

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 двухступенчатого редуктора

Обучающийся	<u>А.И. Розискул</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 Е.Г. Смышляева</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>
	<u>к.ф.-м.н, доцент Д.А. Романов</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>

Тольятти 2023

Аннотация

Тема: Технологический процесс изготовления шкива двухступенчатого редуктора.

Автор: Розискул Анастасия Игоревна.

В выпускной работе спроектирован технологический процесс изготовления шкива двухступенчатого редуктора.

В первой части работы нами проанализирована конструкция шкива двухступенчатого редуктора, выполнен анализ конструкции двухступенчатого редуктора, а также рассмотрены химический состав и свойства материала, из которого выполнен шкив. Также выполнен анализ технологичности конструкции шкива.

Во второй технологической части работы выбран тип машиностроительного производства и описаны его основные характеристики. Исходя из этого, выполнен расчет экономичности двух наиболее подходящих видов получения заготовки. На самую ответственную и точную поверхность выполнен расчет припусков расчетно-аналитическим методом. Далее проведен анализ и выбраны методы обработки каждой поверхности шкива двухступенчатого редуктора. После этого спроектирован технологический процесс и рассчитаны режимы резания.

В третьей части работы нами спроектирована станочная технологическая оснастка на токарную операцию техпроцесса изготовления шкива двухступенчатого редуктора. Это приспособление имеет конструкцию, которая включает в себя механизированный привод. Внедрение этого приспособления сократит вспомогательное время.

В четвертой части для протяжной операции спроектирован режущий инструмент – протяжка круглая.

Работа содержит анализ экологичности и безопасности проведенных изменений. Экономический расчет показал эффективность работы.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	5
1.1 Общие сведения.....	5
1.2 Назначение и условия работы детали.....	7
1.3 Классификация поверхностей детали.....	7
1.4 Анализ требований к поверхностям детали.....	9
2 Технологическая часть.....	11
2.1 Определение типа производства.....	11
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	11
2.3 Выбор метода получения заготовки.....	12
2.4 Выбор методов обработки.....	13
2.5 Определение припусков.....	15
2.6 Определение режимов резания.....	18
3 Проектирование приспособления.....	23
3.1 Общие сведения.....	23
3.2 Исходные данные.....	24
3.3 Силовой расчет.....	24
4 Проектирование режущего инструмента.....	28
4.1 Общие сведения.....	28
4.2 Исходные данные.....	30
4.2 Проектирование протяжки.....	31
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	35
6 Экономическая эффективность работы.....	41
Заключение.....	45
Список используемой литературы.....	46
Приложение А. Технологическая документация.....	49

Введение

Машиностроение сегодня является важнейшей отраслью отечественной промышленности, так как направлено на строительство машин, которые увеличивают производительность работ во многих сферах индустрии страны и мира.

В машиностроении важное значение имеют редукторы. Эти механизмы предназначены для уменьшения или увеличения частоты вращения валов или для изменения крутящего момента. Они представляют собой отдельный механизм, имеющий одну или несколько передач. Редукторы устанавливаются между двигателем и исполнительным механизмом, и он входит в состав электромеханических, гидромеханических и других более сложных передач. Редукторы отличаются большим многообразием. Они могут быть одно-, двух- или многоступенчатыми, зубчатыми, червячными, планетарными и другими.

Наибольшее распространение получили цилиндрические редукторы, которые названы так потому, что в своем составе содержат цилиндрические зубчатые колеса. Там могут быть использованы прямозубые зубчатые колеса, колеса с косыми зубьями, шевронные зубчатые передачи и зубчатые колеса с зацеплением Новикова.

Двухступенчатый редуктор, в состав которого входит деталь «шків» имеет три вала, на которых размещены две цилиндрические зубчатые передачи. На внешнем конце первого вала редуктора устанавливается шків, который приводится во вращение от клиноременной передачи, идущей от электродвигателя. Шків передает вращение первому валу редуктора с помощью шпоночного зацепления. Шків имеет два варианта получения вращения малым или большим диаметром.

Целью данной работы является проектирование технологического процесса изготовления шкива двухступенчатого редуктора заданного качества с минимальной себестоимостью изготовления.

1 Анализ исходных данных

1.1 Общие сведения

«Редуктором называется передача или сочетание передач, установленных в одном корпусе или вписанных в другой агрегат, служащих для уменьшения (редуцирования) угловых скоростей и увеличения крутящих моментов. Если требуется повышение угловой скорости и снижения крутящего момента, то для этой цели применяются ускорители (мультипликаторы). Редуктор (ускоритель) с переменным передаточным числом называют коробкой передач». [3]

«Редуктор является основной частью механического передающего устройства от двигателя к исполнительному механизму и входит в состав гидромеханических, электромеханических и других сложных передач. В мире выпускается большое количество нормализованных редукторов общего применения: цилиндрических, коническо-цилиндрических, планетарных, червячных с цилиндрическим и глобоидным червяками и других. Наряду с коническими и червячными редукторами возрастает количество планетарных и комбинированных типов редукторов». [3]

«Современные редукторы имеют широкий диапазон передаваемых мощностей, передаточных чисел, частот вращения валов, служащих для обеспечения потребностей современного машиностроения. В области редукторостроения широко применяется стандартизация, а в производстве – специализация, что повышает качество и снижает стоимость продукции. Обоснованный выбор редуктора, совершенствование его конструкции и расчета являются важнейшими задачами машиностроения, так как они участвуют в передаче большей части энергии, вырабатываемой в стране и в мире. Схема редуктора и конструкция его элементов выбираются по передаточному числу, требуемой мощности и частоте вращения с учетом КПД, условий эксплуатации, надежности, долговечности и так далее». [3]

«Цилиндрические редукторы имеют наибольшее распространение, так как обладают высокой несущей способностью и технологичностью, высоким КПД и проще в эксплуатации. Зубчатые колеса изготавливаются с прямыми, косыми и шевронными зубьями, также с зацеплением Новикова. Прямозубые редукторы уступают место косозубым, даже при окружных скоростях менее 5 м/с. Косозубые и шевронные редукторы в зависимости от степени точности могут применяться во всем необходимом диапазоне скоростей, и изготовление их не требует специального оборудования. Осевые усилия косозубой передачи могут быть устранены раздвоением передачи на две параллельные с разносторонним наклоном зуба. При этом нагрузка на валы оказывается равномерной благодаря симметричному расположению колес относительно опор (подшипников)». [3]

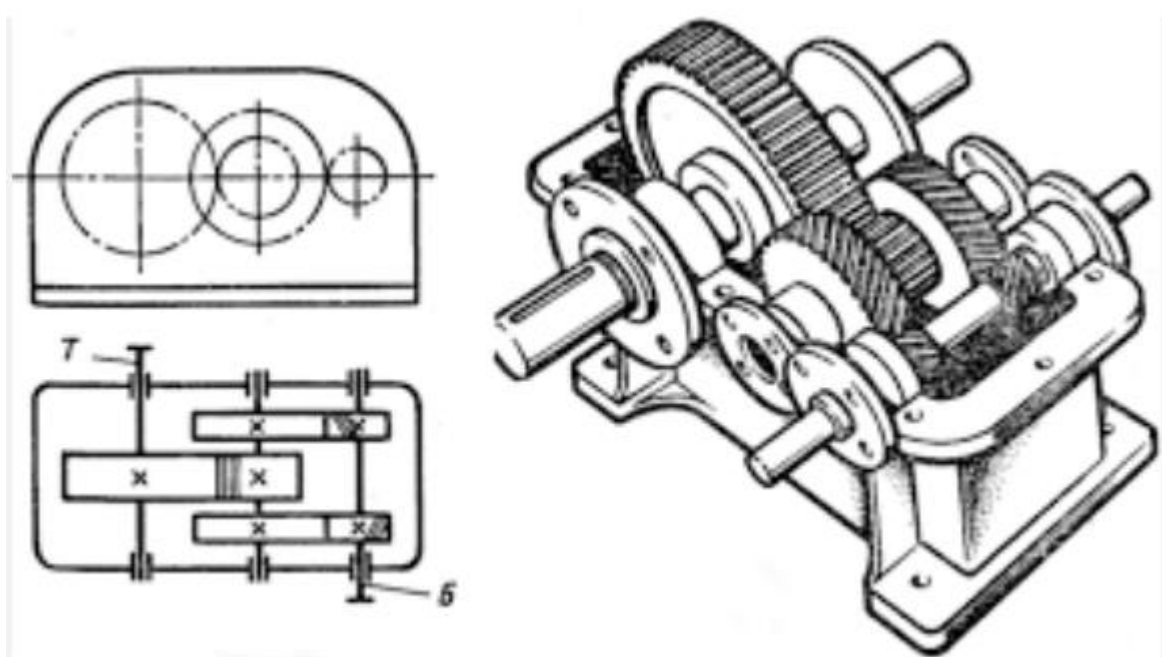


Рисунок 1 – Редуктор

«На цилиндрические передачи внешнего зацепления для редукторов и ускорителей, в том числе и комбинированных (коническо-цилиндрических, цилиндро-червячных и других), выполненных в виде самостоятельных агрегатов, установлен ГОСТ 2185-66 [9]. Стандарт не распространяется на редукторы специального назначения (планетарные и другие)». [3]

1.2 Назначение и условия работы детали

Двухступенчатый редуктор, в состав которого входит деталь «шків» имеет три вала, на которых размещены две цилиндрические зубчатые передачи. На внешнем конце первого вала редуктора устанавливают шків, который приводится во вращение от клиноременной передачи, идущей от электродвигателя. Шків передает вращение первому валу редуктора с помощью шпоночного зацепления. Шків имеет два варианта получения вращения малым или большим диаметром.

