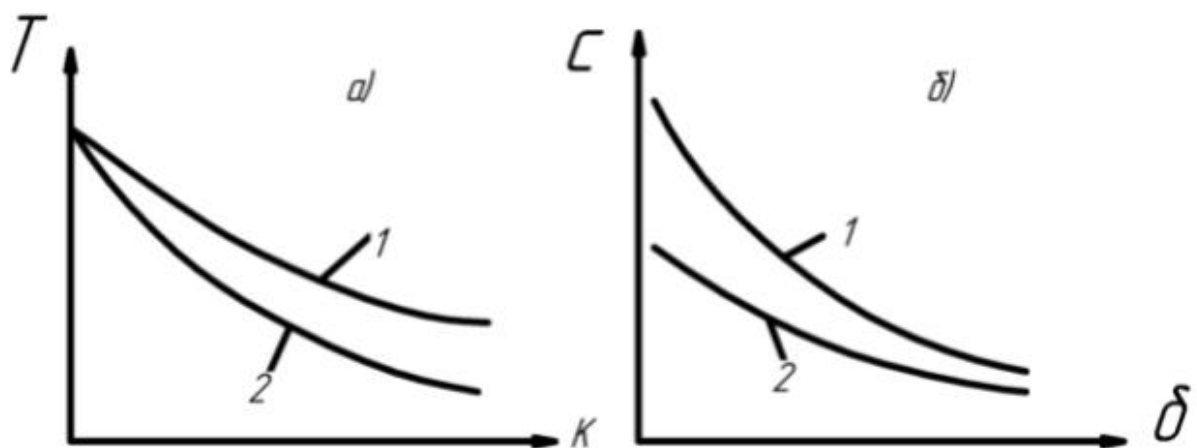


Рисунок 7 - Зависимость трудоемкости и себестоимости от применения приспособлений

Из рисунка 7 видно, что применение приспособлений экономически выгодно.

В результате выполненного раздела нами спроектировано станочное приспособление на токарную операцию 015. Чертеж спроектированного приспособления, автоматизированного пневматическим приводом, представлен в графической части работы.

## 4 Проектирование режущего инструмента

### 4.1 Исходные данные

На 030 операции обрабатывается внутреннее цилиндрическое отверстие шкива. В данном разделе спроектируем режущий инструмент для этой операции. Операционный эскиз представлен на рисунке 8.

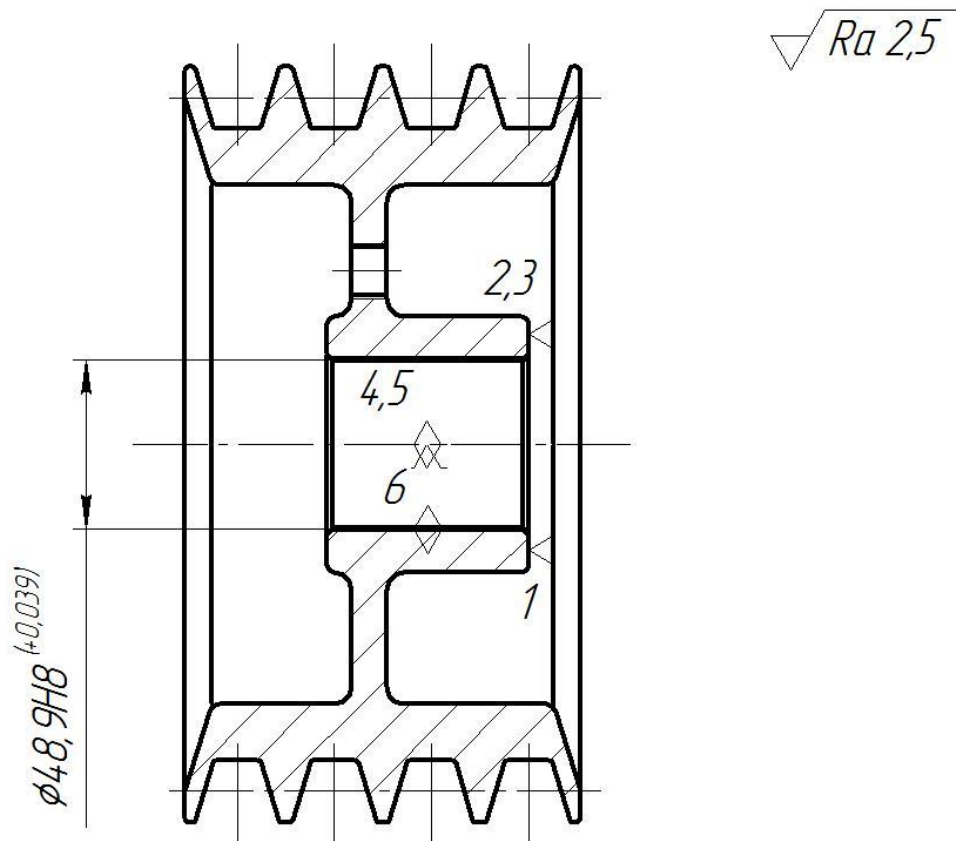


Рисунок 8 – Операционный эскиз

«Протяжки – это многозубые высокопроизводительные инструменты, нашедшие широкое применение в серийном и особенно в массовом производствах. Они относятся к инструментам с конструктивной подачей, так как при протягивании движение подачи отсутствует». [8]

