

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)

Технология машиностроения  
(направленность (профиль) / специализация)

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

на тему Технологический процесс изготовления шкива подъемного крана

Обучающийся	<u>А.В. Парамонов</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)	<u>_____</u>
Консультанты	<u>к.э.н., доцент О.М. Сярдова</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>
	<u>И.В. Резникова</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>

Тольятти 2023

## Аннотация

Тема: Технологический процесс изготовления шкива подъемного крана.

Автор: Парамонов Андрей Викторович.

В выпускной работе рассмотрен вопрос изготовления технологический процесс изготовления шкива подъемного крана. Спроектирован технологический процесс изготовления этой детали.

В начале работы выполнен анализ исходных данных, описано, что такое подъемный кран, в состав которого входит деталь – шкив, проанализирована конструкция детали и выполнен вывод о довольно высокой технологичности конструкции, также проведен анализ материала, из которого изготавливается деталь.

Из данных преддипломной практики выполнен выбор типа машиностроительного производства, а также описаны характеристики выбранного типа производства. Исходя из конструкции детали и типа машиностроительного производства, проведен технико-экономический расчет наиболее выгодного метода получения заготовки, а также выбраны методы обработки каждой поверхности детали.

На самую точную поверхность в работе проведен расчет припусков. Также рассчитаны режимы резания на такие операции техпроцесса, которые были модернизированы в базовом технологическом процессе.

На одну технологическую операцию спроектировано станочное приспособление.

В работе спроектирован режущий инструмент, применяемый в разработанном технологическом процессе.

Работа содержит разделы по анализу безопасности и экологичности технического объекта и по экономическому расчету.

## Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	5
1.1 Общие сведения.....	5
1.2 Назначение и условия работы детали.....	6
1.3 Классификация поверхностей детали.....	6
1.4 Анализ требований к поверхностям детали.....	7
2 Технологическая часть.....	9
2.1 Определение типа производства.....	9
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	10
2.3 Выбор метода получения заготовки.....	10
2.4 Выбор методов обработки.....	12
2.5 Расчёт припусков.....	14
2.6 Расчет режимов резания.....	17
3 Проектирование приспособления.....	23
3.1 Общие сведения.....	23
3.2 Исходные данные.....	24
3.3 Силовой расчет.....	25
4 Проектирование режущего инструмента.....	28
4.1 Основные сведения.....	28
4.2 Проектирование протяжки.....	29
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	33
6 Экономическая эффективность работы.....	38
Заключение.....	43
Список используемой литературы.....	44
Приложение А. Технологическая документация.....	47

## Введение

В машиностроении многие технологические процессы требуют вспомогательного оборудования. Таким видом оборудования являются подъемные механизмы, предназначенные для подъема, перемещения, установки и так далее различного рода грузов, таких как, ящики с заготовками и готовыми деталями, основного оборудования, тяжелых измерительных устройств и других грузов. Особенно такие механизмы важны на предприятиях тяжелого машиностроения, где даже заготовки и детали имеют очень большую массу.

На предприятиях машиностроения используются такие грузоподъемные машины, как козловые и мостовые краны, краны-балки, различного рода погрузчики и другие машины. На предприятиях среднего машиностроения особенно необходимы такие машины в условиях различного рода складов.

Важной составляющей подъемной машины является привода, который осуществляет подъем и опускание грузов. В нашем случае это электромеханический привод, состоящий из электродвигателя, троса, крюка, системы рычагов и системы ременных передач. В систему ременных передач входит клиноременная передача, которая представляет собой пару шкивов и пять клиновидных ремней. Один шкив является ведущим, другой шкив – ведомым, который получает вращение от системы ремней. Так же эта передача имеет систему натяжки ремней.

Шкив предназначен для восприятия вращательного момента от вала при помощи шпоночного соединения и передачи момента при помощи системы ремней. Шкив является ответственным звеном, от качества его изготовления зависит подвижность подъемной системы подъемного крана, а она является целеполагающей, от нее зависит работоспособность машины.

Целью данной работы является разработка техпроцесса изготовления шкива подъемного крана заданного качества наименьшей себестоимости.

## **1 Анализ исходных данных**

### **1.1 Общие сведения**

«Важным и перспективным средством повышения эффективности подъемно-транспортных технологий являются широко применяемые, особенно в последние годы, во всем мире грузоподъемные манипуляторы, позволяющие выполнять тяжелые и трудоемкие операции в металлургии и машиностроении, обеспечивать доставку грузов потребителям «от двери к двери». Их применение в машиностроении, металлургии, строительстве, сельском хозяйстве, тепло- и атомной энергетике все более расширяется».

[13]

«Неотъемлемой частью специальных технологий и технологических комплексов (например, в металлургическом производстве, теплоэнергетике, атомной энергетике и др.), как правило, являются специальные грузоподъемные краны, оказывая существенное влияние на производительность, эффективность и безопасность функционирования подъемно-транспортных средств и производственного оборудования в целом. В следствие специфики своей работы они, как правило, оснащаются специальными грузозахватными устройствами, специальными полиспаственными подвесами и траверсами, специальными лебедками и другими механизмами и приспособлениями, не применяемыми обычно в кранах общего назначения». [13]

«Повышение эффективности основного технологического оборудования требует повышение производительности кранов, которая достигается, как правило, за счет увеличения номинальных скоростей рабочих движений. Однако ускорение рабочих движений, особенно приводов передвижения, вызывает колебания (раскачивания) грузов на гибких подвесах, что вызывает дополнительные нагрузки на несущие конструкции,

снижает точность операций, а, кроме того, сопряжено с необходимостью дополнительного времени для успокоения раскачивающихся грузов». [13]

## 1.2 Назначение и условия работы детали

Шкив входит в состав клиноременной передачи подъемного крана, представленной на рисунке 1.

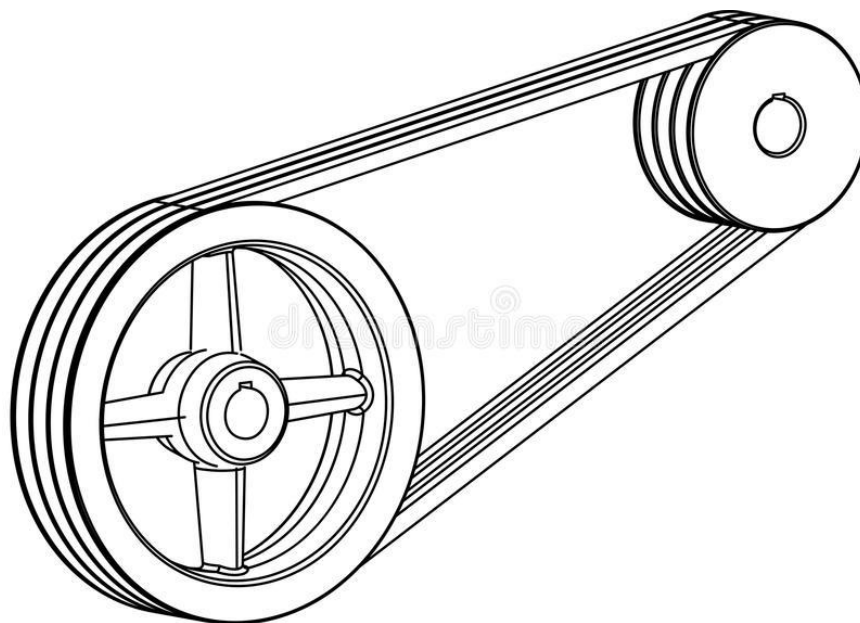


Рисунок 1 – Клиноременная передача

Шкив предназначен для восприятия вращательного момента от вала при помощи шпоночного соединения и передачи момента при помощи системы ремней. Шкив является ответственным звеном, от качества его изготовления зависит подвижность подъемной системы подъемного крана, а она является целеполагающей, от нее зависит работоспособность машины.

## 1.3 Классификация поверхностей детали

Проклассифицируем все поверхности полумуфты привода манипулятора и представим это на рисунке 2.

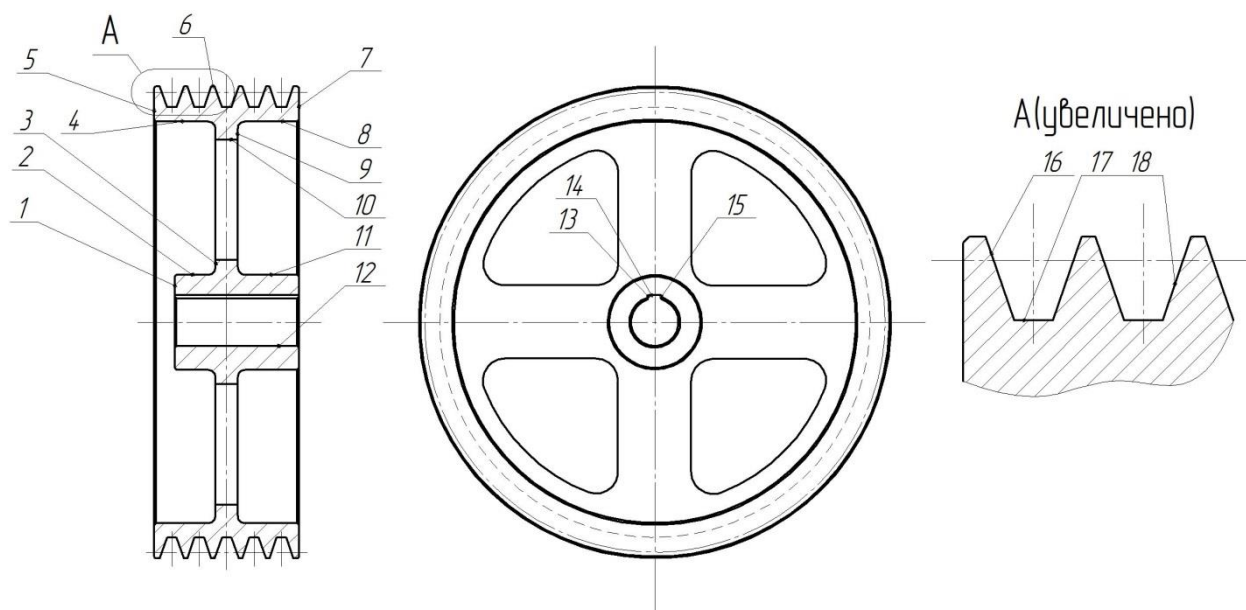


Рисунок 2 - Классификация поверхностей

Исполнительными поверхностями шкива подъемного крана являются боковые стороны шпоночного паза – поверхности 13 и 15, которыми шкив воспринимает вращательный момент, а также боковые стороны пазов, в которые входят ремни – поверхности 16 и 18, придающие вращение ремням.