«Ременная передача относится к передачам трением с гибкой связью. В зависимости от сечения ремня, применяемого в передаче, различают плоскоременную, клиноременную, круглоременную, поликлиновую и вариаторную широким клиновым ремнем. Простейшая передача состоит из ведущего и ведомого шкивов, огибаемых ремнем с натяжением и передающего нагрузку силами трения. В передаче необходимо предусматривать натяжное устройство, в ней возможен привод к нескольким ведомым шкивам». [26]

«В сравнении с зубчатой передачей ременная обладает лучшими амортизирующими свойствами, большей плавностью хода, бесшумностью работы, может служить предохранительным звеном в приводе при перегрузках, обладает возможностью передачи движения на большое расстояние (до 15 м) и меньшей стоимостью. В сравнении с цепной передачей не требует смазки, имеет меньшую материалоемкость и дешевле. Однако ременная передача при равноценной передаваемой нагрузке имеет большие габариты (в несколько раз выше, чем у зубчатых), ограниченную долговечность ремня (особенно в быстроходных передачах); повышенные нагрузки на валы и подшипники от натяжения ремня; непостоянство передаточного отношения из-за неизбежного скольжения ремня. Передачу необходимо защищать от попадания масел и жидкостей». [26]

«Движение в ременной передаче осуществляется в результате взаимодействия шкивов и ремня, надетого на них с натяжением. Ведущий шкив на дуге обхвата α_1 за счет сил трения увлекает за собой ремень, который на дуге обхвата α_2 приводит в движение ведомый шкив, преодолевая момент сопротивления в приводе. Ремень обладает массой и упругостью. При работе передачи под нагрузкой натяжение ведущей и ведомой ветвей ремня будет различным (далее рассмотрено подробнее). При обегании ремнем ведущего шкива натяжение его падает, а на ведомом – возрастает. Поэтому на ведущем шкиве ремень укорачивается и проскальзывает относительно шкива, а на ведомом напротив – удлиняется, опережая поверхность шкива». [26]

«Исследованиями было установлено, что эти явления наблюдаются не на всей дуге обхвата, а только на ее части, называемой дугой упругого скольжения. На другой части дуги обхвата, расположенной со стороны набегания обоих шкивов, ремень и шкив находятся в состоянии постоянного сцепления, и при работе без перегрузок скольжение здесь отсутствует». [26]

Наиболее важными параметрами, от которых зависит обрабатываемость заготовок, являются сопротивление резанию (она зависит от обрабатываемого материала), стойкость инструмента (она зависит от материала режущей части инструмента, а также от его конструкции), качество обработанной поверхности (кавалитет точности получаемой поверхности, шероховатость, форма). На обрабатываемость материалов резанием влияет структура этого материала, химический состав, физико-механические свойства обрабатываемого материала, способность его к наклепу. Наибольшее влияние из этих параметров на обрабатываемость оказывает химический состав материала. Увеличение в составе углерода дает повышение механической прочности обрабатываемого материала, при этом увеличивается сопротивление резанию, и, соответственно, ухудшается обрабатываемость.

1.3 Классификация поверхностей детали

Для проведения классификации поверхностей обозначим каждую поверхность шкива двухступенчатого редуктора и представим это на рисунке 2.

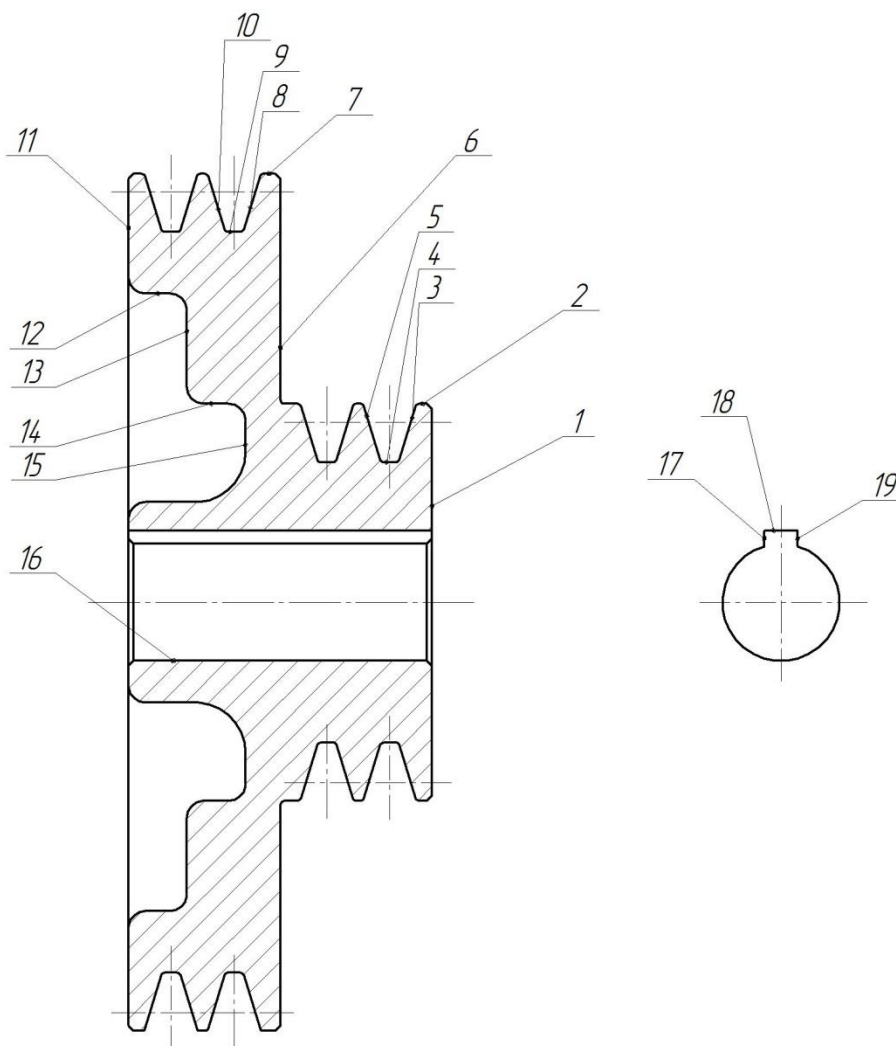


Рисунок 2 - Классификация поверхностей

Исполнительными поверхностями шкива двухступенчатого редуктора являются боковые поверхности пазов для расположения ремней 3, 5, 8 и 10, а также боковые поверхности шпоночного паза 17, 19.

Основными конструкторскими базами шкива двухступенчатого редуктора являются центральное отверстие 16 и торцовая поверхность 20.

Вспомогательной конструкторской базой шкива двухступенчатого редуктора является торцовая поверхность 1.

Остальные поверхности – свободные.

1.4 Анализ требований к поверхностям детали

Материалом шкива является серый чугун СЧ18 ГОСТ 1415-85 [7].

Этот материал содержит углерод (С) около 3,5%, кремний (Si) около 2%, марганец (Mn) около 1% и примеси.

Физико-механические свойства чугуна СЧ 18 представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Физико-механические свойства чугуна СЧ 18

σ_B , МПа	НВ	λ , Вт/(м град)	ρ , кг/м ³	$E \cdot 10^{-5}$, МПа
98	1145...165	40	40	1

«Современное машиностроение широко использует в качестве конструкционных материалов железоуглеродистые сплавы (стали и чугуны), причем более технологичным и дешевым литейным материалом является чугун. Значительное повышение свойств чугуна и получение чугунов с особыми свойствами обусловлены главным образом формой и распределением графита в структуре чугуна. Изменяя структуру чугунов за счет различного химического состава, условий кристаллизации и термической обработки, можно получить весьма широкий диапазон физических, механических и служебных свойств». [18]

«Особенностью серых чугунов, как машиностроительных материалов 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, в которых при растягивающей

нагрузке легко формируются очаги разрушения. В связи с этим временное сопротивление разрыву при растяжении серых чугунов в 2-4 раза ниже, чем предел прочности при сжатии: $\sigma_{\text{в}}$ не превышает 350 МПа. Влияние остроугольной формы полостей, в которых расположены пластины графита, на прочность чугунов значительно меньше проявляется при более «мягких» способах нагружения (изгиб, кручение)». [4]

Серый чугун имеет пластинчатую форму включений, что с технологической точки зрения является недостатком из-за зависимости фазового состава от скорости охлаждения при изготовлении. Это отражается в разнообразии механических свойств при различной толщине стенок заготовок. С уменьшением стенки заготовки процесс кристаллизации материала происходит быстрее, при этом уменьшаются размеры графитовых включений, увеличивается количество перлита, а это отражается на увеличении такого параметра, как временное сопротивление разрыву. При большой толщине стенки литых заготовок появляются более крупные графитовые включения, что снижает прочность заготовок.

«Чугун маркируют буквами «СЧ» и числом, равным минимальному временному сопротивлению при разрыве, уменьшенному в 10 раз (ГОСТ 1415-85): так, чугун марки СЧ20 имеет $\sigma_{\text{в}} = 200$ МПа. Применение серых чугунов определяется уровнем прочности. Прочность, а также предел выносливости возрастают с увеличением перлитной составляющей, что позволяет применять серые чугуны для особо ответственных деталей». [4]

Рассматривая технологичность шкива двухступенчатого редуктора можно сказать, что форма его довольно проста, отсутствуют труднодоступные места для измерения и обработки, деталь компактна. Имеется два весьма отличающихся наружных диаметра, но это обусловлено служебным назначением. Поэтому конструкцию детали будем считать довольно технологичной.

Далее перейдем к технологической части работы.

2 Технологическая часть

2.1 Определение типа производства

«Разрабатываемый технологический процесс и выбор оборудования для проектируемого машиностроительного производства во многом зависит от типа производства, которое бывает: единичное; серийное, которое подразделяется на мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное; массовое». [1]

«Тип производства характеризуют: широта номенклатуры (количество наименований выполняемых изделий); объем выпуска изделий; регулярность выпуска каждого изделия. В общем объеме мирового производства 75-80% занимает среднесерийное производство». [1]

Тип производства для изготовления шкива двухступенчатого редуктора выберем на основе двух параметров: масса шкива $m=13$ кг и годовая программа выпуска $N=5000$ штук. Исходя из этих данных [1], принимаем среднесерийный тип производства.

2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса

«Среднесерийное производство характеризуется изготовлением ограниченной номенклатуры продукциями партиями (сериями), повторяющимися через определенные промежутки времени. В зависимости от размера серии различают мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное производства. Особенности организации среднесерийного производства заключаются в том, удастся специализировать рабочие места для выполнения нескольких подобных технологических операций, наряду с универсальным применять специализированное оборудование и технологическую оснастку, широко применять труд рабочих средней

квалификации, эффективно использовать оборудование и производственные площади». [23]

2.3 Выбор метода получения заготовки

«При выборе вида заготовки (прокат, поковка, отливка, сварная конструкция) и метода ее изготовления необходимо стремиться к максимальному приближению ее формы и размеров к максимальному приближению ее формы и размеров к готовой детали. Часто вид заготовки задает конструктор. Всегда имеет несколько технически возможных вариантов (обычно два) метода ее получения. Их сравнение производится на основании укрупненных экономических расчетов. При этом возможны три случая расчета: - метод получения заготовки принимается аналогичным базовому варианту техпроцесса; - метод получения заготовки изменяется, но это не отражается в техпроцессе механической обработки; - метод получения заготовки изменяется и существенно меняется ряд операций механической обработки (объем последней уменьшается). В первом случае указывают ссылку на источник, во втором – сравнивают стоимость заготовки по вариантам. Третий случай самый распространенный и самый сложный, так как более точная заготовка является и более дорогой, поэтому необходимо снижать сумму затрат на заготовку и механическую обработку. Рекомендуется считать два варианта техпроцесса до конца и выбирать из них более экономичный». [19]

При проектировании техпроцесса изготовления шкива двухступенчатого редуктора заготовку наиболее экономически выгодно можно получить методами литья иковки. Масса заготовки-отливки $m = 19,5$ кг, масса заготовки, выполненной методомковки $m = 19,1$ 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 $C_K = 44,02; h_T = 1; h_C = 0,83; h_B = 0,91; h_M = 1,1; h_{II} = 1$. [23]

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

С учетом массы заготовки

$$C_{3AG} = 34,90 \cdot 19,5 = 680,55 \text{ руб.}$$

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 $C_K = 44,02; h_T = 1; h_C = 1,15; h_B = 0,89; h_M = 1; h_{II} = 1$. [23]

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

С учетом массы заготовки

$$C_{3AG} = 45,05 \cdot 19,1 = 860,46 \text{ руб.}$$

Заготовка из литья по себестоимости выгоднее заготовки, полученной методомковки, поэтому принимаем заготовительный метод – литье.