«Деление припуска между зубьями протяжки осуществляется за счет превышения по высоте и ширине каждого последующего зуба относительно предыдущего. Превышение по высоте, определяющее толщину срезаемого

слоя  $a_z$ , называется подъемом или подачей на зуб. Деление припуска по ширине осуществляется с целью облегчения процесса резания и используется в протяжках с групповой схемой резания. Протяжки, применяемые для обработки отверстий различных форм, называются внутренними протяжками. Для обработки наружных поверхностей, т. е. поверхностей с открытым незамкнутым контуром, применяют наружные протяжки». [8]

«При проектировании протяжек необходимо иметь в виду следующие особенности их работы: 1) протяжки испытывают большие растягивающие нагрузки, поэтому внутренние протяжки обязательно проверяют на прочность по наиболее слабым сечениям; 2) срезаемая при протягивании стружка должна свободно размещаться в стружечных канавках в течение всего времени нахождения режущих зубьев в контакте с заготовкой и свободно выходить из канавки после прекращения процесса резания. Поэтому вопросы размещения и деления стружки по ширине требуют большого внимания. Так, например, при протягивании круглых отверстий не допускаются кольцевые стружки, потому что для освобождения от них протяжек потребовались бы большие затраты времени; 3) длина протяжек должна соответствовать рабочему ходу протяжного станка, а также возможностям оборудования для их термической и механической обработки». [8]

Размер отверстия до обработки  $D_0 = 48,3$  мм.

Размер отверстия после обработки  $D = 48,9H8^{+0,039}$  мм.

Длина отверстия  $L_0 = 55$  мм.

Далее перейдем к расчету режущей части протяжки.

## 4.2 Расчёт режущей части протяжки

Назначаем задний угол у режущих зубьев  $\alpha_{r0} = 3^\circ$ , передний угол  $\gamma_{r0} = 18^\circ$

Рассчитаем под протягивание припуск (мм).

$$D_{\max} = D + \frac{1}{2} IT. \quad (30)$$

Тогда  $D_{\max} = 48,9 + \frac{1}{2} 0,039 = 48,920$ .

$$A = \frac{D_{\max} - D_0}{2} = \frac{48,920 - 48,3}{2} = 0,310.$$

Определим шаг режущих зубьев по формуле

$$t = (1,25 \dots 1,5) \sqrt{L_0}. \quad (31)$$

Тогда  $t = 1,3 \sqrt{55} = 9,641$ , мм.

Принимаем  $t = 10$  мм.

По величине  $t$  назначаем размеры стружечной канавки

$h = 4; c = 3; r = 2; R = 7; F_K = 12,57$  (рисунок 9).

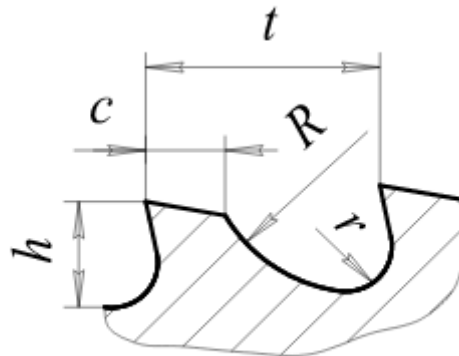


Рисунок 9 – Параметры стружечной канавки протяжки

Определим толщину среза, приходящегося на один зуб, по формуле

$$a_z = \frac{F_K}{K \cdot L_0}, \quad (32)$$

где  $K = 3,5$ . [16]

$$\text{Тогда } a_z = \frac{12,57}{4 \cdot 55} = 0,057,$$

Рассчитаем количество одновременно работающих зубьев

$$q = \frac{L_0}{t} + 1 \quad (33)$$

$$q = \frac{55}{10} + 1 = 6,5. \text{ Принимаем } q = 7.$$

Определим силу по формуле

$$P_z = C_p \cdot \sigma_s \cdot a_z^{0,85} \cdot K_\gamma, \quad (34)$$

где  $C_p = 3,3$ . [16]

$$K_\gamma = \frac{90 - \gamma}{75} = \frac{90 - 18}{75} = 0,96.$$

$$\text{Тогда } P_z = 3,3 \cdot 441 \cdot 0,057^{0,85} \cdot 0,96 = 122,38, \text{ Н.}$$

Определим силу протягивания по формуле

$$P_T = \pi \cdot P_z \cdot D \cdot q. \quad (35)$$

$$\text{Тогда } P_T = 3,14 \cdot 122,38 \cdot 48,9 \cdot 7 = 131537, \text{ Н.}$$

Определим напряжения в канавке до первого зуба пол формуле

$$\sigma_1 = \frac{4 \cdot P_T}{\pi(D_0 - 2h)^2}. \quad (36)$$

$$\sigma_1 = \frac{4 \cdot 131537}{3,14(48,3 - 2 \cdot 4)^2} = 103,2, \text{ МПа.}$$



Примем наибольший диаметр хвостовика  $d_1 = 40$  мм.