Основными конструкторскими базами шкива подъемного крана являются торцовая поверхность 1 и центральное отверстие 12.

Вспомогательной конструкторской базой шкива подъемного крана является торцовая поверхность 7.

Остальные поверхности – свободные.

#### 1.4 Анализ требований к поверхностям детали

Шкив подъемного крана выполнен из серого чугуна СЧ18-36 ГОСТ 1412-85 [5], который содержит кроме железа около 3,6% углерода, около 2% кремния и около 1% марганца.

Физико-механические свойства серого чугуна СЧ18-36 представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Свойства чугуна СЧ18-36

НВ	$\sigma_B$	$\sigma_T$
не более	МПа	МПа
229	180	360

«Особенность серых чугунов, как машиностроительного материала состоит в том, что их целесообразно применять при работе деталей в условиях преимущественно сжимающих напряжений. Причина в том, что пластины графита располагаются в полостях металлической части, которые имеют остроугольную форму. Острые подрезы этих полостей являются своеобразными концентраторами напряжений, а которых при растягивающей нагрузке легко формируются очаги разрушения. В связи с этим временное сопротивление разрыву при растяжении серых чугунов с 2-4 раза ниже, чем предел прочности при сжатии:  $\sigma_B$  не превышает 350 МПа. Влияние остроугольной формы полостей, в которых расположены пластины графита, на прочность чугунов значительно меньше проявляются при более «мягких» способах нагружения (изгиб, кручение)». [3]

«Серые чугуны из-за пластинчатой формы включений имеют такой технологический недостаток, как зависимость фазового состава от скорости охлаждения, что проявляется в чувствительности уровня механических свойств к толщине стенки отливки». [3]

Конструкция шкива подъемного крана позволяет свободный доступ к поверхностям для механической обработки, а также для измерительных операций. Выход инструмента осуществляется свободно, а значит, конструкция шкива подъемного крана вполне технологична.



## 2 Технологическая часть

### 2.1 Определение типа производства

«Тип производства - это классификационная категория производства, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска продукции. Тип машиностроительного производства – один из ключевых факторов в принятии технологических решений, в том числе – оценке технологичности конструкций изделий, выборе специализации производственных участков и организации форм сборки, проектировании маршрутных технологических процессов, выборе и расстановке технологического оборудования». [21]

«Согласно государственному стандарту, различают единичное, серийное и массовое производство. Единичное производство – производство, характеризующееся малым объемом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление и ремонт которых, как правило, не предусматриваются. Серийное производство – производство, характеризующееся изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями. В зависимости от количества изделий в партии или серии значения коэффициента закрепления операций различают мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное производство. Массовое производство – производство, характеризующееся большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняют одну рабочую операцию». [21]

Тип производства выберем на основе двух параметров: масса детали  $m=122$  кг и годовая программа  $N=1000$  деталей. Исходя из этих параметров [21], принимаем среднесерийный тип производства.

## **2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса**

«Продукцией серийного производства являются машины установившегося типа (металлорежущие станки, насосы, компрессоры, авиационные двигатели и т.д.), выпускаемые в значительных количествах, но в различных модификациях. Также серийным является производство подшипников, редукторов, гидроцилиндров и прочих изделий, являющихся комплектующими для широкой гаммы машин различного назначения. Возрастание конкуренции на рынках машиностроительной продукции вызывает необходимость расширения номенклатуры выпускаемых изделий и комплектующих, что, в свою очередь, способствует дальнейшему возрастанию доли серийного производства». [21]

«Среднесерийное производство характеризуется тем, что изделия выпускаются довольно крупными сериями ограниченной номенклатуры; серии повторяются с известной регулярностью. За рабочими местами закрепляют несколько технологических операций, для выполнения которых выполняют переналадку оборудования. Оборудование универсальное и специализированное, его располагают в соответствии с последовательностью выполнения этапов обработки заготовок. Размер производственной партии – от нескольких десятков до сотен деталей. Заводы имеют развитую производственную структуру, заготовительные цеха обычно специализируются по технологическому принципу, а в механосборочных цехах создаются предметно-замкнутые участки». [21]

## **2.3 Выбор метода получения заготовки**

«В процессе изготовления деталей возникает необходимость изменять размеры, форму, а в некоторых случаях и физико-механические свойства первоначально выбранной заготовки. Эти изменения достигаются различными способами обработки: правкой, резкой, вырубкой, гибкой,

вальцовкой, обкаткой, вытяжкой, формированием, механической и тепловой обработкой». [17]

«Резкой, вырубкой и механической обработкой изменяют размеры заготовки. Правка, гибка, вальцовка, обкатка, вытяжка, формирование позволяют изменять форму заготовки, не уменьшая ее объема. Тепловая обработка применяется для улучшения физико-механических свойств материала». [17]

«Выбор способа обработки зависит от свойств обрабатываемого материала, требований к качеству поверхностей, а также от наличия на предприятии оборудования». [17]

Заготовку для изготовления шкива привода подъемного крана наиболее рационально можно получить методами литья иковки. Масса отливки для шкива  $m = 186$  кг, масса заготовки, полученной ковкой  $m = 176$  кг.

Стоимость заготовок полученных методами литья равна

$$C_{3AG} = C_{OT} \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{II}, \quad (1)$$

где  $C_K = 44,02; h_T = 1; h_C = 0,83; h_B = 0,91; h_M = 1,1; h_{II} = 1$ . [11]

$$C_{3AG} = 42,00 \cdot 1,0 \cdot 0,83 \cdot 0,91 \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 34,90, \text{ руб/кг.}$$

Учитывая массу заготовки

$$C_{3AG} = 34,90 \cdot 186 = 6491,40 \text{ руб.}$$

Рассчитаем стоимость заготовки, полученной методомковки

$$C_{3AG} = C_K \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{II}, \quad (2)$$

где  $C_K = 44,02; h_T = 1; h_C = 1,15; h_B = 0,89; h_M = 1; h_{II} = 1$ . [11]

$$C_{3AG} = 44,02 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 45,05, \text{ руб/кг.}$$

Учитывая массу заготовки

$$C_{3AG} = 45,05 \cdot 176 = 7928,8 \text{ руб.}$$

Отлитая заготовка по массе меньше ковальной заготовки, поэтому она будет дешевле. Принимаем литую заготовку.

Коэффициент использования материала

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

$$K_{ИМ} = \frac{m_D}{m_3} = \frac{122}{186} = 0,66.$$

Чертеж заготовки представлен в графической части.

## 2.4 Выбор методов обработки

«Технологический маршрут – последовательность (план и порядок) обработки изделия. Рассматривают маршрут обработки отдельных поверхностей детали и маршрут изготовления детали (или обработки заготовки) в целом. Исходными данными для составления маршрутов обработки отдельных поверхностей служат чертежи и технические требования к деталям и заготовкам, а также сведения о производственно-технических возможностях и организационных условиях. По заданным качеству точности и шероховатости данной поверхности и с учетом размера, массы и формы детали выбирают возможные методы окончательной обработки. Зная вид заготовки, таким же образом выбирают первый начальный метод маршрута. Базируясь на завершающий и первый методы обработки, устанавливают промежуточные. При этом придерживаются следующего правила: каждый последующий способ обработки должен быть точнее предыдущего. Это значит, что каждая очередная операция, переход или рабочий ход должны выполняться с меньшим технологическим допуском, обеспечивать повышение качества и снижение шероховатости обрабатываемой поверхности». [15]

«При определении количества промежуточных операций исходят из технических возможностях выбираемых методов обработки с точки зрения достигаемых экономической точности и качества поверхностей. Технологический допуск на промежуточный размер и качество поверхности, полученные на предшествующем этапе обработки, должны находиться в пределах, при которых можно использовать намеченный последующий метод обработки». [15]

В результате анализа формы поверхности 1, ее точности (IT 10) и шероховатости (Ra 3,2) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: черновое и получистовое точение.

В результате анализа формы поверхностей 2, 3, 4, их точности (IT 16) и шероховатости (Ra 40) для их изготовления достаточно только заготовительной операции. В механической обработки эти поверхности не нуждаются.

В результате анализа формы поверхности 5, ее точности (IT 14) и шероховатости (Ra 6,3) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: черновое и получистовое точение.

В результате анализа формы поверхности 6, ее точности (IT 14) и шероховатости (Ra 6,3) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: черновое и получистовое точение.

В результате анализа формы поверхности 7, ее точности (IT 14) и шероховатости (Ra 3,2) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: черновое и получистовое точение.

В результате анализа формы поверхностей 8, 9, 10, 11, их точности (IT 16) и шероховатости (Ra 40) для их изготовления достаточно только заготовительной операции. В механической обработки эти поверхности не нуждаются.