Определим коэффициент использования материала

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

$$K_{ИМ} = \frac{m_D}{m_3} = \frac{13,0}{19,5} = 0,67.$$

Чертеж заготовки представлен в графической части.

2.4 Выбор методов обработки

«На каждом этапе выбор методов обработки обусловлен видом поверхности (цилиндр, плоскость и другие), ее положением (наружная или

внутренняя) и состоянием поверхности (кавалитет, Ra, мкм), достигаемом на этом этапе. Назначение того или иного метода обработки на конкретном этапе обработки зависит от экономической точности, который обеспечивает метод обработки. Например, при обработке наружных цилиндрических и торцовых поверхностей, точение предварительное (черновое) обеспечивает 12-14 квалитеты, а шлифование предварительное – 9-8 квалитеты. «При выборе методов обработки необходимо учитывать производственную среду, то есть возможности имеющегося оборудования». [24]

В связи с заданными квалитетом точности (IT14), формы и шероховатости (Ra=5,0) поверхностей 1, 4, 6, 9, 11, обозначенным на чертеже шкива двухступенчатого редуктора, примем следующие методы для обработки этих поверхностей: черновое и чистовое точение.

В связи с заданными квалитетом точности (IT11), формы и шероховатости (Ra=5,0) поверхностей 2, 7, обозначенным на чертеже шкива двухступенчатого редуктора, примем следующие методы для обработки этих поверхностей: черновое и чистовое точение.

В связи с заданными квалитетом точности (IT9), формы и шероховатости (Ra=1,25) поверхностей 3, 5, 8, 10, обозначенным на чертеже шкива двухступенчатого редуктора, примем следующие методы для обработки этих поверхностей: черновое и чистовое точение, шлифование черновое.

Поверхности 12-15 шкива двухступенчатого редуктора механической обработки не требуют. Их качество достигается на заготовительной операции.

В связи с заданными квалитетом точности (IT7), формы и шероховатости (Ra=1,25) поверхности 16, обозначенным на чертеже шкива двухступенчатого редуктора, примем следующие методы для обработки этой поверхности: черновое и чистовое точение, шлифование черновое и чистовое.

В связи с заданными качеством точности (IT9), формы и шероховатости ($Ra=2,5$) поверхностей 17, 19, обозначенным на чертеже шкива двухступенчатого редуктора, примем следующие методы для обработки этих поверхностей: протягивание.

В связи с заданными качеством точности (IT13), формы и шероховатости ($Ra=5,0$) поверхности 18, обозначенным на чертеже шкива двухступенчатого редуктора, примем следующие методы для обработки этой поверхности: протягивание.

2.5 Определение припусков

«Припуск – слой материала, удаляемый с поверхности заготовки, в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности. Припуск на обработку поверхности детали может быть назначен по соответствующим справочным таблицам, ГОСТам или на основе расчетно-аналитического метода определения припусков. ГОСТы и таблицы позволяют назначать припуски независимо от технологического процесса изготовления детали и условий его осуществления и поэтому в общем случае являются завышенными, содержат резервы снижения расхода материала и трудоемкости изготовления детали». [24]

«Расчетно-аналитический метод определения припусков базируется на основе факторов, влияющих на припуски предшествующего и выполняемого перехода технологического процесса обработки поверхности. Значение припуска определяют методом дифференцированного расчета по элементам, составляющим припуск. Расчетно-аналитический метод предусматривает расчет припусков по всем последовательно выполняемым технологическим переходам обработки данной поверхности детали (промежуточные припуски), их суммирование для определения общего припуска на обработку поверхности и расчет промежуточных размеров, определяющих положение поверхности, и размеров заготовки». [14]

Рассчитаем припуски на обработку поверхности 16 с параметрами качества $\varnothing 35H7(^{+0,025})$ мм, $L = 88$ мм, $Ra = 1,25$ мкм.

Найдем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей (мм)

$$\Delta = 0,25 \cdot TD. \quad [2] \quad (4)$$

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 1,8 = 0,450.$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,100 = 0,025.$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,039 = 0,010.$$

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

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,025 = 0,006.$$

Вычислим максимальное и минимальное значение припуска (мм)

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{i-1})^2 + \varepsilon_i^2}. \quad [2] \quad (5)$$

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(TD_{i-1} + TD_i). \quad [2] \quad (6)$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,450^2 + 0,025^2} = 0,851.$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{(\Delta_1)^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,025^2 + 0} = 0,225.$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{TO})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,016^2 + 0^2} = 0,116.$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(TD_0 + TD_1) = 0,851 + 0,5(1,800 + 0,100) = 2,751.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(TD_1 + TD_2) = 0,225 + 0,5(0,100 + 0,039) = 0,295.$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(TD_{TO} + TD_3) = 0,116 + 0,5(0,062 + 0,025) = 0,160.$$

Определим значения размеров на каждом переходе (мм)

$$D_{3\min} = 35,000.$$

$$D_{3\max} = 35,025.$$

$$D_{TO\min} = D_{3\min} - 2 \cdot Z_{3\min} = 35,000 - 2 \cdot 0,116 = 34,768.$$

$$D_{TO\max} = D_{TO\max} - TD_{TO} = 34,768 - 0,062 = 34,706.$$

$$D_{2\max} = d_{TO\min} \cdot 0,999 = 34,706 \cdot 0,999 = 34,671.$$

$$D_{2\min} = D_{2\max} - TD_2 = 34,671 - 0,039 = 34,632.$$

$$D_{1\min} = D_{2\max} - 2 \cdot Z_{2\min} = 34,632 - 2 \cdot 0,225 = 34,182.$$

$$D_{1\max} = D_{1\min} + TD_1 = 34,182 - 0,100 = 34,082.$$

$$D_{0\min} = D_{1\max} - 2 \cdot Z_{1\min} = 34,082 - 2 \cdot 0,851 = 32,380.$$

$$D_{0\max} = D_{0\min} - TD_0 = 32,380 - 1,8 = 30,580.$$

Определим средние значения размеров на каждом переходе (мм)

$$D_{cpi} = 0,5(D_{i\max} + D_{i\min}). \quad (7)$$

$$D_{cp0} = 0,5(D_{0\max} + D_{0\min}) = 0,5(30,582 + 32,380) = 31,480.$$

$$D_{cp1} = 0,5(D_{1\max} + D_{1\min}) = 0,5(34,082 + 34,182) = 34,132.$$

$$D_{cp2} = 0,5(D_{2\max} + D_{2\min}) = 0,5(34,632 + 34,671) = 34,652.$$

$$D_{cpTO} = 0,5(D_{TO\max} + d_{TO\min}) = 0,5(34,706 + 34,768) = 34,737.$$

$$D_{cp3} = 0,5(D_{3\max} + D_{3\min}) = 0,5(35,025 + 35,000) = 35,013.$$

Определим общий припуск на обработку (мм)

$$2Z_{\min} = D_{4\min} - D_{0\max}. \quad (8)$$

$$2Z_{\min} = 35,000 - 32,380 = 2,620.$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + TD_0 + TD_4. \quad (9)$$

$$2Z_{\max} = 2,620 + 1,800 + 0,025 = 4,445.$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2Z_{\min} + 2Z_{\max}). \quad (10)$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2,620 + 4,445) = 3,533.$$

Полученные значения припусков будем использовать при проектировании технологических операций обработки шкива двухступенчатого редуктора

2.6 Определение режимов резания

«Режимы резания являются основой любого технологического процесса, и их назначение служит одним из главных условий создания эффективных и ресурсосберегающих технологий машиностроительного и приборостроительного производства. Именно поэтому в курсовом и дипломном проектировании по специальности «Технология машиностроения» расчёт и выбор режимов резания деталей занимает значительное место по объёму и трудоёмкости». [16]

«Как известно, к элементам режимов резания относят глубину резания, подачу, скорость и силу резания, необходимые для выполнения рабочего перехода технологической операции механической обработки детали. Назначение режимов резания может быть выполнено двумя способами: – расчётно-аналитическим, при котором режимы резания подсчитывают по эмпирическим (полученным опытным путём) формулам теории резания; – статистическим, при котором режимы резания назначают по справочным таблицам общемашиностроительных нормативов режимов резания». [16]

«Независимо от выбранного способа, параметры режимов резания назначают таким образом, чтобы достичь наибольшей производительности труда при наименьшей себестоимости данной технологической операции. Эти условия удаётся выполнить при работе инструментом рациональной конструкции, с экономически целесообразной геометрией его режущей части, с максимальным использованием всех эксплуатационных возможностей станка». [16]

2.6.1 Определение режимов резания на операцию 020.

Переход 1.

Глубина резания $t = 0,3$. [20]

Подача $S = 0,3$. [20]

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (11)$$

где $K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 150$. [20]

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

Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D}. \quad (12)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 150}{3,14 \cdot 257} = 185,9 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 160 \text{ мин}^{-1}.$$

Фактическое значение скорости

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}. \quad (13)$$

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 257 \cdot 160}{1000} = 129,1 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n. \quad (14)$$

$$S = 0,3 \cdot 160 = 48 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S}. \quad (15)$$

$$T_0 = \frac{155}{48} = 3,23 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Глубина резания $t = 0,3$. [20]

Подача $S = 0,3$. [20]

Скорость резания

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

где $K_1 = 1,0; K_2 = 0,5; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 150$. [20]

$$V = 150 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 75, \text{ м/мин.}$$

Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 75}{3,14 \cdot 257} = 93 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 80 \text{ мин}^{-1}.$$

Фактическое значение скорости

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 257 \cdot 80}{1000} = 64,6 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 80 = 24 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{26 \cdot 4}{24} = 4,33 \text{ мин.}$$

2.6.2 Определение режимов обработки на операцию 025.