Определим напряжение в опасном сечении хвостовика

$$\sigma_x = \frac{P_T}{F_x} = \frac{131537}{804,2} = 163,56,$$

где  $F_x = 804,2$  мм<sup>2</sup>.

Определим количество черновых зубьев по формуле

$$z = \frac{A - a'_z z'}{a_z} + 1. \quad (37)$$

Принимаем  $a'_z = 0,0125$ ;  $z' = 2$ .

$$\text{Тогда } z = \frac{0,310 - 2 \cdot 0,0125}{0,057} + 1 = 6.$$

Определим диаметры черновых режущих зубьев по формуле (мм)

$$D_i = D_0 + 2a_z(i-1). \quad (38)$$

$$D_1 = 48,3 + 2 \cdot 0,057(1-1) = 48,3.$$

$$D_2 = 48,3 + 2 \cdot 0,057(2-1) = 48,414.$$

$$D_3 = 48,3 + 2 \cdot 0,057(3-1) = 48,528.$$

$$D_4 = 48,3 + 2 \cdot 0,057(4-1) = 48,642.$$

$$D_5 = 48,3 + 2 \cdot 0,057(5-1) = 48,756.$$

$$D_6 = 48,3 + 2 \cdot 0,057(6-1) = 48,850.$$

Определим диаметры чистовых режущих зубьев по формуле (мм)

$$D_{q1} = D_Z + 2a'_z j. \quad (39)$$

$$D_{q1} = 48,850 + 2 \cdot 0,0125 \cdot 1 = 48,875.$$

$$D_{q2} = 48,850 + 2 \cdot 0,0125 \cdot 2 = 48,900$$

Определим длину режущей части (мм)

$$l_p = t(z + z') = 10(6 + 2) = 80.$$

Принимаем задний угол калибрующей части  $\alpha_{rK} = 1^\circ$ , передний угол  $\gamma_{rK} = 1^\circ$

Принимаем количество калибрующих зубьев  $z_K = 6$ .

Найдем шаг калибрующих зубьев по формуле

$$t \approx \frac{2}{3}t. \quad (40)$$

Тогда  $t \approx \frac{2}{3} \cdot 10 \approx 8$  мм.

$$D_K = D_{\max} = 48,900 \text{ мм.}$$

Длина калибрующей части

$$l_K = t_K \cdot z_K = 8 \cdot 6 = 48 \text{ мм.}$$

Далее выполним расчет конструктивных элементов протяжки.

### 4.3 Расчет конструктивных элементов протяжки

Длины передней и задней направляющей соответственно

$$l_K = (0,8 \dots 1,0)L_0 = 0,9 \cdot 55 = 50 \text{ мм.}$$

$$l_{3H} = (0,6 \dots 0,8)L_0 = 0,7 \cdot 55 = 40 \text{ мм.}$$

Тогда определим полную длину протяжки

$$L = L_1 + l_p + l_K + l_{3H} = 230 + 80 + 48 + 40 = 398 \text{ мм.}$$

В результате выполнения данного раздела нами спроектирована круглая протяжка на операцию 030 техпроцесса. Чертеж спроектированной круглой протяжки представлен в графической части работы.

## 5 Безопасность и экологичность технического объекта

В данном разделе содержится анализ безопасности и экологичности технологического процесса изготовления шкива насоса.

### 5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 3 содержит характеристики выбранных операций.

Таблица 3 – Технологический паспорт технического объекта

«Технологический процесс» [3]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [3]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [3]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [3]	«Материалы вещества» [3]
Изготовление шкива насоса	Протяжная	Оператор станка с ЧПУ	Протяжка круглая Р6М5  Приспособление специальное со сферической опорой	сталь 25Л
	Токарная		Резец контурный правый Т15К6 ГОСТ 18878-73  Резец расточный Т15К6 ГОСТ 18872-73  Патрон токарный трехкулачковый, оснащенный пневмоприводом	

Далее перейдем к идентификации рисков.

### 5.2 Идентификация профессиональных рисков

В таблицу 4 сведены данные о появляющихся при исполнении операций технологического процесса воспроизведения профессиональных рисках.

Таблица 4 - Идентификация профессиональных рисков

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция» [3]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [3]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [3]
Протяжная	Химическое отравление, поражение электрическим током при неправильной эксплуатации оборудования, шум, вибрации, загрязнение воздуха, стереотипные рабочие движения	СОЖ, оборудование, обрабатываемая заготовка, инструмент, станок
Токарная		

«Процесс идентификации, оценки и управления рисками состоит из следующих этапов: создание комиссии по идентификации опасностей и оценке рисков и утверждение графика идентификации опасностей и оценки рисков; Сбор предварительной информации; идентификация опасностей; определение действующих мер снижения и минимизации рисков; определение тяжести последствий; определение вероятности возникновения рисков; оценка рисков; разработка дополнительных мер, направленных на снижение уровня рисков». [13]

Вышеприведенные факторы угрожают безопасности исполнения операций технологического процесса изготовления шкива насоса. Необходимо предпринять меры по устранению влияния приведенных опасных факторов на работников.