В результате анализа формы поверхности 12, ее точности (IT 7) и шероховатости (Ra 1,6) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: черновое точение, протягивание и шлифование.

В результате анализа формы поверхности 13, ее точности (IT 9) и шероховатости (Ra 3,2) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: черновое и чистовое фрезерование.

В результате анализа формы поверхности 14, ее точности (IT 11) и шероховатости (Ra 6,3) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: черновое и чистовое фрезерование.

В результате анализа формы поверхности 15, ее точности (IT 9) и шероховатости (Ra 3,2) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: черновое и чистовое фрезерование.

В результате анализа формы поверхности 16, ее точности (IT 8) и шероховатости (Ra 1,6) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: черновое и чистовое точение, шлифование.

В результате анализа формы поверхности 17, ее точности (IT 14) и шероховатости (Ra 6,3) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: черновое и чистовое точение.

В результате анализа формы поверхности 18, ее точности (IT 8) и шероховатости (Ra 1,6) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: черновое и чистовое точение, шлифование.

## **2.5 Расчет припусков**

«При обработке деталей резанием заданные чертежом геометрические размеры (как значения, так и установленные на них отклонения), форма, пространственные отклонения поверхностей и параметры качества поверхностного слоя (шероховатости, волнистости и др.) получают за один или несколько переходов механической обработки. На каждом технологическом переходе механической обработки с элементарной обрабатываемой поверхности в виде стружки срезается слой материала. Толщину этого удаляемого слоя называют припуском на обработку и

обозначают буквой  $Z$ . Смежные технологические переходы принято обозначать так: выполняемый переход  $i$ , предшествующий  $i-1$ ». [10]

«Различают промежуточные, операционные и общие средние припуски на обработку. Промежуточный средний припуск  $Z_i$  – это слой материала, удаляемый при выполнении  $i$ -го технологического перехода, а операционный – при выполнении  $i$ -й технологической операции». [10]

Расчетно-аналитическим методом проведем расчет припусков для обработки поверхности 12, параметрами которой  $\varnothing 65^{+0,030}$ ,  $L=165$  мм,  $Ra=1,6$  мкм.

Найдем суммарную величину для каждого перехода

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

Найдем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей

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

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 2,0 = 0,500.$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,40 = 0,100.$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,100 = 0,025.$$

$$\Delta_{TO} = 0,25 \cdot 0,160 = 0,040.$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,063 = 0,016.$$

Вычислим максимальное и минимальное значение припуска (мм)

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

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

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,500^2 + 0,025^2} = 0,501.$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{(\Delta_1)^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,100^2 + 0} = 0,300.$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{TO})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,040^2 + 0^2} = 0,140.$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(TD_0 + TD_1) = 0,501 + 0,5(2,0 + 0,400) = 1,701.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(TD_1 + TD_2) = 0,300 + 0,5(0,400 + 0,100) = 0,550.$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(TD_2 + TD_3) = 0,140 + 0,5(0,100 + 0,063) = 0,222.$$

Рассчитаем значения размеров на каждом переходе (мм)

$$D_{3\max} = 65,030.$$

$$D_{3\min} = 65,000.$$

$$D_{TO\max} = D_{3\min} - 2 \cdot Z_{3\min} = 65,000 - 2 \cdot 0,140 = 64,720.$$

$$D_{TO\min} = D_{TO\max} - TD_{TO} = 64,720 - 0,160 = 64,560.$$

$$D_{2\max} = D_{TO\min} \cdot 0,999 = 64,560 \cdot 0,999 = 64,495.$$

$$D_{2\min} = D_{2\max} - TD_2 = 64,495 - 2 \cdot 0,100 = 64,395.$$

$$D_{1\max} = D_{2\min} - 2 \cdot Z_{2\min} = 64,395 - 2 \cdot 0,300 = 62,795.$$

$$D_{1\min} = D_{1\max} - TD_1 = 62,795 - 0,400 = 62,395.$$

$$D_{0\max} = D_{1\min} - 2 \cdot Z_{1\min} = 62,395 - 2 \cdot 0,501 = 61,393.$$

$$D_{0\min} = D_{0\max} - TD_0 = 61,393 - 2,0 = 59,393.$$

Найдем средние значения размеров на каждом переходе (мм)

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

$$D_{cp0} = 0,5(D_{0\max} + D_{0\min}) = 0,5 \cdot (59,393 + 61,393) = 60,393.$$

$$D_{cp1} = 0,5(D_{1\max} + D_{1\min}) = 0,5 \cdot (62,795 + 62,395) = 62,595.$$

$$D_{cp2} = 0,5(D_{2\max} + D_{2\min}) = 0,5 \cdot (64,495 + 64,395) = 64,445.$$



$$D_{cpTO} = 0,5(D_{TOmax} + d_{TOmin}) = 0,5 \cdot (64,720 + 64,560) = 64,640.$$

$$D_{cp3} = 0,5(D_{3max} + D_{3min}) = 0,5 \cdot (65,030 + 65,000) = 65,015.$$

Найдем общий припуск на обработку (мм)

$$\ll 2Z_{min} = D_{3min} - D_{0min} \gg [2] \quad (9)$$

$$2Z_{min} = 65,000 - 59,393 = 5,601.$$

$$\ll 2Z_{max} = 2Z_{min} + TD_0 + TD_3 \gg [2] \quad (10)$$

$$2Z_{max} = 5,601 + 2,0 + 0,030 = 7,631.$$

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

$$2Z_{cp} = 0,5 \cdot (7,631 + 5,601) = 6,616.$$

Рассчитанные припуски будем использовать при проектировании технологических процессов обработки данной поверхности.

## 2.6 Расчет режимов резания

«При токарной обработке выбираются следующие параметры режимов резания: глубина резания, подача, скорость резания. Глубина резания выбирается по таблицам в зависимости от диаметра детали и заготовки, материала заготовки и инструмента, сложности и стадий обработки (переходов). В каждом случае выбирают максимально возможную глубину резания, которая ограничена припуском на обработку и возможностями станка. Если для обработки какой-то поверхности предусмотрены два или три перехода (например, черновой, получистовой и чистовой), то общий

припуск делят соответственно на две или три части, каждую из которых стремятся снять за один рабочий ход. От глубины резания зависят ширина среза и длина рабочей части режущей кромки». [19]

«Подачу назначают максимально допустимой по условию технических ограничений. Такими ограничениями для подачи при черновой обработке являются: жесткость обрабатываемой детали, жесткость резца; прочность державки резца; прочность режущих пластин резца; прочность механизма подачи станка; наибольший крутящий момент; мощности главного привода и привода подач; предельные минутные подачи на станке». [19]

«При выбранных подаче и глубине резания определяют такую скорость резания, которая обеспечила бы оптимальную стойкость инструмента. При резании различают изнашивание по задней и передней граням». [19]

#### 2.6.1 Рассчитаем режимы обработки на операцию 010.

Переход 1.

Глубина резания  $t = 2,6$ . [16]

Подача  $S_0 = 0,3$ . [16]

Скорость резания

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

где  $K_1 = 0,95; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 150$ . [16]

$$V = 150 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 142,5, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

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

$$n = \frac{1000 \cdot 142,5}{3,14 \cdot 646,2} = 70,23, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 63 \text{ мин}^{-1}.$$

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

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 646,2 \cdot 63}{1000} = 127,8 \text{ м/мин.}$$

Подача в минуту

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

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 63 = 18,9 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

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

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{490}{18,9} = 25,93, \text{ мин.}$$

Переход 2.

Подача и глубина резания  $t = 33; S_0 = 0,1$ . [16]

Скорость резания

$$V = 150 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 142,5, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 142,5}{3,14 \cdot 646,2} = 70,23, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 63 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 646,2 \cdot 63}{1000} = 127,8$$

Подача в минуту

$$S = S_0 \cdot n = 0,1 \cdot 63 = 6,3 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{5 \times 34}{6,3} = 26,98, \text{ мин.}$$

$$T_0 = \Sigma T_{0i} = 25,93 + 26,98 = 52,91 \text{ мин.}$$

2.6.2 Рассчитаем режимы обработки на операцию 020.

Переход 1.

Подача и глубина резания

$$t = 0,3; S_0 = 0,3. [10]$$

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где  $K_1 = 0,95; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 150. [10]$

$$V = 150 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 142,5, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 142,5}{3,14 \cdot 646,2} = 70,23, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем стандартную  $n = 63 \text{ мин}^{-1}$ .

Уточним скорость

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 646,2 \cdot 63}{1000} = 127,8$$

Подача в минуту

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 63 = 18,9 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{490}{18,9} = 25,93, \text{ мин.}$$

Переход 2.

Подача и глубина резания

$$t = 0,3; S_0 = 0,3. [16]$$

Скорость резания

$$V = 150 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 142,5, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 142,5}{3,14 \cdot 646,2} = 70,23, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 63 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 646,2 \cdot 63}{1000} = 127,8$$

Подача в минуту

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 63 = 18,9 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{5 \times 1}{18,9} = 0,26 \text{ мин.}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 25,93 + 0,26 = 26,19 \text{ мин.}$$

2.6.3 Рассчитаем режимы обработки на операцию 035.