Осевая сила резания

$$P = q_0 \cdot \sum l_p \cdot k_p, \quad (16)$$

где $q_0 = 72 \text{ Н/мм. [20]}$

$$\sum l_p = \frac{\pi \cdot D \cdot Z_p}{Z_c}, \quad (17)$$

где $D = 24,9 \text{ мм.}$

$$Z_p = \frac{l}{t+1}. \quad (18)$$

$$Z_p = \frac{60}{10} = 6.$$

$$\sum l_p = \frac{3,14 \cdot 24,9 \cdot 6}{2} = 235, \text{ мм.}$$

Осевая сила резания

$$P = 7,2 \cdot 235 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1692, \text{ кгс.}$$

$$P = 9,81 \cdot 1692 = 16599, \text{ Н.}$$

Скорость резания

$$V = 8 \text{ м/мин. [20]}$$

Скорость резания, допускаемую мощностью электродвигателя станка

$$V_{\text{дон}} = \frac{60 \cdot 102 \cdot N_{\text{Д}} \cdot \eta}{P} \quad (19)$$

$$V_{\text{дон}} = \frac{60 \cdot 102 \cdot 11 \cdot 0.85}{1692} = 34, \text{ м/мин.}$$

$V_{\text{дон}} > V$, значит, обработка возможна.

Операционное время

$$T_0 = \frac{L}{1000V} = \frac{80}{1000 \cdot 8} = 0,01 \text{ мин.}$$

Найденные значения режимов резания технологического процесса изготовления шкива двухступенчатого редуктора укажем на картах технологических наладок, представленные в графической части работы, а также в технологических картах, представленных в приложении А.

В технологических картах находится подробная информация по каждой операции технологического процесса изготовления шкива двухступенчатого редуктора, указано технологическое оборудование, применяемое на каждой операции, режущий и мерительный инструменты.

3 Проектирование приспособления

3.1 Общие сведения

«Приспособлениями называются вспомогательные сменные устройства, устанавливаемые на станках и предназначенные для установки и закрепления деталей. Для токарной обработки применяют такие типы приспособлений как: токарные патроны, центры, хомутики, поводковые патроны, люнеты. Токарными патронами называются приспособления, применяемые для установки заготовки по наружной или внутренней поверхности. Токарные патроны классифицируют по следующим признакам: способу центрирования, количеству кулачков, виду привода. По способу центрирования различают два типа токарных патронов: самоцентрирующие и несамоцентрирующие. В самоцентрирующих патронах перемещение кулачков происходит одновременно и с одинаковой скоростью. Ось цилиндрической поверхности детали, закрепляемой в патроне, совпадает с осью вращения шпинделя станка. В несамоцентрирующих патронах кулачки перемещаются независимо друг от друга, что позволяет закреплять и обрабатывать валы с эксцентриситетом (разностью центровых линий различных шеек валов)». [17]

«Двухкулачковые токарные патроны применяются для закрепления фасонных отливок и поковок. Трехкулачковые токарные патроны имеют три кулачка, расположенные под углом 120° друг к другу. Трехкулачковые токарные патроны могут быть только самоцентрирующими. Такие патроны имеют два комплекта кулачков. Один используется для закрепления детали за ее наружную поверхность, а другой – за внутреннюю. Трехкулачковые патроны применяются для установки и закрепления прутка круглого и шестигранного сечения и заготовок типа тел вращения». [17]

3.2 Исходные данные

На токарной операции 020 обрабатывают наружные поверхности шкива двухступенчатого редуктора, как показано на рисунке 3.

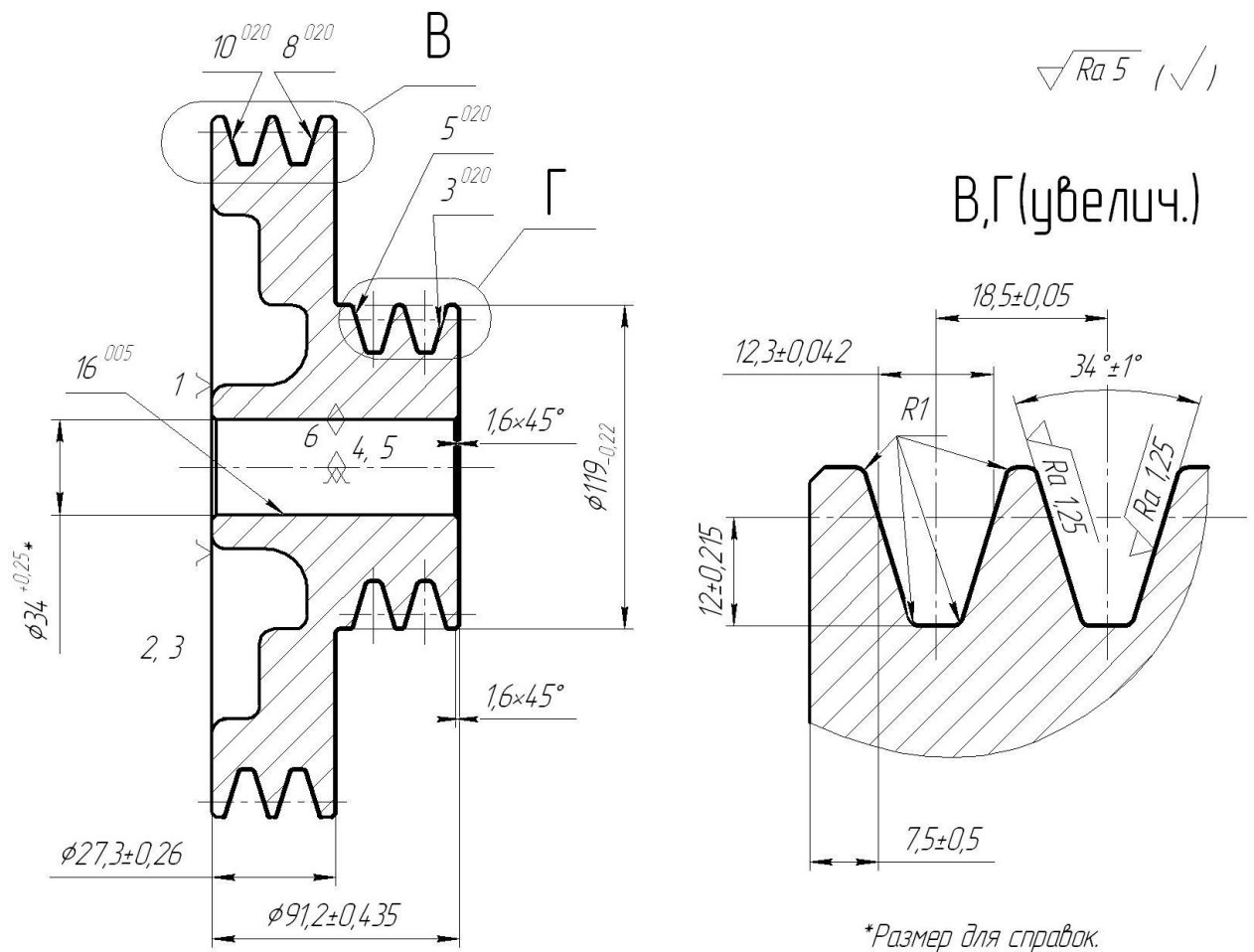


Рисунок 3 - Схема операции 020

Так как обрабатываются наружные поверхности шкива, то зажим заготовки необходимо выполнять по центральному внутреннему отверстию.

3.3 Силовой расчет

Определим силы резания, воздействующие на заготовку, в результате токарной обработки

$$P_{y,z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (20)$$

где для P_Y : $C_p = 243; x = 0,9; y = 0,6; n = -0,3$; [29]

для P_Z : $C_p = 300; x = 1,0; y = 0,75; n = -0,15$; [29]

При следующих параметрах резца

$$\varphi = 60^0; K_{ypz} = 0,94; K_{ypy} = 0,8; \gamma = -3^0;$$

$$K_{npz} = 1,05; K_{npy} = 1,5; \lambda = +0,5^0; K_{npz} = 1,03; K_{npy} = 1,15$$

$$K_{pz} = K_{mp} \cdot K_{ypz} \cdot K_{npz} \cdot K_{npy} \quad (21)$$

$$K_{pz} = K_{mp} \cdot K_{ypz} \cdot K_{npz} \cdot K_{npy} = 0,960 \cdot 0,94 \cdot 1,05 \cdot 1,03 = 0,9759$$

$$K_{py} = K_{mp} \cdot K_{ypy} \cdot K_{npy} \cdot K_{npy} = 0,960 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \cdot 1,15 = 1,3248$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 129,1^{-0,15} \cdot 0,9759 = 171,73, \text{ Н.}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,3^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 129,1^{-0,3} \cdot 1,3248 = 123,07, \text{ Н.}$$

Схема закрепления заготовки-шкива в проектируемом приспособлении, которым является токарный патрон, представлена на рисунке 4.

Вычислим крутящий момент

$$M_p = \frac{P_z \cdot d_1}{2} \quad (22)$$

$$M_p = \frac{171,73 \cdot 34}{2} = 2919, \text{ Н.}$$

Момент от силы зажима вычисляется по формуле

$$M_3 = \frac{W \cdot f \cdot d_2}{2} \quad (23)$$

Так как предыдущие моменты должны уравновешивать друг друга, то

$$W = \frac{2 \cdot K \cdot M_p}{f \cdot d_2} = \frac{2 \cdot K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} \quad (24)$$

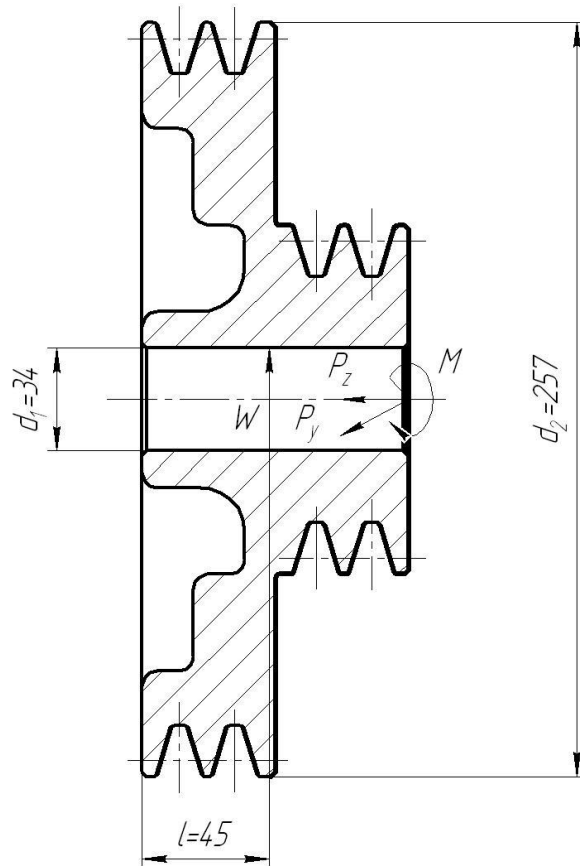


Рисунок 4 - Схема действия сил

Еще найдем коэффициент запаса для надежности фиксации заготовки в патроне

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (25)$$

где $K_0 = 1,8; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; K_5 = 1,0; K_6 = 1,0$. [29]

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

Коэффициент трения $f = 0,3$. [29]

Проведя математические преобразования, получим

$$W = \frac{2 \cdot K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} \quad (26)$$

$$W = \frac{2 \cdot 171,73 \cdot 34}{0,3 \cdot 257} = 136,3, \text{ Н.}$$

Усилия, прикладываемые к кулачкам

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left(\frac{3\ell_k}{M_k} \cdot f_1 \right)} \quad (27)$$

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left(\frac{3\ell_k}{M_k} \cdot f_1 \right)} = \frac{136,3}{1 - \left(\frac{3 \cdot 12,5}{25} \cdot 0,1 \right)} = 160,4, \text{ Н.}$$

Вычислим усилие на приводе, усиливаемое зажимным механизмом и прикладывается к рабочему кулачку

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

Рассчитаем величину характеристики конструкции

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

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

$$Q = \frac{6222}{2,1} = 2963, \text{ Н.}$$

Чертеж спроектированного токарного патрона для обработки шкива двухступенчатого редуктора представлен в графической части работы.