### 5.3 Методы и технические средства снижения рисков

В данном подразделе содержится информация о методах и средствах подавления влияния опасных производственных факторов, приведенных в предыдущем подразделе, на исполнение операций технологического процесса изготовления шкива насоса. Методы и средства приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Организационно-технические методы и технические средства устранения или снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

«Опасный и вредный производственный фактор» [3]	«Организационные методы, технические средства» [3]	«Средства защиты» [3]
вибрации	«Инструктажи по охране труда. Устройства и приспособления, гасящие вибрации» [14]	«Ботинки с амортизирующими подошвами» [4], «вибропоглощающие перчатки» [4]
«акустические колебания в производственной среде и характеризующие повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума» [3]	«Инструктажи по охране труда. Приспособления, поглощающие и снижающие уровень шума до предельно допустимых значений» [14]	Противошумные вкладыши или наушники
Поражение электрическим током	«Инструктажи по охране труда. Заземление оборудования. Изоляция токоведущих частей. Системы аварийного отключения» [14]	резиновые напольные покрытия, Перчатки с полимерным покрытием, спецодежда
Химическое отравление (через дыхательные пути)	Вентиляция Инструктажи по охране труда	спецодежда
Загрязнение воздуха	Вентиляция Инструктажи по охране труда	спецодежда
стереотипные рабочие движения	Инструктажи по охране труда Соблюдение периодических перерывов	-
«отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения» [3]	Инструктажи по охране труда устройства местного освещения	-

Далее перейдем к анализу пожарной безопасности.

#### 5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Цель данного подраздела – обезопасить объекты производства от угрозы возникновения пожаров. Приведенные ниже таблицы 6-8 содержат информацию об источниках пожарной безопасности и предназначенных для устранения угрозы пожара средствах.

Таблица 6 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

«Участок» [3]	«Оборудование» [3]	Класс пожара	«Опасные факторы при пожаре» [3]	«Сопутствующие факторы при пожаре» [3]
Производственный участок	7523 Samat-400XC	Д	«Неисправность электрооборудования, возгорание промасленной ветоши, искры и пламя» [14]	«Взрывы, Изменение местоположения напряжения на токопроводящие элементы оборудования» [14]

Таблица 7 - Средства защиты и пожаротушения

«Первичные средства пожаротушения» [3]	«Мобильные средства пожаротушения» [3]	«Стационарные установки системы пожаротушения» [3]	«оборудование» [3]	«инструмент» [3]	«Средства индивидуальной защиты» [3]	«Пожарные сигнализация, связь, оповещение» [3]
Огнетушители, ящики с песком, ведра	Автомобили, передвижные огнетушители	Система пожаротушения автоматическая	Рукава, гидранты	Ведра, лопаты	Противогазы, спецодежда, пожарный щит	Звуковые автоматические оповещатели

Таблица 8 - Средства по обеспечению пожарной безопасности

«Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта» [3]	«Наименование видов реализуемых организационных мероприятий» [3]	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности» [3]
1	2	3
Технологический процесс изготовления шкива насоса	разработка и реализация приказов и распоряжений в части организации проведения работы по обеспечению пожарной безопасности объекта, а также разработку инструкций о мерах пожарной безопасности и действиях при возникновении пожара; обучение работников объекта мерам пожарной безопасности; применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности	пожарные инструктажи, наличие пожарной сигнализации, автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения

Далее проанализируем экологическую безопасность объекта.

## 5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Произведенный анализ выявил результаты, занесенные в таблицы 9 и 10.

Таблица 9 - Определение экологически опасных факторов объекта

Технологический процесс	Структурные элементы техпроцесса	Опасное воздействие на атмосферу	Опасное воздействие на гидросферу	Опасное воздействие на литосферу
Изготовление шкива насоса	7523 Samat-400XC	Стружка, пыль, токсические испарения	Стружка, пыль, технические жидкости, растворы	Стружка, пыль, технические жидкости, растворы, ветошь

Таблица 10 - Разработанные мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

воздействие	Технологический процесс изготовления шкива насоса
на атмосферу	Фильтрационные системы для системы вентиляции участка
на гидросферу	Локальная многоступенчатая очистка сточных вод
на литосферу	Разделение, сортировка, утилизация на полигонах отходов

Далее сформулируем требования к управлению охраной труда на предприятии.

## 5.6 Требования к управлению охраной труда внутри организации

«К системам управления охраной труда требования разработаны Международной организацией труда (МОТ) в соответствии с общепризнанными международными принципами на основе широкомасштабного подхода». [22]

«Они определены входящими в МОТ представителями трех сторон социально-трудовых отношений и других заинтересованных организаций. Этот трехсторонний подход предполагает силу, гибкость и надлежащую основу для развития стабильной культуры безопасности труда в организации. Добровольно принимаемые требования к системам управления охраной

труда отражают ценности и средства МОТ, позволяющие обеспечивать безопасность и здоровье работников». [22]

«На работодателя возлагается непосредственная ответственность и обязанность по обеспечению безопасных условий и охраны здоровья работников в организации. Применение системы управления охраной труда способствует выполнению этих обязанностей». [22]

Опираясь на полученные ранее анализы исходных данных, были произведены необходимые исследования, которые дали следующие результаты: были рассмотрены и проанализированы технологические операции, а именно – протяжная и токарная, выявлены риски, которые могут появиться при исполнении операций технологического процесса изготовления шкива насоса, и опасные факторы, приведены методы и средства для их снижения, перечислены источники угрозы возникновения пожара и средства для их устранения, были обнаружены экологически опасные факторы и приведены мероприятия для уменьшения их влияния на окружающую среду. Применяя в условиях действующего машиностроительного производства, разработанные действия помогут сократить или снизить вредные воздействия, а также повысить экологическую ситуацию на участке механической обработки шкива насоса.