Осевая сила резания

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

где  $q_0 = 72$ . [16]

$$k_p = k_{pm} \cdot k_{pp} \cdot k_{pk}, \quad (18)$$

где  $k_{pm} = 1; k_{pp} = 1; k_{pk} = 1$ . [16]

$$k_p = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1.$$

$$\sum l_p = \frac{\pi \cdot D \cdot Z_p}{Z_c}, \quad (19)$$

где « $D$  – наибольший диаметр зубьев протяжки;  $Z_p$  – числа зубьев, одновременно участвующих в работе;  $Z_c$  – число зубьев секции». [16]

$$Z_p = \frac{l}{t+1}, \quad (20)$$

где « $l$  – длина протягиваемой поверхности;  $t$  – шаг черновых зубьев». [16]

$$Z_p = \frac{165}{12} = 14.$$

$$Z_c = 2.$$

$$\sum l_p = \frac{3,14 \cdot 64,9 \cdot 14}{2} = 1426,5 \text{ мм.}$$

$$P = 7,2 \cdot 1426,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 9,8 = 1007567 \text{ Н.}$$

Скорость резания

$$V_{\text{дон}} = \frac{60 \cdot 102 \cdot N_d \cdot \eta}{P}, \quad (21)$$

где « $N_d$  – мощность двигателя;  $\eta$  – КПД станка». [16]

$$V_{\text{дон}} = \frac{60 \cdot 102 \cdot 11 \cdot 0,85}{1007567} = 0,57, \text{ м/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{165}{1000} = 0,17, \text{ мин.}$$

Определены режимы резания на проектируемые операции технологического процесса изготовления шкива привода подъемного крана. Вносим рассчитанные данные в проектируемые чертежи технологических наладок и технологическую документацию, представленную в приложении А.

### **3 Проектирование станочного приспособления**

#### **3.1 Общие сведения**

«Приспособлениями в машиностроении называют вспомогательные устройства, используемые при механической обработке, сборке и контроля изделий». [22]

«Экономический эффект от применения приспособлений определяют путем сопоставления годовых затрат и годовой экономии для сравниваемых вариантов изготовления деталей. Годовые затраты состоят из амортизационных отчислений и расходов на содержание и эксплуатацию приспособления. Годовая экономия получается за счет снижения трудоемкости изготовления деталей, то есть за счет сохранения затрат на заработанную плату рабочих-станочников и уменьшения цеховых накладных расходов». [22]

«Применение приспособлений экономически выгодно в том случае, если годовая экономия от его применения больше годовых затрат, связанных с его эксплуатацией. Экономическая эффективность любого приспособления определяется также величиной срока окупаемости, то есть срока, в течение которого затраты на приспособление будут возмещены за счет экономии от снижения себестоимости обрабатываемых деталей. Необходимо отметить, что в некоторых случаях с целью достижения высокой точности обработки применяют приспособления независимо от их экономической эффективности». [22]

«При технико-экономических расчетах, производимых при выборе соответствующей конструкции приспособления, необходимо сопоставить экономичность различных конструктивных вариантов приспособлений для конкретной операции. Считая, что расход на режущий инструмент, амортизацию станка и электроэнергию для этих вариантов одинаковы,

определяют и сравнивают лишь те элементы себестоимости операций, которые зависят от конструкции приспособления». [22]

### 3.2 Исходные данные

На лучистой токарной операции 020 обрабатываются наружные поверхности шкива подъемного крана при базировании заготовки по внутренней цилиндрической поверхности и торцу, как представлено на рисунке 3.

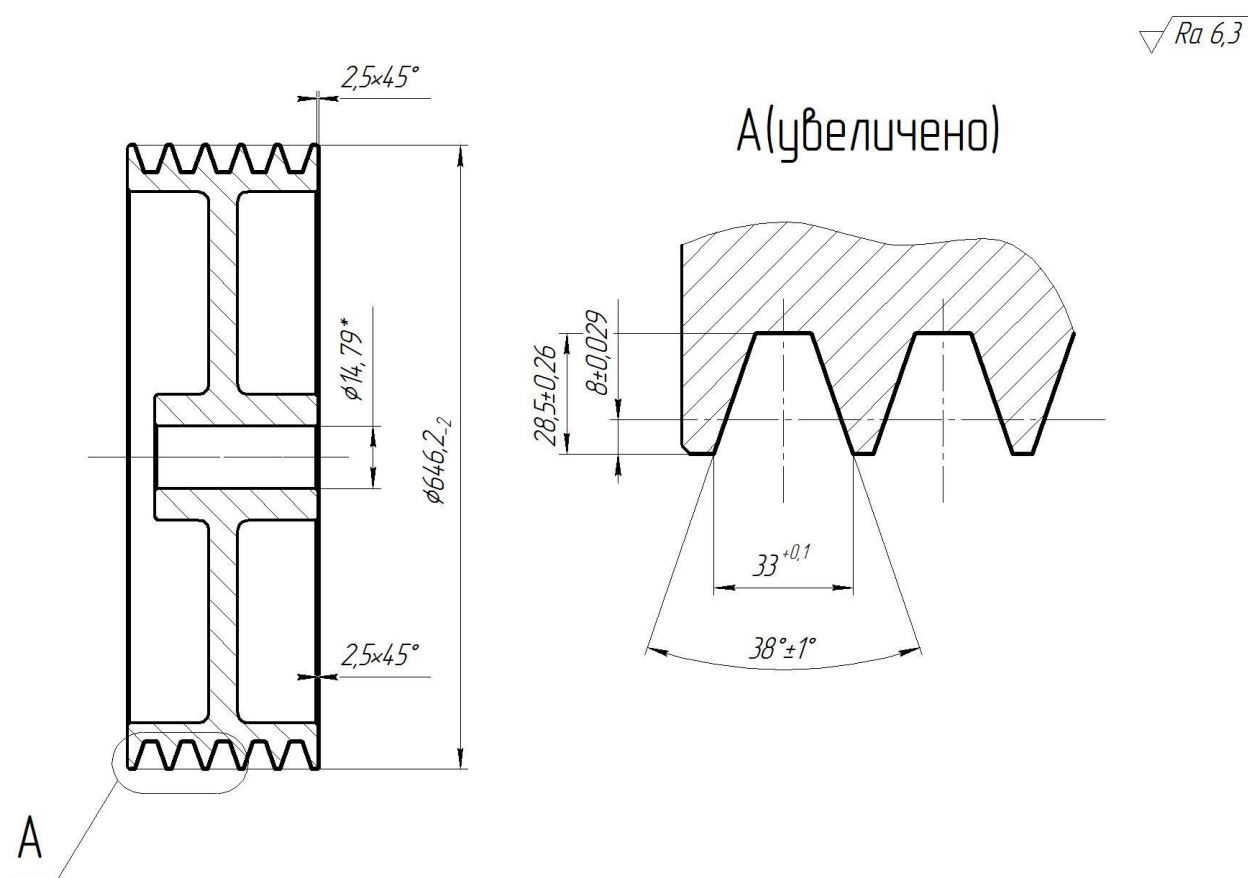


Рисунок 3 – Схема операции 020

Со схватыванием по внутреннему цилиндрическому отверстию может быть клиноплунжерный патрон. Спроектируем клиноплунжерный токарный патрон с механизированным приводом.



Режимы обработки для операции 020 рассчитаны в разделе 2.6.2. Представим их в таблице 2.

Таблица 2 – Режимы резания на операцию 020

Глубина резания $t$ , мм	Подача $S$ , мм/об	Скорость резания $V$ , м/мин	Частота вращения шпинделя $n$ , мин <sup>-1</sup>
0,30	0,3	127,8	63

### 3.2 Силовой расчет

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

$$P_{y,z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (22)$$

где для  $P_y$ :  $C_p = 243; x = 0,9; y = 0,6; n = -0,3$ ; [24]

для  $P_z$ :  $C_p = 300; x = 1,0; y = 0,75; n = -0,15$ ; [24]

$K_p = 0,9$ . [24]

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,3^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 127,8^{-0,3} \cdot 0,9 = 83,9, \text{ Н.}$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 127,8^{-0,15} \cdot 0,9 = 158,6, \text{ Н.}$$

Схема фиксации заготовки на станке представлена на рисунке 4.

Определим крутящий момент.

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

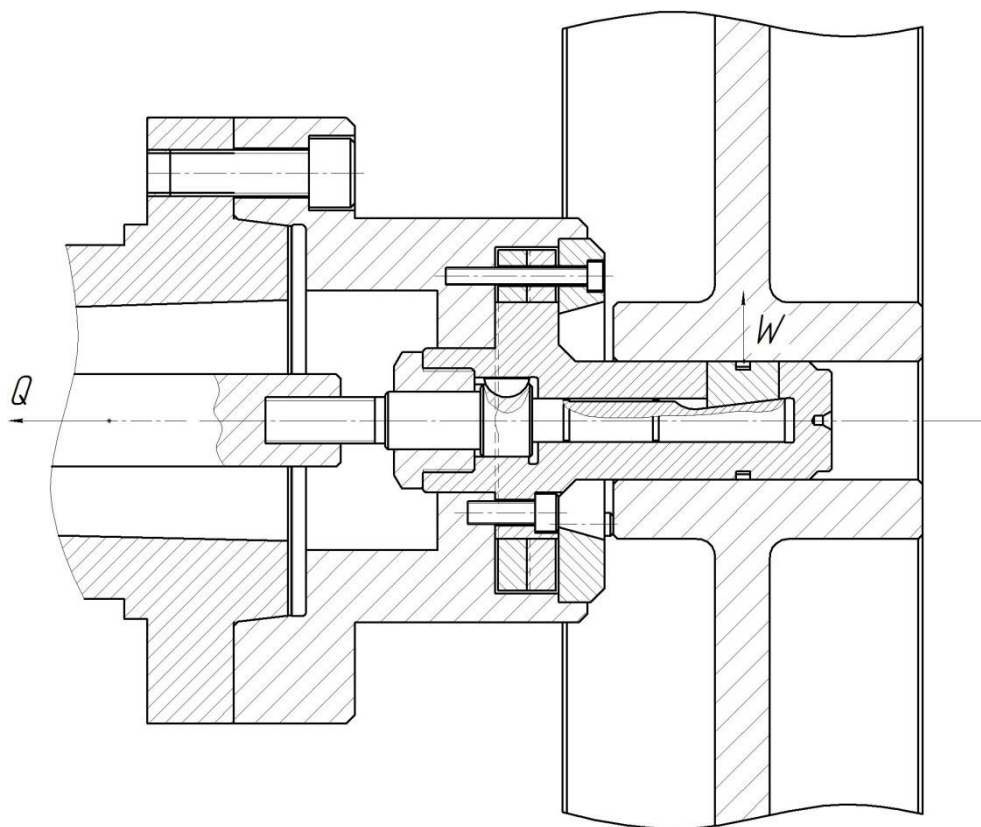


Рисунок 4 - Схема фиксации заготовки

Рассчитаем момент силы зажима.

$$M_3 = \frac{W \cdot f \cdot d_2}{2}. \quad (24)$$

Эти моменты должны быть взаимно уравновешены, поэтому

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

Для гарантии примем коэффициент запаса, который рассчитаем по формуле

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (26)$$

где  $K_0 = 1,8; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; K_5 = 1,0; K_6 = 1,0$ . [24]

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

Примем коэффициент трения  $f = 0,3$ . [24]

Тогда получим формулу

$$W = \frac{2 \cdot K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2}. \quad (27)$$

Поставляя значения, получим  $W = \frac{2 \cdot 1,8 \cdot 158,6 \cdot 646,2}{0,3 \cdot 64,2} = 19156$ , Н.