4 Проектирование режущего инструмента

4.1 Общие сведения

«Протягивание представляет собой высокопроизводительный процесс, обеспечивающий точность обработки до шестого качества и шероховатость получаемой поверхности до Ra 0,32 мкм. С помощью протяжного инструмента можно обрабатывать как внутренние, так и наружные поверхности. Использование комплекта протяжек позволяет удалять большие припуски. К достоинствам протягивания также следует отнести возможность совмещения черновой и чистовой обработки в пределах одного рабочего хода инструмента, легкость получения поверхности со сложным контуром, простоту конструкции протяжных станков, что связано с необходимостью осуществления только одного движения резания, отсутствие высоких требований к квалификации операторов, работающих на протяжных станках». [29]

«Эффективность процесса протягивания обусловлена принципом работы и конструкцией инструмента, в своей основе отличающихся от других металлорежущих инструментов. При протягивании съём материала осуществляется перемещением ряда последовательно расположенных зубьев, последующие из которых имеют превышение над предыдущими, что заменяет движение подачи, необходимое при других видах обработки. Трансформация производящего контура зубьев обеспечивает превращение исходной поверхности в требуемую. Как следствие скорость образования новой поверхности определяется не скоростью движения подачи, а скоростью главного движения. Поэтому, не смотря на то, что для протяжек основным материалом являются инструментальные стали и преобладающие значения скорости резания находятся в пределах 2...10 м/мин, производительность протягивания оказывается на порядок выше, чем других методов обработки металлов резанием». [29]

Протяжка является сложнопрофильным дорогостоящим режущим инструментом, к которому предъявляются высокие требования по точности и качеству изготовления. Этот инструмент является специальным, применение которого возможно в очень узком диапазоне. Фактически применение одной протяжки возможно при изготовлении только одной позиции (детали) на машиностроительном производстве. В редких случаях протяжки можно использовать для изготовления нескольких производственных позиций. В условиях крупносерийного и массового производства эти недостатки с лихвой компенсируются высокой производительностью протяжного инструмента, причем это относится как к внутреннему, так и к наружному протягиванию.

В связи с унификацией размеров на большинстве машиностроительных предприятий обработка протягиванием нашла применение и в условиях мелкосерийного, а также единичного производства. [8]

«Протяжки являются сугубо специальным инструментом, как правило, ориентированным на обработку одной детали и редко узкой группы деталей, имеющих идентичные поверхности, которые могут быть получены протягиванием. Однако эти недостатки в условиях крупносерийного и массового производства полностью компенсируются достоинствами протяжного инструмента, и определяет масштабное применение как внутреннего, так и наружного протягивания. Более того, проведение унификации размеров, разрешенных на данном предприятии для применения для конструкторской разработке тех или иных машин (шпоночные пазы, шлицевые отверстия) позволяет применять протягивание в условиях мелкосерийного и даже единичного производства. В итоге, появившись в начале прошлого века, протяжной инструмент занял заметное место в металлообработке. С его помощью выполняют цилиндрические отверстия диаметром от трех до четырехсот миллиметров, шлицевые отверстия диаметром до 320 мм, шпоночные пазы шириной до 100 мм. До 40%

шлицевых отверстий, до 32% круглых отверстий и до 24% шпоночных пазов получают протягиванием». [29]

4.2 Исходные данные

В нашем случае для операции 025 Протяжной необходимо спроектировать круглую протяжку для обработки круглого отверстия $\varnothing 34,8^{+0,039}$ (рисунок 5).

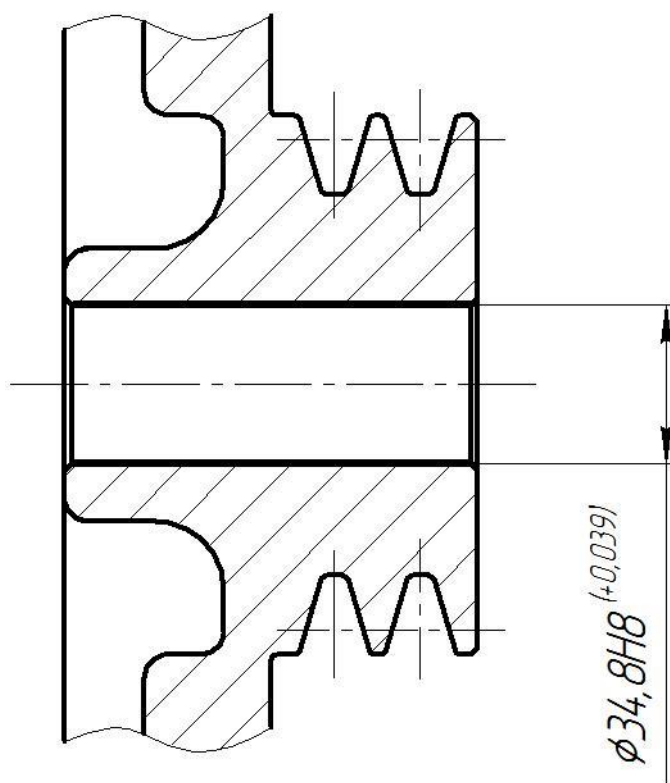


Рисунок 5 – Схема операции 025

Размер отверстия до обработки $D_0 = 33,8H9^{(+0,062)}$ мм.

Размер отверстия после обработки $D = 34,8H8^{(+0,039)}$ мм.

Длина отверстия $L_0 = 78,8$ мм.

Обработка ведется на горизонтально-протяжном станке с базированием заготовки на специальном приспособлении, имеющим сферическую опору. Таким образом, заготовка сама центрируется.

4.3 Проектирование протяжки

Принимаем задний угол режущих зубьев $\alpha_{r0} = 3^\circ$; передний угол $\gamma_{r0} = 8^\circ$. [21]

Вычислим припуск под протягивание A (мм)

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

$$D_{\max} = D + \frac{1}{2} IT. \quad (31)$$

$$D_{\max} = 34,8 + \frac{1}{2} 0,039 = 34,820, \text{ мм.}$$

$$A = \frac{D_{\max} - D_0}{2} = \frac{34,820 - 33,8}{2} = 0,510.$$

Определим шаг режущих зубьев по формуле

$$t = (1,25 \dots 1,5) \sqrt{L_0}. \quad (32)$$

$$\text{Тогда } t = 1,3 \sqrt{78,8} = 11,54, \text{ мм.}$$

Принимаем $t = 12$ мм.

По величине t назначаем размеры стружечной канавки

$$h = 3; c = 4; r = 1,5; R = 8; F_K = 7,07 \text{ (рисунок 6).}$$

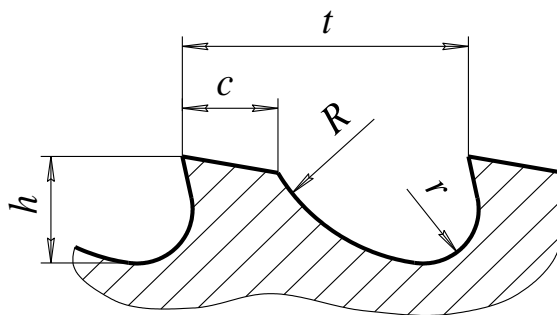


Рисунок 6 - Стружечная канавка

Найдем толщину среза (мм)

$$a_z = \frac{F_k}{KL_0}, \quad (33)$$

где $K = 2$. [25]

$$a_z = \frac{7,07}{2 \cdot 78,8} = 0,045.$$

Вычислим силу, приходящуюся на 1 мм длины обрабатываемого контура

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

где $C_p = 2,6$. [25]

$$K_\gamma = \frac{90 - \gamma}{75}. \quad (35)$$

$$K_\gamma = \frac{90 - 8}{75} = 1,09.$$

$$P_z = 4,3 \cdot 250 \cdot 0,045^{0,85} \cdot 1,09 = 83,96, \text{ Н.}$$

Вычислим усилие протягивания

$$P_T = \pi \cdot P_z \cdot D \cdot q. \quad (36)$$

$$P_T = 3,14 \cdot 83,96 \cdot 35 \cdot 7 = 64590 \text{ Н.}$$

Вычислим напряжение в канавке перед первым зубом

$$\sigma_1 = \frac{4P_T}{\pi(D_0 - 2h)^2}. \quad (37)$$

$$\sigma_1 = \frac{4 \cdot 64590}{3,14(34 - 2 \cdot 3)^2} = 104,9, \text{ МПа.}$$

Вычислим число черновых зубьев

$$z = \frac{A - a'_z z'}{a_z} + 1. \quad (38)$$

$$z = \frac{0,510 - 0,015 \cdot 1}{0,045} + 1 = 12.$$

На чистовом зубе толщина среза равна $a'_z = 0,015$, а количество чистовых зубьев $z' = 1$.