## 6 Экономическая эффективность работы

Данный раздел, являющийся завершающим разделом бакалаврской работы. Поэтому его основной целью является экономическое обоснование целесообразности предлагаемых изменений в технологический процесс изготовления детали.

Для подтверждения экономической целесообразности предложенных совершенствований, необходимо произвести расчеты ряда параметров согласно этапам алгоритму определения экономической эффективности технологических решений (рисунок 10).

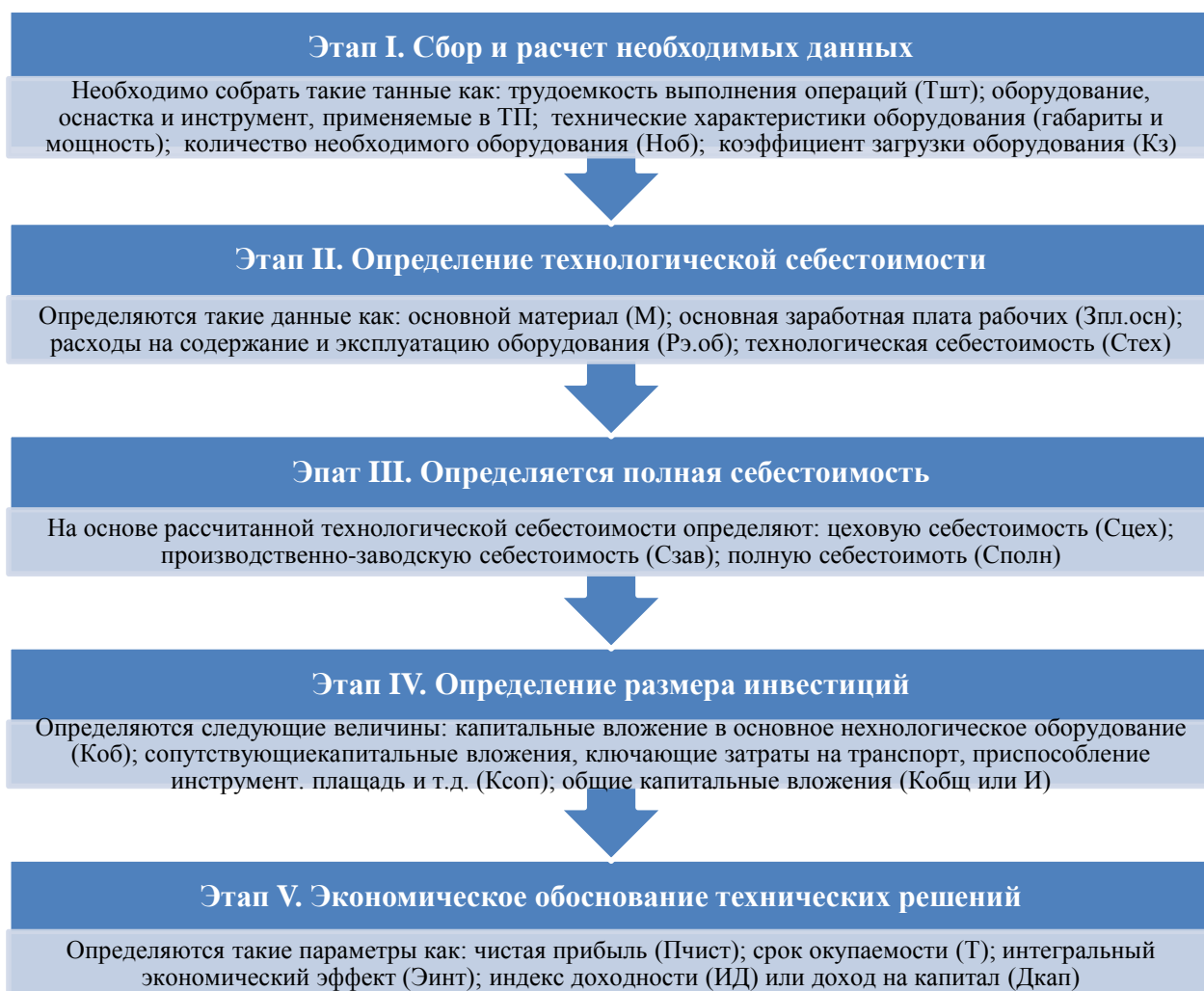


Рисунок 10 – Алгоритм определения экономической эффективности технологических решений

Как видно из рисунка 10, алгоритм предполагает выполнение пяти этапов, каждый из которых имеет обязательные расчеты ряда параметров. Подробная методика расчета этих параметров представлена в учебно-методическом пособии по выполнению экономического раздела выпускной квалификационной работы [10].