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

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

Рассчитаем величину характеристики конструкции

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

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

$$Q = \frac{19156}{2,1} = 9122, \text{ Н.}$$

Чертеж спроектированного токарного клиноплунжерного патрона представлен в графической части работы

## 4 Проектирование режущего инструмента

### 4.1 Общие сведения

«Обработка отверстий протягиванием является высокопроизводительным методом. Она применяется при обработке деталей из различных сталей и сплавов твердостью HRC до 50 единиц, в том числе коррозионно-стойких сталей, жаропрочных и титановых сплавов, цветных металлов и других материалов. Отличие протягивания от других видов механической обработки отверстий заключается в том, что при протягивании отсутствует специальное движение подачи, а срезание припуска осуществляется за счет конструкции протяжки, у которой каждый последующий зуб имеет превышение (перепад) на величину, равную 0,01-0,4 мм. При протягивании отверстий применяют профильную, генераторную и прогрессивную схемы резания (рисунок 5)». [1]

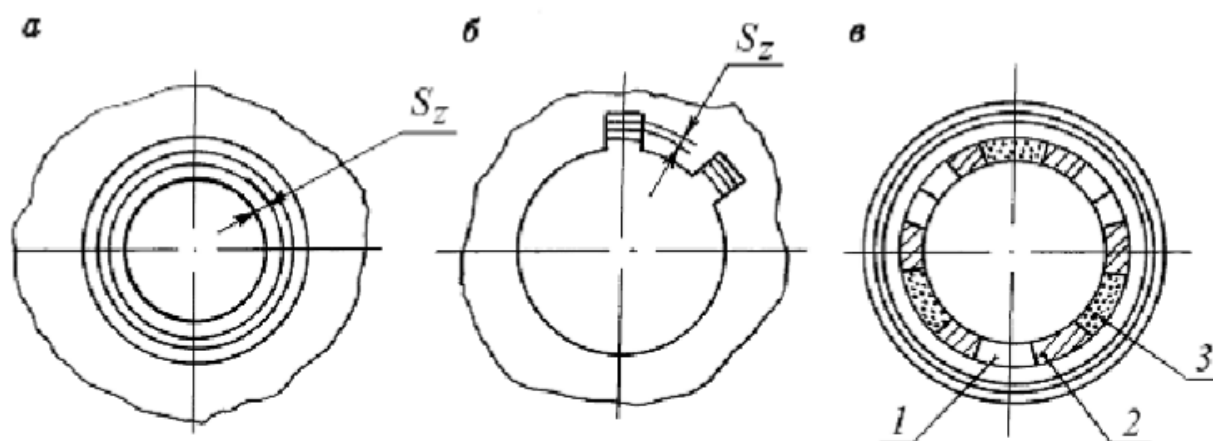


Рисунок 5 – Схемы протягивания:

*а* – профильная; *б* – генераторная; *в* - прогрессивная

«Профильная схема резания (рисунок 5а) характеризуется срезанием припуска зубьями, форма поперечного сечения которых та же, что и форма окончательно обработанного отверстия. У круглых протяжек это круглые

зубья, у квадратных – квадратные и так далее. При профильной схеме резания в окончательном формировании поверхности участвуют только последние режущие зубья протяжки. Подача на зуб  $S_Z$  равна толщине срезаемого слоя». [1]

«Применять профильные протяжки для обработки поверхностей сложной формы нетехнологично, так как каждый зуб должен повторять эту форму. Кроме того, при сложной форме отверстия невозможно получить требуемый передний угол на всех участках режущей кромки, что увеличивает шероховатость обработанной поверхности». [1]

На операции 035 Протяжная выполняется обработка центрального отверстия шкива подъемного крана. До обработки размер отверстия равен  $D_0 = 63,5H9^{(+0,074)}$  мм. После протягивания размер этого отверстия должен быть  $\varnothing 64,9H8^{(+0,046)}$  мм; длина этого отверстия  $L_0 = 165$  мм.

## 4.2 Проектирование протяжки

«Протяжки – металлоемкий, сложный по конструкции и в изготовлении инструмент. Экономическая целесообразность их применения оправдывается при проектировании оптимальной конструкции, выборе рациональных режимов резания, качественном изготовлении и правильной эксплуатации. Проблема выбора конструкции инструмента является сложной и многоплановой задачей, требующей оптимизации многочисленных технологических, конструктивных и эксплуатационных факторов. Конструктивные и эксплуатационные параметры протяжки связаны между собой и не определяются однозначно, так как на них влияют многочисленные, в большинстве противоречивые факторы». [14]

Прием передний угол режущих зубьев  $\gamma = 12^\circ$ ; задний угол  $\alpha_{\rho} = 2^\circ$ . [17]

Припуск

$$A = (D_{\max} - D_0) / 2. \quad (30)$$

$$A = (63,9 - 64,5) / 2 = 0,7 \text{ мм.}$$

Шаг режущих зубьев [23]

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

$$t = 1,4 \cdot \sqrt{165} \approx 18,0, \text{ мм.}$$

По [23] принимаем стандартные параметры стружечных канавок режущих зубьев:

$$t = 18; h = 6; c = 6; r = 3; R = 12; F_K = 28,27.$$

Эскиз режущих зубьев протяжки представлен на рисунке 6.

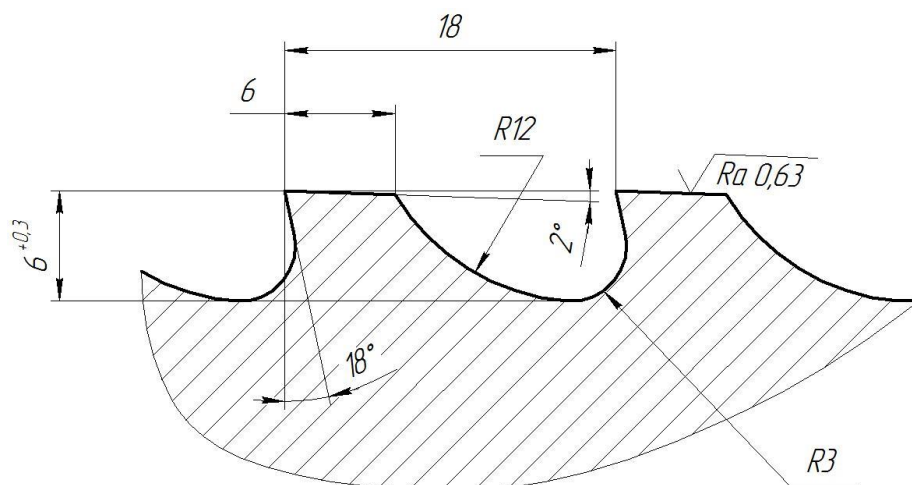


Рисунок 6 - Режущие зубья

Толщина среза [23]

$$a_z = \frac{F_K}{KL_0}, \quad (32)$$

где  $F_K = 28,27; K = 2,5$ . [17]

$$a_z = \frac{28,27}{2,5 \cdot 165} = 0,069, \text{ мм.}$$

Число одновременно работающих режущих зубьев [17]

$$q = \left[ \frac{L_0}{t} + 1 \right]. \quad (33)$$

$$q = \frac{165}{18} + 1 = 11.$$

Сила, приходящаяся на 1 мм длины контура [17]

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

$$\text{где } K_\chi = \frac{90 - \gamma}{75} = \frac{90 - 12}{75} = 1,04.$$

Примем  $C_p = 2,6$ . [17]

$$P_z = 2,6 \cdot 176 \cdot 0,069^{0,85} \cdot 1,04 = 49,04, \text{ Н.}$$

Усилие протягивания [17]

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

$$P_T = 3,14 \cdot 49,04 \cdot 64,9 \cdot 11 = 109930, \text{ Н.}$$

Напряжения в канавке перед первым зубом [17]

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

$$\sigma_1 = \frac{4 \cdot 109930}{3,14(63,5 - 2 \cdot 6)^2} = 2617,5, \text{ МПа.}$$

Число черновых режущих зубьев [23]

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

$$z = \frac{0,7 - 0,005 \cdot 2}{0,069} + 1 = 11.$$

Число чистовых зубьев  $z = 2$ , тогда  $a = 0,005$ .