Вычислим номинальные диаметры черновых режущих зубьев (мм)

$$D_i = D_0 + 2a_z(i - 1). \quad (39)$$

$$D_1 = 33,8 + 2 \cdot 0,045(1 - 1) = 33,800.$$

$$D_2 = 33,8 + 2 \cdot 0,045(2 - 1) = 33,890.$$

$$D_3 = 33,8 + 2 \cdot 0,045(3 - 1) = 33,980.$$

$$D_4 = 33,8 + 2 \cdot 0,045(4 - 1) = 34,070.$$

$$D_5 = 33,8 + 2 \cdot 0,045(5 - 1) = 34,160.$$

$$D_6 = 33,8 + 2 \cdot 0,045(6 - 1) = 34,250.$$

$$D_7 = 33,8 + 2 \cdot 0,045(7 - 1) = 34,340.$$

$$D_8 = 33,8 + 2 \cdot 0,045(8 - 1) = 34,430.$$

$$D_9 = 33,8 + 2 \cdot 0,045(9 - 1) = 34,520.$$

$$D_{10} = 33,8 + 2 \cdot 0,045(10 - 1) = 34,610.$$

$$D_{11} = 33,8 + 2 \cdot 0,045(11 - 1) = 34,700.$$

$$D_{12} = 33,8 + 2 \cdot 0,045(12 - 1) = 34,790.$$

Для чистовых зубьев

$$D_{qj} = D_z + 2 \cdot a_z' \cdot j. \quad (40)$$

$$D_{q1} = 34,790 + 2 \cdot 0,015 \cdot 1 = 34,820.$$

Принимаем количество калибрующих зубьев

$$z_k = 7.$$

Требования к протяжке:

- изготовленная протяжка должна обеспечивать все требования к детали, представленные на чертеже;
- применение протяжной операции должно быть экономически обосновано;
- протяжка по конструкции должна быть технологичной, а ее изготовление должно быть возможным в условиях данного предприятия или целесообразным в условиях другого предприятия.

Протяжка для обработки внутренних отверстий состоит из четырех основных частей: хвостовик, шейка, передняя направляющая, режущая и калибрующая части и задняя направляющая.

Чертеж протяжки представлен в графической части работы.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

В данной работе мы проектируем технологический процесс изготовления шкива двухступенчатого редуктора. Участок механической обработки содержит несколько рабочих мест, на которых проводятся следующие технологические операции: четыре токарных операции, проводимые на токарных станках с ЧПУ SAMAT-400XC, две протяжные операции, проводимые на горизонтально-протяжных станках 7512, внутришлифовальная операция, проводимая на внутришлифовальном станке с ЧПУ 3M225BФ2, круглошлифовальная операция, проводимая на круглошлифовальном станке с ЧПУ 3M151Ф2, моечная и контрольная операции.

За базовый вариант техпроцесса был взят типовой техпроцесс обработки шкива. В этом техпроцессе были модернизированы две операции, а именно 020 Токарная чистовая операция, выполняемая на токарном станке с ЧПУ SAMAT-400XC, а также 025 Протяжная операция, выполняемая на горизонтально-протяжном станке 7512. В этом разделе будем анализировать безопасность и экологичность рабочих мест относительно этих двух операций.

«Опасные и вредные производственные факторы подразделяются по природе действия на следующие группы: физические, химические, биологические, психофизиологические». [27]

При обработке материалов резанием в результате трения происходит нагрев компонентов, которые участвуют в процессе, а именно режущего инструмента, обрабатываемой заготовки и продуктов отхода, которым является снимаемая стружка. Степень нагрева зависит от скорости резания, с которой ведется механическая обработка. Для снижения нагрева этих компонентов в зону резания подается смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ) под давлением из сопла.

На токарной чистовой операции оператор станка с ЧПУ SAMAT-400XC, который показан на рисунке 7, перед началом обработки устанавливает заготовку, открыв эту зону путем сдвижения кожуха влево. После установки в приспособление заготовки оператор должен закрыть защитный кожух, сдвинув его вправо и далее запустить обработку по заранее разработанной программе.



Рисунок 7 – Токарный станок SAMAT-400XC

В работе спроектирован механизированный токарный патрон, поэтому оператору не нужно закреплять заготовку вручную. Это исключает некоторые опасные и вредные факторы на данном рабочем месте. После отработки всех движений, прописанных в программе для станка с ЧПУ все режущие инструменты отводятся. После этого оператор станка отодвигает защитный кожух, включает привод для разжима заготовки и снимает ее со станка. При снятии обработанной заготовки оператор станка должен

находиться в защитных перчатках ГОСТ 12.4.252-2013 [5], чтобы нагретая заготовка не повредила кожу рук оператора своей высокой температурой.

Снижению разогрева компонентов, участвующих в обработке, способствует подача в зону обработки смазочно-охлаждающих жидкостей. Испарения этих жидкостей тоже могут негативно повлиять на окружающую среду рабочего места оператора токарного станка. В связи с этим отделом охраны труда предприятия обязательно контролируется качество внутрицехового воздуха. В цехе имеется централизованная система вентиляции воздуха ГОСТ 22270-2018 [10], которая выводит из цеха нежелательные газообразные элементы. И, если возникает необходимость, то оператор станка должен находиться на рабочем месте в респираторе ГОСТ 12.4.296-2015 [6]. Эти мероприятия устранят проблемы возникновения заболевания органов дыхания у операторов станков.

Еще одним опасным фактором является то, что оператору токарного станка SAMAT-400XC периодически необходимо убирать из накопителя станка стружку. Это необходимо делать не после каждой операции обработки, а по мере накопления определенного количества этой стружки. Во избежание ожогов это выполняется специальным крючком для сбора стружки ГОСТ EN 12840-2011 [11] или щеткой-сметкой.

«Удаление стружки с поверхности станка вручную должно производиться щетками-сметками и крючками. Запрещается удалять стружку непосредственно руками или инструментом. Специальные крючки должны быть без проушин и иметь гладкие рукоятки с защитными чашечками (экранами). Удаление стружки разрешается проводить только на остановленном оборудовании и в защитных очках ГОСТ Р 12.4.013-97». [22]

Оператор в строго отведенное время перемещает стружку в специальный контейнер, а далее цеховым транспортом общая цеховая стружка отвозится на утилизацию или переработку.

Горизонтально-протяжной станок 7512, представленный на рисунке 8, в отличие от токарного станка SAMAT-400XC, не имеет защитного кожуха,

который бы закрывал зону обработки от вылета образовавшейся стружки, от действия высоких температур, возникающих при резании и так далее.



Рисунок 8 – Горизонтально-протяжной станок 7512

Станочнику, выполняющему работы на горизонтально-протяжном станке 7512, для защиты органов зрения от попадания стружки, образующейся при резании, необходимо перед началом работ надеть защитные очки ГОСТ Р 12.4.013-97 [12].

Важно на предприятии иметь противопожарную систему ГОСТ Р 59638-2021 [13] для исключения возникновения пожаров.

«Системы пожарной сигнализации предназначены для обнаружения пожара, формирования, обработки, регистрации и передачи в заданном виде сигналов о пожаре, режимах работы системы, другой информации и выдачи сигналов на управление техническими средствами противопожарной защиты, технологическим и другим оборудованием. Системы пожарной сигнализации являются одним из наиболее эффективных средств защиты людей и сохранения материальных ценностей от пожара». [13]

На участке механической обработки шкива двухступенчатого редуктора необходимо иметь такую систему для своевременного

реагирования и обеспечения безопасности на машиностроительном предприятии.

«Общие требования пожарной безопасности присуще всем технологиям, регламентируются [28] и включают следующее: технологическое оборудование при нормальных режимах работы должно быть пожаробезопасным, а на случай опасных неисправностей и аварий необходимо предусматривать защитные меры, ограничивающие ущерб от пожара; оборудование должно устанавливаться и использоваться в соответствии с требованиями норм и правил пожарной безопасности, стандартов, технических условий и технологической схемой; Температура на наружной поверхности установок должна быть не более 80% температуры самовоспламенения веществ, обращающихся в технологическом процессе».

[13]

В данном разделе нами проанализированы опасные и вредные производственные факторы, которые могут возникать при работе на токарном и горизонтально-протяжном станках при изготовлении шкива двухступенчатого редуктора. Предложены меры по их уменьшению или исключению. Также в разделе сделаны предложения по снижению рисков возникновения пожара на машиностроительном предприятии.

6 Экономическая эффективность работы

Любое техническое решение предполагает экономическое обоснование предложенных совершенствований. В этом и заключается основная задача данного раздела бакалаврской работы.

Подробное описание производимого изделия, его технологического процесса, применяемой оснастки и инструмента, а также трудоемкость операций, представлены в предыдущих разделах бакалаврской работы. Но для выполнения основной задачи данного раздела, наибольший интерес представляют только предложенные изменения в технологический процесс.

Предложенные изменения технологического процесса и результаты представлены на рисунке 9.

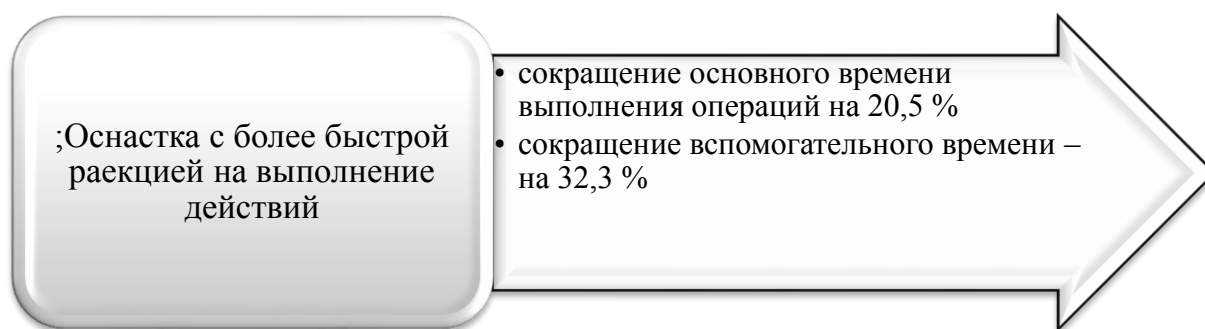


Рисунок 9 – Основные изменения технологического процесса и их технические результаты

Основываясь на технических результатах, представленных на рисунке 9, можно сделать предварительный вывод об эффективности предложенных совершенствований. Однако, для получения действительного подтверждения эффективности предложенных совершенствований, необходимо провести комплекс экономических расчетов. Этот комплекс, укрупнено, можно разделить на несколько этапов. Последовательность и название этапов, а также проводимые расчеты для их выполнения представлены на рисунке 10.