Далее согласно описанному алгоритму необходимо провести описание каждого этапа и выполнение соответствующих расчетов.

Этап I. Сбор и расчет необходимых данных. Этот этап предполагает, на основе технологического процесса и его изменений, сбор таких данных, как стоимость оборудования, оснастки и инструмента, а так же площадь и мощность данного оборудования. Кроме этого необходимо произвести расчеты по определению количества оборудования и его загрузки.

В качестве исходных данных представим краткое описание изменений технологического процесса изготовления детали в виде рисунка 11.

Базовый вариант технологического процесса токарных операций 005 и 015	Проектный вариант технологического процесса токарных операций 005 и 015
<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>Оборудование</u> – токарно-винторезный станок с ЧПУ, модель Samat-400XC.</li><li>• <u>Оснастка</u> – патрон 3-хкулачковый.</li><li>• <u>Инструмент</u> – резец контурный, T15K6</li><li>• <u>Трудоемкость</u> – операция 005: Тшт = 0,84 мин, То = 0,56 мин; операция 015: Тшт = 1,02 мин, То = 0,68 мин</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>Оборудование</u> – токарный станок с ЧПУ Samat-400XC.</li><li>• <u>Оснастка</u> – патрон 3-хкулачковый с автоматическим зажимом</li><li>• <u>Инструмент</u> – резец контурный, со специальной стружколомающей канавкой с пластиной T15K6.</li><li>• <u>Трудоемкость</u> – операция 005: Тшт = 0,73 мин, То = 0,56 мин; операция 015: Тшт = 0,88 мин, То = 0,68 мин</li></ul>

Рисунок 11 – Краткое описание изменений технологического процесса

Как видно из рисунка 11, изменениям подвергается станочное приспособление. Так как в процессе предложенного технического решения

материал и способ получения заготовки не изменены, поэтому в дальнейшем, расчеты, применяемые для определения стоимости материалов, будут исключены. Это связано с тем, что в обоих вариантах расходы на материалы останутся одинаковыми и на конечный результат расчетов влияния не окажут.

Этап II. Определение технологической себестоимости. Данный этап позволяет произвести расчеты слагаемых технологической себестоимости: расходов на материал, заработную плату рабочих и операторов, социальных отчислений и расходов на содержание и эксплуатацию оборудования.

Применение необходимой методики, в совокупности с программным обеспечением Microsoft Excel, позволяет получить числовые параметры всех необходимых значений для написания соответствующих выводов, как по данному этапу, так и по всем последующим.

Результаты выполнения этапа II представлены на рисунке 12.

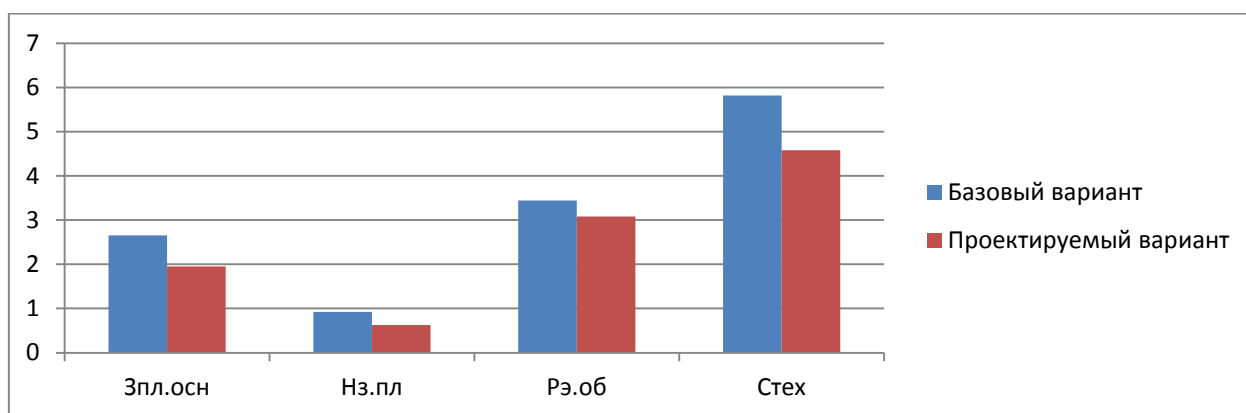


Рисунок 12 – Формирование технологической себестоимости токарных операций 005 и 015 по вариантам, руб.

Анализируя рисунок 12 можно сделать вывод о том, что в проектируемом варианте все расходы представленных параметров снижаются. Такие изменения позволяют в итоге достичь уменьшения технологической себестоимости на 20,53%.

Этап III. Определение полной себестоимости. В рамках данного этапа последовательно определяются такие виды себестоимости как: цеховая, производственная и полная.

Результаты выполнения этапа III представлены на рисунке 13. Анализируя методику расчета полной себестоимости, можно сказать, что основой для ее определения является величина технологической себестоимости. Поэтому, чтобы показать связь между перечисленными видами себестоимости, на этом рисунке представлены все их виды.