Номинальные размеры режущих зубьев [17]

$$R_i = R_0 + a_z(i-1) \quad (38)$$

$$R_1 = 31,750 + 0,069 \cdot (1-1) = 31,750.$$

$$R_2 = 31,750 + 0,069 \cdot (2-1) = 31,819.$$

$$R_3 = 31,750 + 0,069 \cdot (3-1) = 31,819.$$

$$R_4 = 31,750 + 0,069 \cdot (4-1) = 31,888.$$

$$R_5 = 31,750 + 0,069 \cdot (5-1) = 31,957.$$

$$R_6 = 31,750 + 0,069 \cdot (6-1) = 32,026.$$

$$R_7 = 31,750 + 0,069 \cdot (7-1) = 32,095.$$

$$R_8 = 31,750 + 0,069 \cdot (8-1) = 32,164.$$

$$R_9 = 31,750 + 0,069 \cdot (9-1) = 32,233.$$

$$R_{10} = 31,750 + 0,069 \cdot (10-1) = 32,302.$$

$$R_{11} = 31,750 + 0,069 \cdot (11-1) = 32,371.$$

$$R_{12} = 31,750 + 0,069 \cdot (12-1) = 32,445.$$

$$R_{13} = 31,750 + 0,069 \cdot (13-1) = 32,455.$$

По [17] примем число калибрующих зубьев  $z_K = 6$ .

Чертеж протяжки представлен в графической части работы.



## 5 Безопасность и экологичность технического объекта

Рассматриваемым в данном разделе объектом является производственный участок по изготовлению шкива привода подъемного крана.

Данный участок по механической обработке содержит следующие металлорежущие станки: шесть токарно-винторезных станков с ЧПУ модели 16К30Ф3, шлицефрезерный станок с ЧПУ 5А352ПФ2, зубофрезерный станок с ЧПУ 5320Ф4, два горизонтально-протяжных станка модели 7Б56, внутришлифовальный станок с ЧПУ модели 3М227ВФ2 и круглошлифовальный станок с ЧПУ 3М153Ф2.

В базовом технологическом процессе изменились две операции 020 Токарная полуступенчатая и 035 Протяжная, поэтому в данном разделе будем рассматривать только эти две операции, где необходимо оценить опасные и вредные производственные факторы.

«Безопасность условий на рабочем месте определяется наличием опасных и вредных производственных факторов, которые могут возникнуть при выполнении технологических операций или видов работ. При этом учитываются источники механических травм; определяется возможность получения электротравм; проводится оценка пожаро- и взрывоопасности объекта и так далее. Опасным называется производственный фактор, действие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному ухудшению здоровья. Вредным называется производственный фактор, действие которого на работающего в определенных условиях приводит к постепенному ухудшению здоровья, профессиональному заболеванию или снижению работоспособности». [23]

При проведении токарных работ на рабочем, которым является оператор станка с числовым программным управлением, могут воздействовать следующие опасные производственные факторы. При токарной обработке образуется стружка, которой оператор станка может

повредить кожный покров. Во избежание этого, согласно [7], имеется специальный инструмент-крючок, которым оператор токарного станка убирает образовавшуюся стружку из специального лотка-накопителя стружки, имеющимся в комплектации токарного станка 16К30Ф3 (рисунок 7).



Рисунок 7 – Токарный станок с ЧПУ 16К30Ф3

Оператор крючком извлекает стружку, которая скопилась в специальном лотке токарного станка, а затем собирает эту стружку в специальном контейнере. Далее этот контейнер отправляется на специальное предприятие, где стружка сдается на утилизацию.

Еще одним опасным производственным фактором на токарной операции является попадание стружки в глаз оператора станка. Токарный станок 16К30Ф3 снабжен специальными ставнями, которые оператор закрывает при загрузке заготовки и закреплении ее в патроне. После этого оператор включает программу, по которой станок осуществляет механическую обработку заготовки по определенной программе. После отработки программы оператор открывает ставни станка и выгружает обработанную заготовку.

Опасным производственным фактором при работе на горизонтально-протяжном станке 7Б56 (рисунок 8) является попадание стружки в глаз оператора станка. В связи с этим оператор станка при работе должен находиться на рабочем месте в специальных защитных очках [4]. При включенном станке рабочий должен надеть защитные очки, тогда случайного попадания в глаз стружки не произойдет.

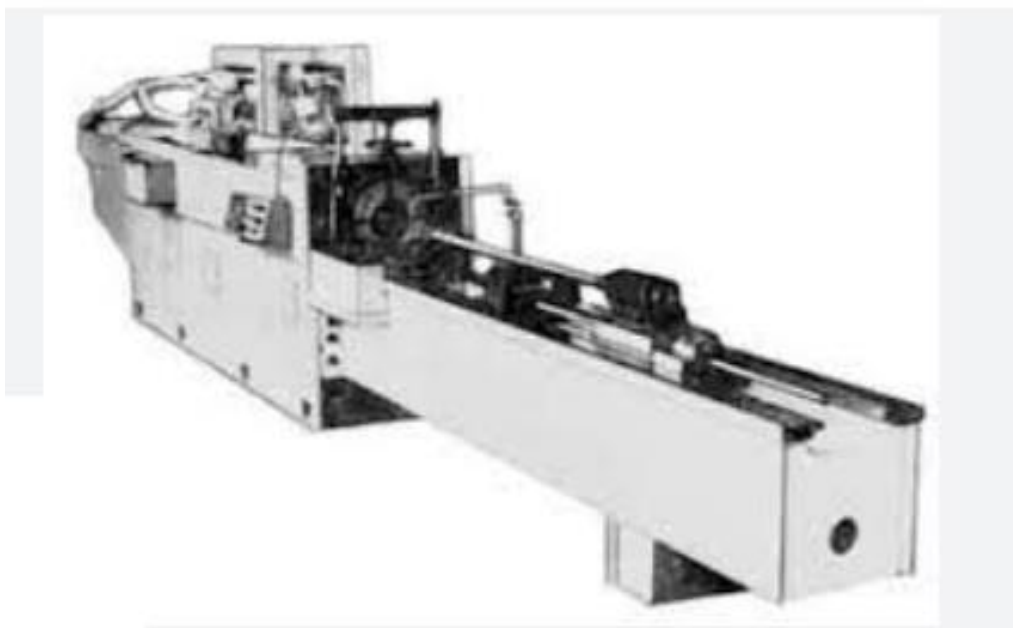


Рисунок 8 – Горизонтально-протяжной станок 7Б56

Вредным производственным фактором, как при токарной, так и при протяжной обработке является то, что возникают пары смазочно-охлаждающих технических средств, которые применяют при обработке. Для минимизации этого фактора необходимо установить рабочее место оператора станка должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией и соответствовать санитарным нормам [20].

«Электротравмы подразделяют на электрические удары и травмы. В первом случае поражается весь организм и особенно его внутренние органы. Во втором случае происходит местное поражение кожи, мышц и других частей тела. В настоящее время установлено, что более уязвимым органом при прохождении тока через тело человека является сердце. При малых

значениях тока может возникнуть фибрилляция (беспорядочное сокращение мышц) сердца. Поэтому особенно опасен для человека электрический удар, при котором нарушаются сердечная, дыхательная и мозговая деятельность». [9]

Для электробезопасности работы на токарном и горизонтально-протяжном станках необходимо выполнить изоляцию токопроводящих частей, защитное заземление металлорежущих станков. Заземление отключит работу станка в случае возникновения внештатной ситуации, связанной с резким изменением напряжения в сети. Защитному заземлению подвергают доступные для прикосновения человека части электроприборов и электроустановок.

Для электробезопасности оператора токарного станка и станочника горизонтально-протяжного станка, на рабочем месте перед станком размещается диэлектрический коврик [6]. Этот предмет является хорошей защитой от шагового тока.

«Пожар – неконтролируемый процесс горения, сопровождающийся уничтожением материальных ценностей и создающий опасность для жизни людей. Пожарная безопасность – состояние объекта, при котором с установленной вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара и воздействия на людей опасных факторов пожара, а также обеспечивается защита материальных ценностей». [25]

На участке механической обработки нашей детали имеются пожарные гидранты, которые применяются в случае задымления или возникновения пожара. Также на стенках цеха развешаны огнетушители переносные [8]. Для своевременного оповещения о возгорании и задымлении на потолках цеха, где находится участок механической обработки детали, устанавливается пожарная сигнализация. Это минимизирует время, затрачиваемое на определение возгорания на производстве.

«Обучение по охране труда и проверка знаний требований охраны труда работников организаций проводится для обеспечения

профилактических мер по сокращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний. Одновременно с обучением и проверкой знаний требований охраны труда могут проводиться обучение и аттестация работников организаций по другим направлениям безопасности труда, организуемые органами исполнительной власти, в порядке, утверждаемом ими по согласованию с Министерством труда и социального развития Российской Федерации. Обучению охране труда и проверке знаний требований охраны труда подлежат все работники организации, в том числе ее руководитель». [23]

На данном машиностроительном предприятии в обязательном порядке проводится инструктаж по технике безопасности и охране труда. Это даст возможность новым работникам предприятия изучить меры по предупреждению производственного травматизма, а действующим работникам напомнить об этих мерах.

Таким образом, в этом разделе предложены меры по минимизации возникновения производственного травматизма, а также по оснащению производственного участка техническими устройствами, способствующими безопасности машиностроительного предприятия, где изготавливается шкив привода подъемного крана.

## 5 Экономическая эффективность работы

В этом разделе выполним экономический расчет целесообразности предлагаемых технических решений изменения базового технологического процесса изготовления шкива привода подъёмного крана.

Для решения поставленной задачи необходимо провести сравнительный анализ технических и экономических параметров, двух вариантов технологического процесса, описанных в предыдущих разделах.

Основное изменение технологического процесса предполагает сокращение вспомогательного времени на токарной операции 020. Это стало возможным благодаря применению более современного механизированного станочного приспособления. Механизированное приспособление сокращает время на установку заготовки перед обработкой и снятия обработанной заготовки после нее. Это привело к снижению общей трудоемкости выполнения совершенствованной операции.