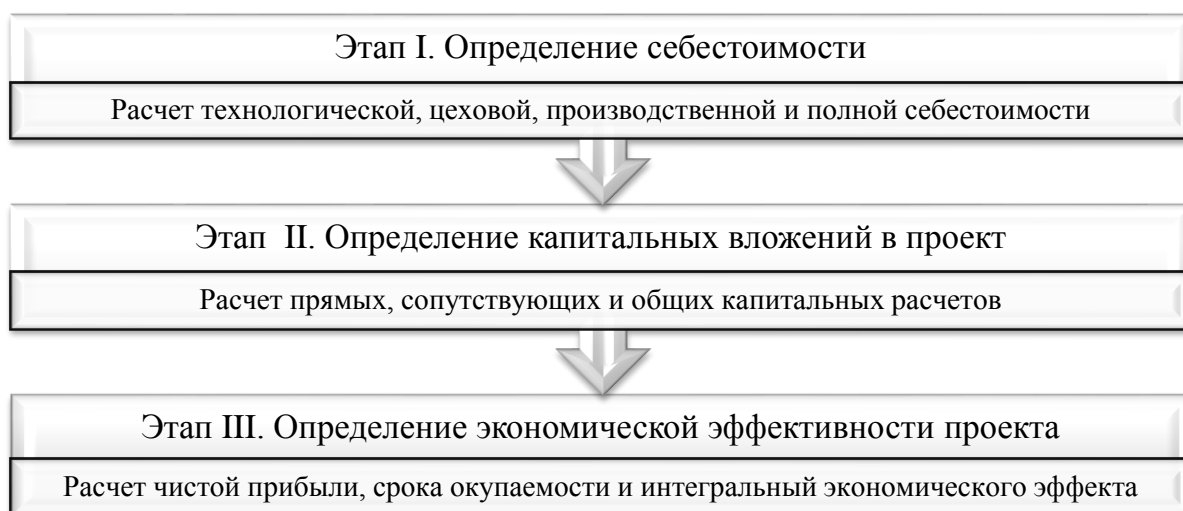


Рисунок 10 – Последовательность выполнения этапов экономических расчетов определению эффективности проекта

Представленные на рисунке 10 расчеты и методики для их проведения [15] позволят получить результаты и сделать итоговые выводы по эффективности предложенных мероприятий. Для упрощения выполнения перечисленных расчетов дополнительно используется программное обеспечение Microsoft Excel.

Результаты расчетов по определению себестоимости изготовления шкива двух сравниваемых вариантов представлены на рисунке 11.

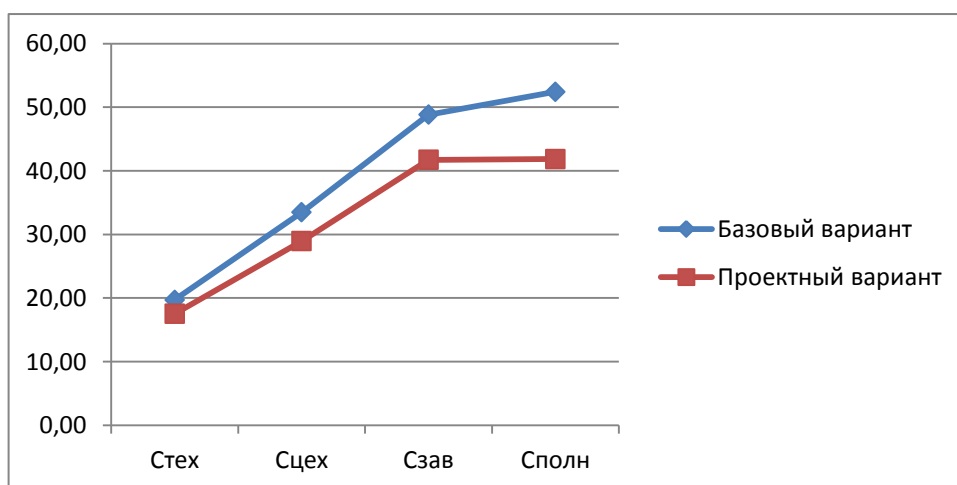


Рисунок 11 – Результаты расчетов по определению себестоимости

На рисунке 11 видно, что технологическая ($C_{ТЕХ}$), цеховая ($C_{ЦЕХ}$), производственная ($C_{ЗАВ}$) и полная ($C_{ПОЛН}$) себестоимости, по сравниваемым вариантам, в проектном варианте имеют меньшие значения. Это показывает снижение итоговых расходов на производство шкива после предложенных совершенствований на 18,8 %.

Результаты расчетов по определению капитальных вложений в совершенствованный технологический процесс, представлены на рисунке 12.

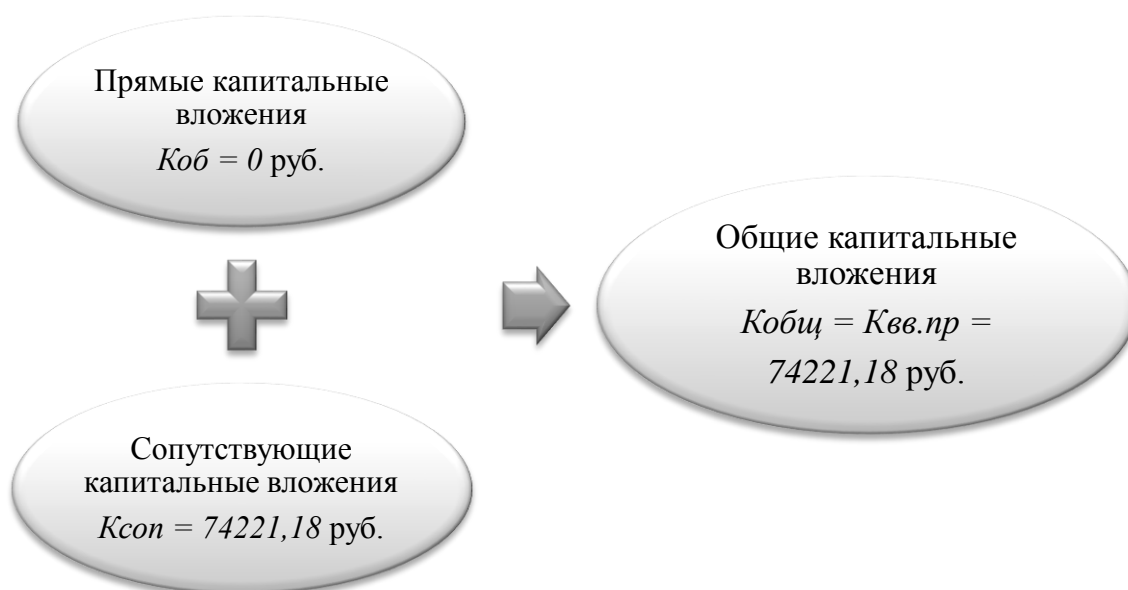


Рисунок 12 – Результаты расчетов по определению капитальных вложений

Из рисунка 12 видно, что совершенствование технологического процесса не предполагает затраты в основное оборудование ($K_{ОБ}$), т.к. оно не меняется. Основные затраты приходятся на сопутствующие капитальные вложения ($K_{СОП}$), которые учитывают такие затраты как:

- затраты на проектирование – $Z_{ПР} = 66428,76$ руб.;
- затраты на оснастку – $K_{ПР} = 2195,6$ руб.;
- затраты на инструмент – $K_{И} = 5542,75$ руб.;
- оборотные средства в незавершенном производстве – $НЗП = 54,07$ руб.

Поэтому в предложенном проекте общие капитальные вложения или капитальные вложения в проект ($K_{ВВ.ПР}$) совпадают с величиной сопутствующих капитальных вложений.

Результаты расчетов по определению экономической эффективности работы представлены на рисунке 13.

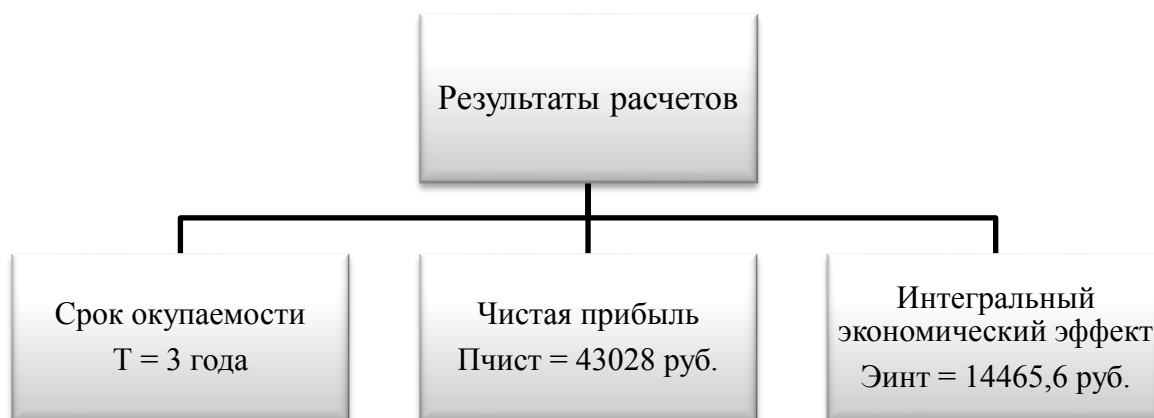


Рисунок 13 – Результаты расчетов по определению экономической эффективности

Как видно из рисунка 13, предложенные совершенствования технологического процесса можно внедрять, т. к. это позволит получить предприятию экономический эффект в размере 14465,6 руб.

Заключение

В результате выполнения работы нами был спроектирован технологический процесс изготовления шкива двухступенчатого редуктора заданного качества с минимальной себестоимостью, согласно заданной годовой программы выпуска, что отвечает цели.

Вначале нами проанализирована конструкция шкива, а также конструкция двухступенчатого редуктора, куда входит данная деталь. Также проанализирован материал, из которого изготавливается шкив редуктора. Рассмотрены его характеристики и химический состав. Также была проанализирована технологичность конструкции шкива.

В технологической части работы нами выполнен анализ типа применяемого машиностроительного производства и принят среднесерийный тип производства, также описаны основные характеристики среднесерийного машиностроительного производства. Далее проведено технико-экономическое сравнение двух наиболее подходящих методов получения заготовки для шкива и выбрано литье в земляные формы. Для изготовления каждой поверхности шкива выбраны методы механической обработки. На обработку самой точной поверхности в работе рассчитаны припуски. Далее был спроектирован технологический процесс и определены режимы резания на токарную 020 и протяжную 025 операции.

Для базирования заготовки на токарной 020 операции разработана конструкция токарного патрона, имеющего автоматизированный привод, что в отличие от базового варианта техпроцесса сокращает вспомогательное операционное время и дает экономическую выгоду.

Для обработки внутреннего отверстия шкива на протяжной 025 операции нами разработана конструкция круглой протяжки. Этот инструмент является сложным и проектируется индивидуально для обработки каждой детали при применении протяжной операции.

Список используемой литературы

1. Бойко А.Ф. Проектирование машиностроительных цехов и участков : учеб. пособие / А.Ф. Бойко, А.А. Погонин, А.А. Афанасьев, М.Н. Воронкова. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 264 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. Водейко В.Ф. Редукторы зубчатые : методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Детали машин» и основы конструирования / В.Ф. Водейко, Д.Г. Эфрос. – М. : МАДИ, 2014. – 48 с.
4. 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.
5. ГОСТ 12.4.252-2013. Средства индивидуальной защиты рук. Перчатки. Общие технические требования. Методы испытания. – 15 с.
6. ГОСТ 12.4.296-2015. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Респираторы фильтрующие. Общие технические условия. – 11 с.
7. ГОСТ 1415-85. Чугун с пластинчатым графитом для отливок. – 6 с.
8. ГОСТ 18217-90. Протяжки шпоночные. Конструкция. – 48 с.
9. ГОСТ 2185-66. Передачи зубчатые цилиндрические. Основные параметры. – 4 с.
10. ГОСТ 22270-2018. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования. Термины и определения. – 28 с.
11. ГОСТ EN 12840-2011. Станки токарные с ручным управлением, оснащенные и не оснащенные автоматизированной системой управления. – 59 с.