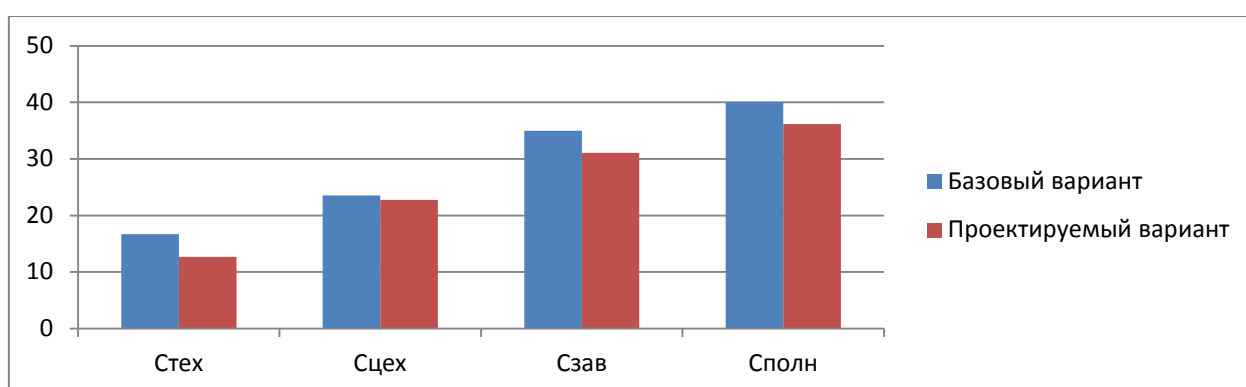


Рисунок 13 – Формирование полной себестоимости токарных операций 005 и 015 по вариантам, руб.

Как видно из рисунка 11, все значения в проектируемом варианте, также имеют тенденцию к снижению. Так полная себестоимость токарных операций 005 и 015 проектируемого процесса уменьшилась на 3,54 рубля, что составляет 23,07%.

Этап IV. Определение инвестиций. Этот этап позволяет определить необходимый объем инвестиций, который потребуется для осуществления предложенных совершенствований технологического процесса.

Результаты выполнения этапа IV представлены на рисунке 14.

Как видно из рисунка 14, инвестиции потребуются на: закупку оборудования ( $K_{ОБ}$ ); доставку и монтаж оборудования ( $K_M$ ); проектирование ( $Z_{ПР}$ ), инструмент ( $K_{И}$ ), производственную площадь ( $K_{Э.Пл}$ ); корректировку управляющей программы ( $K_A$ ) и незавершенное

производство (*НЗП*). Учитывая размеры перечисленных параметров, общий объем инвестиций (*И*) составит 65178,44 рублей.

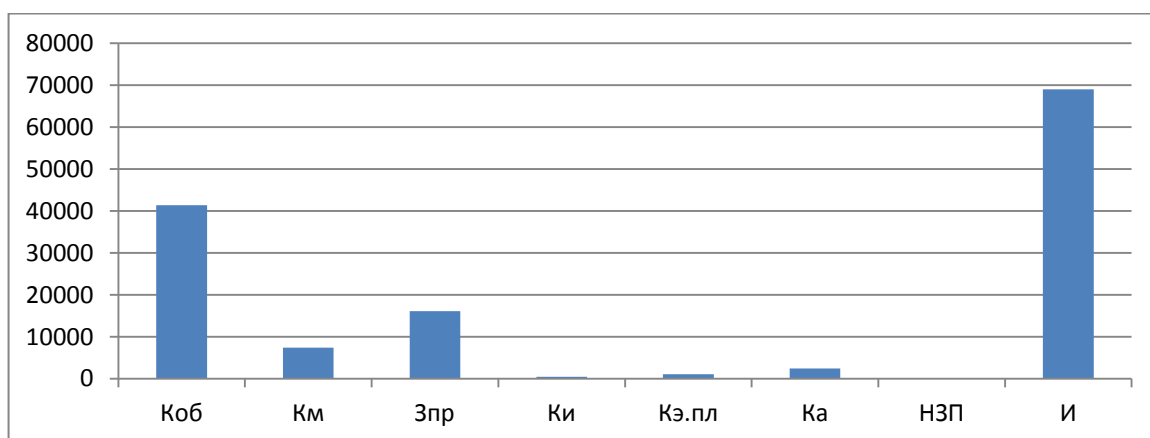


Рисунок 14 – Формирование размера инвестиций на выполнение измененных токарных операции 005 и 015, руб.

Этап V. Экономическое обоснование изменений технологического процесса. На данном этапе выполняются все необходимые расчеты, связанные с определением срока окупаемости инвестиций и прибыльности предлагаемых технических решений.

Из всех перечисленных параметров данного этапа, описанных в рисунке 10 (алгоритм определения экономической эффективности технологических решений), наибольший интерес для итоговых выводов представляют величина интегрального экономического эффекта.

Согласно проведенным расчетам, с учетом размера прибыли на заданную программу выпуска и размера инвестиций, интегральный экономический эффект составит 8448,43 рубля. Данная величина является положительной, что подтверждает целесообразность финансовых вложений в предложенное техническое решение.