Результаты технических изменений после совершенствований операции заключаются в сокращении вспомогательного времени на 24,3%.

Описанные результаты достаточно существенны для того чтобы сделать предварительное положительное заключение о необходимости внедрения данных изменений. Однако, чтобы полноценно в этом убедиться, необходимо провести некоторые экономические расчеты. Они связаны с определением величины инвестиций и их сроком окупаемости, а также с расчетом самого важного показателя, такого как экономический эффект.

На рисунке 9 представлены методики, которые позволяют грамотно рассчитать все вышеперечисленные экономические показатели.



Рисунок 9 – Применяемые методики для определения необходимых экономических показателей [12]

Используя, описанную на рисунке 9, методику расчета капитальных вложений, в совокупности с программой Microsoft Excel, была определена величина инвестиций ( $K_{BV}$ ), которая составила 73211 руб. Данное значение учитывает все необходимые финансовые вливания в совершенствование проекта. На рисунке 10 представлены показатели, из которых сложилась итоговая величина инвестиций.

Анализируя рисунок 10, можно сказать, что затраты на приспособление с учетом доставки и монтажа являются самыми существенными, так как их доля составила 94,2% в общем объеме инвестиций. Еще одной статьёй затрат стали затраты на проектирование, составляющие 5,8%.

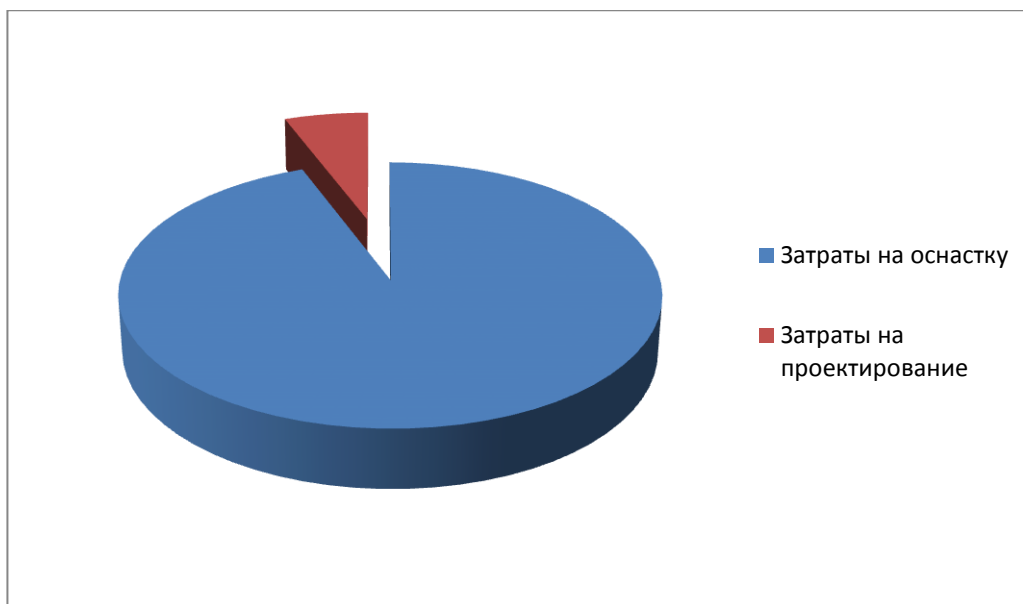


Рисунок 10 – Показатели и их значения, которые вошли в величину инвестиций для предлагаемых совершенствований

Для определения срока окупаемости заявленных инвестиций необходимо последовательно определить некоторое количество дополнительных показателей, которые представлены на рисунке 11.

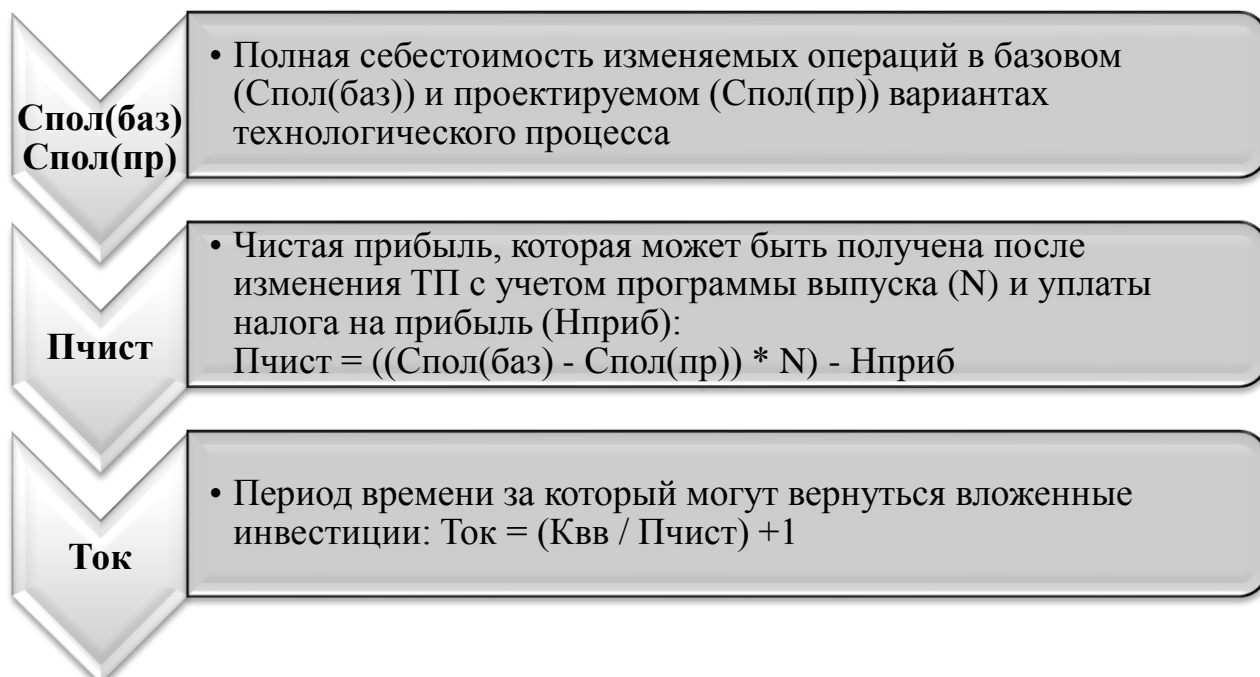


Рисунок 11 – Дополнительные экономические показатели для определения срока окупаемости и их взаимосвязь



Как видно из рисунка 11, для получения результата по сроку окупаемости, сначала необходимо определить значение такого экономического показателя как полная себестоимость изменяемых операций. Эту величину рассчитывают по двум вариантам, базовому и проектируемому. Это необходимо для того чтобы можно было определить изменения, то есть посмотреть на сколько снизиться или увеличится себестоимость выполнения этих операций. Чтобы окупить вложенные инвестиции себестоимость проектируемого варианта должна снижаться. Также важно, на сколько она снизиться, потому что чем больше будет разница у полной себестоимости, тем быстрее окупятся вложенные инвестиции.

Далее, благодаря значениям полной себестоимости базового и проектируемого варианта операций, определяется возможная прибыль, которую сможет получить предприятие от внедрения совершенствований.

Затем уже приступают к определению самого срока окупаемости. Так как, технологические процессы по изготовлению продукции присуще промышленным предприятиям, то для них определен максимальный горизонт окупаемости инвестиций в 4 года.

Учитывая срок окупаемости инвестиций, определяется интегральный экономический эффект ( $\mathcal{E}_{инт}$ ) путем расчета через сложные проценты. Они позволят максимально учесть потерю стоимости денежных средств и показать максимально реалистичное значение экономического эффекта. Данный способ расчета экономического эффекта основывается на расчетном сроке окупаемости инвестиций, величине чистой прибыли и процентной ставке на капитал.

На рисунке 12 представлены рассчитанные значения следующих показателей: чистая прибыль, срок окупаемости и экономический эффект.

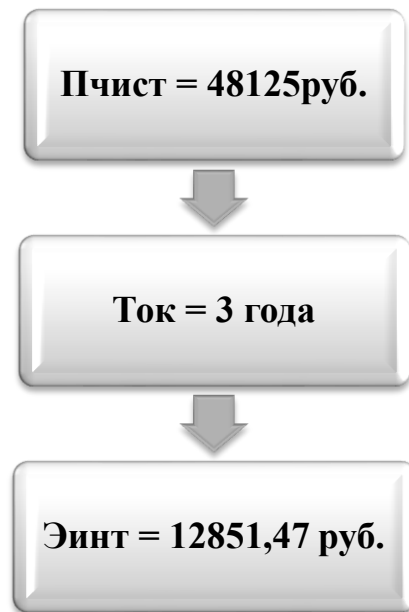


Рисунок 12 – Значения показателей чистой прибыли ( $P_{\text{ЧИСТ}}$ ), срока окупаемости ( $T_{\text{ОК}}$ ) и экономического эффекта ( $\text{Э}_{\text{ИНТ}}$ )

Как показано на рисунке 12, экономический эффект является положительной величиной, то есть он получен, поэтому внедрение предлагаемых совершенствований можно считать целесообразными.

Таким образом, внедрение механизированного приспособления на токарной операции 020 технологического процесса изготовления шкива привода подъёмного крана привело к экономической прибыли, которая окупится за три года.

## Заключение

В результате выполнения выпускной работы нами был спроектирован современный техпроцесс изготовления шкива привода подъемного крана.

В первом разделе была описана конструкция подъемного крана, а также функции шкива, которые выполняет эта деталь в узле механизма. Также проведен анализ технологичности шкива привода подъемного крана, проанализирован материал, описана конструкция и рассмотрен вопрос о методе получения заготовки, из которой затем изготавливают саму деталь.