12. ГОСТ Р 12.4.013-97. Система стандартов безопасности труда. Очки защитные. Общие технические условия. – 16 с.
13. ГОСТ Р 59638-2021. Системы пожарной сигнализации. Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту. – 24 с.
14. Зубарев Ю.М. Специальные методы обработки заготовок в машиностроении : учебное пособие. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 400 с.
15. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством : учеб.-метод. пособие / И.В.Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 183 с.
16. Марков В.В. Расчет режимов резания. Курсовое и дипломное проектирование по технологии машиностроения : учебное пособие / В.В. Марков, А.В. Сметанников, П.И. Кискеев, Л.И. Лебедева, Д.А. Ветчинников. – Орел : ОрелГТУ, 2010. – 112 с.
17. Мирошин Д.Г. Проектирование операционного технологического процесса обработки деталей типа вал: модульная технология обучения : учебное пособие / Под ред. Н.В. Бородиной. – Екатеринбург : изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2012. – 146 с.
18. Некрасова В.Н. Чугуны. Структура и термическая обработка : учеб. пособие / В.Н. Некрасова, Т.В. Некрасова. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. ун-та, 2022. – 91 с.
19. Петрушин С.И. Технология машиностроения с технико-экономическими расчетами : учеб. Пособие / С.И. Петрушин ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева. – Кемерово, 2022. – 2014 с.
20. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.

21. Резников Л.А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента : электронное учебное пособие / Л.А. Резников. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 207 с.
22. Семенов В.В. Охрана труда и пожарная безопасность технологических процессов : учебное пособие для вузов / В.В. Семенов, А.А. Петручик, Г.К. Ивахнюк. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 268 с.
23. Сорокин А.В. Организация производства : учебное пособие / А.В. Сорокин, О.А. Чиркова, Л.В. Шнайдер. ; Рубцовский индустриальный институт. 2-е изд., испр. и доп. – Рубцовск, 2021. – 46 с.
24. 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.
25. Схиртладзе А.Г. Инструментальное оснащение технологических процессов металлообработки : учебник / А.Г. Схиртладзе, В.К. Перевозников, В.А. Иванов, А.В. Иванов. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. – 280 с.
26. Тюняев А.В. Детали машин : Учебник / А.В. Тюняев, В.П. Звездаков, В.А. Вагнер. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 736 с.
27. Угарова Л.А. Охрана труда : электронное учебно-методическое пособие для студентов очной формы обучения / Л.А. Угарова, Л.Н. Горина. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2017. – 241 с.
28. Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
29. 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.

Приложение А

Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

Диагн.	Взам.	Лист	Кол.	Лист	Кол.	Лист	Кол.	Лист	Кол.	Лист	Кол.	Лист	Кол.	Лист
ТГУ Кафедра ОТМП														
Шкив														
М01 СЧ18 ГОСТ 1412-79														
М02														
А														
Б														
А03														
04														
А 05														
Б 06														
0 07														
0 08														
Т 09														
Т 10														
11														
А 12														
Б 13														
0 14														
0 15														
0 16														
МК														
Разработал Разский														
Проверил Лагун														
Утвердил														
Н.контр.														
Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.посх.	КММ	Код заготовки	Профиль и размеры	КП	МБ					
166	13	1	067	41211Х	φ257х91	1	19,5							
Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОМЛ	ЕН	ОП	Кшт	Тшт
XX XX XX	000	4280	Заготовительная	XXXXX	ИОТ	ИЗ7.101.XXXX-XX								
XX XX XX	005	4112	Токарная черновая	ИОТ	ИЗ7.101.7001-93.									
381.111	XXXX	SAMAT-400XC	Токарный	2	18225	422	1P	1	1	100	1	8	3,02	
Точить поверхность 11 выдерживая размер 92,2±0,435; точить поверхность 7 выдерживая размер Ø257,6 _{0,5} ;														
точить поверхность 16 выдерживая размер Ø338 _{±0,062}														
396710 XXXX Патрон самоцентр.; XXXXX.XXXX цпр откидной; 392704.XXXX(2) Резец механич. ВКб;														
393711.XXXX ШЦ-И-350-0,1; 393720.XXXX Калибр-продка.														
XX XX XX 010 4112 Токарная черновая ИОТ ИЗ7.101.7001-93.														
381.111	XXXX	SAMAT-400XC	Токарный	2	18225	422	1P	1	1	100	1	8	3,82	
Точить поверхность 1 выдерживая размер 91,9±0,435; точить поверхность 2 выдерживая размер Ø119,6 _{0,5} ;														
точить поверхности 3 5 выдерживая размеры 34 _{±2} , 12,6±0,1, 18,9±0,1, 7,5±2; точить поверхность 4.														
выдерживая размер 12±0,5; точить поверхность 6 выдерживая размер 15,8±0,5; точить поверхности 8, 10.														

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А		Цех	Уч.	РМ	Опер	Код, наименование операции	СМ	проф.	Р	УТ	КР	Обозначение документа			Тип
												КОИД	ЕН	ОП	
Б		Код, наименование оборудования													
0	19	выдерживая размеры 34 ± 2 , $12,6 \pm 0,1$, $18,9 \pm 0,1$, $7,5 \pm 2$; точить поверхность 9, выдерживая размер $12 \pm 0,5$.													
Т	20	396110 XXXX Патрон клиноплинж; XXXXXX XXXX Упор откидной; 392104.XXXX Резец механич. ВКБ;													
Т	21	392104.XXXX Резец фасонный Р6М5; 393111.XXXX ШЦ-И-350-0,1; 393120.XXXX(2) Калибр-скоба.													
22															
А	23	XX XX XX 015 4112 Токарная чистовая ИОТ И37.101.7001-93.													
Б	24	381111 XXXX SAMAT-400XC Токарный 2 18225 422 1Р 1 1 1 100 1 8 0,97													
0	25	Точить поверхность 11, выдерживая размер $91,6 \pm 0,435$; выполнить две фаски $16 \times 45^\circ$													
Т	26	396110 XXXX Патрон самцентр; XXXXXX XXXX упор откидной; 392104.XXXX(2) Резец механич. ВКБ;													
Т	27	393111.XXXX ШЦ-И-350-0,1; 393120.XXXX Калибр-пробка.													
28															
А	29	XX XX XX 020 4112 Токарная чистовая ИОТ И37.101.7001-93.													
Б	30	381111 XXXX SAMAT-400XC Токарный 2 18225 422 1Р 1 1 1 100 1 8 3,82													
31	Точить поверхность 1, выдерживая размер $91,3 \pm 0,435$; точить поверхность 2, выдерживая размер $\varnothing 119_{-0,22}$;														
А	32	точить поверхность 3, 5, выдерживая размеры 34 ± 1 , $12,6 \pm 0,05$, $18,9 \pm 0,05$, $7,5 \pm 1$; точить поверхность 4,													
Б	33	выдерживая размер $12 \pm 0,215$; точить поверхность 6, выдерживая размер $15,5 \pm 0,31$; точить поверхность 8, 10,													
0	34	точить поверхность 4, выдерживая размер $\varnothing 257_{-0,32}$; точить поверхность 8, 10, выдерживая размеры 34 ± 1													
Т	35	$12,6 \pm 0,05$, $18,9 \pm 0,05$, $7,5 \pm 1$; точить поверхность 9, выдерживая размер $12 \pm 0,215$; выполнить две фаски $16 \times 45^\circ$.													
Т	36	396110 XXXX Патрон клиноплинж; XXXXXX XXXX Упор откидной; 392104.XXXX Резец механич. ВКБ;													
Т	37	392104.XXXX Резец фасонный Р6М5; 393111.XXXX ШЦ-И-350-0,1; 393120.XXXX(2) Калибр-скоба.													
38															
А	39	XX XX XX 025 4280 Протяжная ИОТ И37.101.XXXX-XX													
Б	40	381631 XXXX 7512 Горизонт. протяжной 2 18632 322 1Р 1 1 1 100 116 0,11													
0	41	Протянуть поверхность 16, выдерживая размер $\varnothing 34,8_{-0,039}$.													
МК															

Лист 2

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

A		Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КВИД	Обозначение документа					
													ЕН	ОП	Китп	Гвоз	Тштп	
Т 42		396181.XXXX			приспособление спец. с плавающей головкой; XXXXXX.XX патрон; 391822.XXXX Протяжка													
Т 43		Крцглая Р6М5; 393111.XXXX			ЩЦ-И-100-0,05; 393120.XXXX Калибр-продка													
44																		
А 45		XX XX XX			030 4280 Протяжная	ИОТ И37.101.XXXX-XX												
Б 46		381631			XXXX	7512 Горизонт. протяжной												
0 47						Обработать поверхность 17, 19, выдерживая размер 10±0,018; обработать поверхность 18, выдерживая размер 39 ^{±0,030}												
Т 49		396181.XXXX			приспособление спец. с плавающей головкой; XXXXXX.XX патрон; 391822.XXXX Протяжка													
Т 50		шпоночная Р6М5; 393111.XXXX			ЩЦ-И-100-0,05; 393120.XXXX Калибр-продка.													
51																		
А 52		XX XX XX			035 Термическая (Отжиг)	ИОТ И37.101.70715-07.												
53																		
А 54		XX XX XX			040 Шлифовальная	ИОТ И37.101.7419.1-00.												
Б 55		38131X			XXXX	3М225ВФ2 Внутршлифов.												
0 56						Шлифовать поверхность 1, выдерживая размер 91±0,435; шлифовать поверхность 16, выдерживая размер φ35 ^{±0,022}												
0 57		39611X.XXXX			Патрон мембранный; 3; XXXXXX.XXXX Упор откидной;													
Т 58		398110.XXXX			Головка шлифовальная	20x10x20 14AF24k5L7 30 м/с ГОСТ Р 52781-2007.												
Т 59		393120.XXXX(2)			скода индикаторная; 3934-10.XXXX Калибр-продка.													
60																		
А 61		XX XX XX			045 Шлифовальная	ИОТ И37.101.7419.1-00.												
Б 62		38131X			XXXX	3М151Ф2 Крцглошлифов.												
0 63						Шлифовать поверхность 3, 5, выдерживая размеры 34 ±30', 12,6±0,021, 18,9±0,021; 7,5±0,5;												
0 64						шлифовать поверхность 8, 10, выдерживая размеры 34 ±30', 12,6±0,021, 18,9±0,021; 7,5±0,5.												
МК																		

Лист 3