## Заключение

В результате выполнения работы нами спроектирован технологический процесс изготовления шкива насоса. Шкив играет важную роль в конструкции насоса, так как он воспринимает крутящий момент от электродвигателя и приводит в движение механизмы насоса.

В работе проанализированы возможные технологические процессы получения заготовки и в результате расчета был выбран наиболее выгодный метод получения заготовки литьё в металлические формы.

Нами был проведен анализ и назначен тип организации технологического процесса – среднесерийное производство, также описаны его характерные признаки.

На одну из поверхностей шкива рассчитаны припуски расчетно-аналитическим методом. Этот метод наиболее подробный и точный.

В работе подробно описаны две операции токарная и протяжная. На эти операции разработаны технологические наладки, представленные в графической части работы, и подробно рассчитаны режимы обработки.

Для фиксации заготовки на токарной операции нами разработана конструкция станочного приспособления – трёхкулачкового патрона. Это приспособление с одной стороны реализует теоретическую схему базирования, а с другой стороны оно автоматизированное. В отличие от базового варианта техпроцесса теперь зажим и разжим заготовки будет выполняться в автоматическом цикле.

Для протяжной операции технологического процесса нами спроектирована конструкция многолезвийного высокопроизводительного инструмента – круглой протяжки.

В работе проведен анализ экологической безопасности технического объекта.

Экономический расчет показал эффективность работы.

## Список используемой литературы

1. Александров В.М. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебное пособие. Часть 1. Материаловедение. Стандарт третьего поколения / В.М. Александров. – Архангельск : Северный (Арктический) федеральный университет, 2015. – 327 с.
2. Вереина Л. И. Металлообработка [Электронный ресурс] : справочник / Л.И. Вереина, М.М. Краснов, Е. И. Фрадкин ; под общ. ред. Л.И. Вереиной. - Москва : ИНФРА-М, 2013. - 320 с.
3. Горина Л.Н., Фесина М.И. Раздел бакалаврской работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие (2-е изд. Доп.). - Тольятти: Изд-во ТГУ, 2021. –22 с.
4. ГОСТ 12.4.280-2014. Одежда специальная для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий. – 24 с.
5. ГОСТ 977-88. Отливки стальные. Общие технические условия. – 36 с.
6. Зубарев Ю.М. Специальные методы обработки заготовок в машиностроении : Учебное пособие. - СПб. : Издательство «Лань», 2021. – 400 с.
7. Ковшов А.Н. Технология машиностроения: Учебник. – 3-е изд., стер. – СПб. : Издательство «Лань», 2021. – 320 с.
8. Кожевников Д.В. Режущий инструмент : Учебник для вузов / Д.В. Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов, С.Н. Григорьев, А.Г.Схиртладзе; под общ. ред. С.В. Кирсанова. – 5-е изд., стереотип. – М. : Инновационное машиностроение, 2022. – 520 с.
9. Козлов А.А. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие по выполнению курсовых проектов по дисциплине «Основы технологии машиностроения» / А.А. Козлов, И.В. Кузьмич. – Тольятти : ТГУ, 2008. – 152 с.

10. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством : учеб.-метод. пособие / И.В.Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 183 с.
11. Кудряшов Е.А. Приспособления для производства изделий машиностроения: учебник для вузов / Е.А. Кудряшов, И.М. Смирнов, Е.И.Яцун; под ред. Е.А. Кудряшова. – М. : Инновационное машиностроение, 2018. – 220 с.
12. Лозовецкий В.В. Гидро- и пневмосистемы транспортно-технологических машин: Учебное пособие. – СПб. : Издательство «Лань», 2021. – 560 с.
13. Лопанов А.Н. Управление безопасностью труда в инженерии : учебное пособие / А.Н. Липанов, О.Н. Томаровщенко. – Белгород : Изд-во БГТУ, 2020. – 224 с.
14. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 29 октября 2021 г. N 776н "Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда".
15. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
16. Резников Л.А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента : электронное учеб. пособие / Л.А. Резников. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 208 с.
17. Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения : учебное пособие / В.Ф. Скворцов. – 2-е изд. – Москва : ИНФРА-М, 2021. – 330 с.
18. Тарабарин О.И. Проектирование технологической оснастки в машиностроении : Учебное пособие / О.И. Тарабарин, А.П. Абызов, В.Б.Ступко. – 2-е изд., испр. и доп. - СПб. : Издательство «Лань», 2021. – 304 с.
19. Тимирязев В.А. Основы технологии машиностроительного производства : Учебник / В.А. Тимирязев, В.П. Вороненко, А.Г. Схиртладзе; под. ред. В.А. Тимирязева. - СПб. : Издательство «Лань», 2021. – 448 с.



20. Тюняев А.В. Детали машин : Учебник / А.В. Тюняев, В.П.Звездаков, В.А. Вагнер. 2-е изд., испр. и доп. - СПб. : Издательство «Лань», 2021. – 736 с.

21. Фещенко В.Н. Обеспечение качества продукции в машиностроении : учебник / В.Н. Фещенко. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 788 с.

22. Шеломенцева И.В. Охрана труда : учебное пособие / И.В. Шеломенцева, Э.С. Дорофеева, А.А. Тарасенко. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2013. – 228 с.