Во втором разделе выбран тип производства для шкива привода подъемного крана, описаны основные его характеристики. Далее из двух наиболее подходящих методов получения заготовки (литья иковки) путем технико-экономического расчета-обоснования выбран наиболее экономически выгодный метод – литьё. Затем для изготовления каждой поверхности детали в зависимости от формы, точности и шероховатости выбраны методы обработки. На одну из наиболее точных поверхностей шкива привода подъемного крана рассчитаны припуски расчетно-аналитическим методом. После этого для модернизируемых в работе операций (токарная и протяжная) определены режимы обработки.

В третьем разделе для токарной операции спроектировано станочное приспособление – токарный клиноплужерный патрон. В отличие от приспособления базового варианта, спроектированный патрон имеет механизированный привод, что снижает время, связанное с установкой и снятием заготовки на операции.

В четвертом разделе для протяжной операции разработана конструкция сложнопровильного режущего инструмента – круглой протяжки.

В работе имеется анализ безопасности и экологичности. Экономический расчет показал эффективность модернизации техпроцесса.

## Список используемой литературы

1. Безъязычный В.Ф. Технологические процессы механической и физико-химической обработки в машиностроении: учебное пособие / В.Ф.Безъязычный, В.Н. Крылов, Ю.К. Чарковский, Е.В. Шилков. – 4-е изд., стер. - СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 432 с.
2. Вереина Л. И. Металлообработка : справочник / Л.И. Вереина, М.М. Краснов, Е. И. Фрадкин ; под общ. ред. Л.И. Вереиной. - Москва : ИНФРА-М, 2013. - 320 с.
3. Галимов Э.Р. Материаловедение для транспортного машиностроения: учебное пособие / Э.Р. Галимов, Л.В. Тарасенко, М.В.Унчикова, А.Л. Абдуллин. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 448 с.
4. ГОСТ 12.4.013-97. Система стандартов безопасности труда. Очки защитные. Общие технические условия. – 16 с.
5. ГОСТ 1412-85. Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Марки. – 5 с.
6. ГОСТ 4997-75. Ковры диэлектрические резиновые. Технические условия. – 19 с.
7. ГОСТ EN 12840-2011. Безопасность металлообрабатывающих станков. Токарные станки с ручным управлением, оснащенные и не оснащенные автоматизированной системой управления. – 59 с.
8. ГОСТ Р 51057-2001. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний. – 48 с.
9. Графкина М.В. Охрана труда : учебник / М.В. Графкина. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : ИНФРА-М, 2023. – 212 с.
10. Иванов И.С. Технология машиностроения : учебное пособие / И.С. Иванов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : ИНФРА-М, 2020. – 240 с.
11. 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.

12. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством : учеб.-метод. пособие / И.В.Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 183 с.

13. Кузнецов Е.С. Специальные грузоподъемные машины: учеб. пособие: в 9 кн. Кн. 2: Грузоподъемные манипуляторы. Специальные полиспастные подвесы и траверсы. Специальные лебедки / Е.С. Кузнецов, К.Д. Никитин, А.Н. Орлов ; под ред. проф. К.Д. Никитина. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011. – 280 с.

14. Лукина С.В. Проектирование протяжек оптимальных конструкций в среде Microsoft Excel / С.В. Лукина, М.В. Крутякова, О.П. Куприянова, П.Ф. Вялкова / Материалы 7-й Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы повышения эффективности металлообработки в промышленности на современном этапе». – Новосибирск, 2009. – С. 24-26.

15. Погонин А.А. Технология машиностроения : учебник / А.А.Погонин, А.А. Афанасьев, И.В. Шрубченко. – 3-е изд., доп. – Москва : ИНФРА-М, 2022. – 530 с.

16. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.

17. Резников Л.А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента : электронное учеб. пособие / Л.А. Резников. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 208 с.

18. Семакина О.К. Технология химического машиностроения : учебное пособие / О.К. Семакина ; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2017. – 144 с.

19. Скрыбин В.А. Автоматизация производственных процессов в машиностроении : учебник / В.А. Скрыбин, А.Г. Схиртладзе, А.Е. Зверовщиков, А.Н. Машков. – М. : КУРС : ИНФРА-М, 2023. – 320 с.

20. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – 60 с.
21. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / под ред. А.С. Васильева, А.А. Кутина. 7-е изд. испр. – М. : Инновационное машиностроение, 2023. – 756 с.
22. Тарабарин О.И. Проектирование технологической оснастки в машиностроении: учебное пособие / О.И. Тарабарин, А.И. Абызов, В.Б. Ступко. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 304 с.
23. Шапорева И.Л. Безопасность жизнедеятельности : электрон. учеб.-метод. пособие / И.Л. Шапорева, Л.Н. Горина, Н.Е. Данилина, И.И. Рашоян. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2018. – 282 с.
24. Шишкин В.П. Основы проектирования станочных приспособлений: теория и задачи : учебное пособие / В. П. Шишкин, В. В. Закураев, А. Е. Беляев. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2010. — 288 с.









Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа								
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Китп
Т.42	392104.ХХХХ(2)	Резец механич. ВК4М: 393111.ХХХХ ШЦ-II-350-0.1: 393120.ХХХХ Калибр-склада.												
43														
А.44	ХХ ХХ ХХ 030	4.112	Токарная чистовая	ИОТ	ИЗ7.101.ХХХХ-ХХ									
Б.45	38.18.25	ХХХХ	Токарный станок 16К30Ф3	2	18632422	1Р	1	1	100	1	16	2,97		
0.46	Точить поверхности 16 и 18, выдерживая размеры $38 \pm 1$ , $32,8^{+0,002}$ , $8,1 \pm 0,018$ ; точить поверхность 7, выдерживая размер $198 \pm 0,575$ .													
0.47														
0.48	396110	ХХХХ	Патрон самоцентр.	ХХХХХХ.ХХХХ	шпор	откидной:								
Т.49	392104.ХХХХ(2)	Резец механич. ВК4М: 392104.ХХХХ(2)	Резец механич. Р6М5:											
Т.50	393111.ХХХХ	ШЦ-II-350-0.1: 393120.ХХХХ	Калибр-склада.											
51														
А.52	ХХ ХХ ХХ 035	ХХХХ	Протяжная	ИОТ	ИЗ7.101.ХХХХ-ХХ									
Б.53	381631	ХХХХ	Горизон.-протяжной	2	18632	322	1Р	1	1	100	1	16	0,87	
0.54	Обработать поверхность 12, выдерживая размер $\phi 64,8^{+0,002}$													
Т.55	ХХХХХХ.ХХХХ	Приспособление специальное:	ХХХХХХ.ХХХХ	Протяжка	круглая	Р6М5:								
Т.56	393111.ХХХХ	ШЦ-II-350-0.1: 393120.ХХХХ	Калибр-пробка.											
57														
А.58	ХХ ХХ ХХ 040	ХХХХ	Протяжная	ИОТ	ИЗ7.101.ХХХХ-ХХ									
Б.59	381631	ХХХХ	Горизон.-протяжной	2	18632	322	1Р	1	1	100	1	16	0,87	
0.60	Обработать поверхности 13 и 15, выдерживая размер $18,0^{+0,002}$ ; обработать поверхность 14, выдерживая размер $69,4^{+0,2}$													
0.61														
Т.62	ХХХХХХ.ХХХХ	Приспособление специальное:	ХХХХХХ.ХХХХ	Протяжка	шпоночная	Р6М5:								
Т.63	393111.ХХХХ	ШЦ-II-350-0.1: 393120.ХХХХ	Калибр-пробка.											
64														
	МК													

Лист 3

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Лист 4																
А	Шех	Чч	РМ	Опер	Код, наименование операции				Обозначение документа							
					Код, наименование операции	СИ	полюс	Р	ЧТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	КШМ	Тшм	
А 69	XX XX XX	050	Термическая (закалка)	ИОТ	ИЗ7.101.70715-07.											
Б 70				Печь												
71																
А 72	XX XX XX	055	Шлифовальная	ИОТ	ИЗ7.101.74191-00.											
Б 73	381623	XXXX	ЗМ227БФ2	Внутршлифовальный	2	17001	422	1Р	1	1	100	1	10	0.89		
0.74	Шлифовать поверхность 12, выдерживая размер $\phi 65^{+0,03}$															
Т 75	39611X	XXXX	Патрон мембранный	XXXXXX	XXXX	Упор	откидной.									
Т 76	398110	XXXX	Шлифовальная головка	80x60x80	14AF24K5L7	30	м/с	ГОСТ Р 52781-2007.								
Т 77	3934.10	XXXX	Микрометр.													
78																
А 79	XX XX XX	060	Шлифовальная	ИОТ	ИЗ7.101.74191-00.											
Б 80	381623	XXXX	ЗМ153Ф2	Кругшлифовальный	2	17001	422	1Р	1	1	100	1	10	1,15		
0.81	Шлифовать поверхности 16 и 18, выдерживая размеры $38^{+30}$ , $32.8^{+0,03}$ , $8.1 \pm 0.011$															
Т 82	39611X	XXXX	Патрон мембранный	XXXXXX	XXXX	Упор	откидной.									
Т 83	398110	XXXX	Круг шлифовальный	1	350x60x150	14AF24K5L7	30	м/с	ГОСТ Р 52781-2007.							
Т 84	3934.10	XXXX	Микрометр.	393120	XXXX	Калибр-скода.										
85																
А 86	XX XX XX	065	Маячная	ИОТ	ИЗ7.101.XXXXX											
87																
А 88	XX XX XX	070	Контрольная	ИОТ	ИЗ7.101.XXXXX											
89																
90																
91																
МК																