

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения  
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»  
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных  
производств»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Проектирование технологических процессов  
(направленность (профиль)/ специализация)

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

на тему Технологический процесс изготовления колеса солнечного дифференциала

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

Тольятти 2022

## Аннотация

Тема: Технологический процесс изготовления колеса солнечного дифференциала.

Автор: Кочетков Максим Владимирович.

В данной выпускной работе разрабатывается техпроцесс изготовления колеса солнечного механизма дифференциала. Колесо солнечное выполняет функцию передачи крутящего момента. Оно воспринимает вращение эвольвентными поверхностями внутреннего зубчатого венца и передает вращающий момент при помощи трех отверстий, в которых выполнена метрическая резьба.

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

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

На третьем этапе спроектирован трехкулачковый патрон для токарной операции техпроцесса, который является автоматическим.

Четвертым этапом в работе спроектирована конструкция сложнопрофильного режущего инструмента – зуборезного долбяка.

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

## Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	5
1.1 Назначение и условия работы детали.....	6
1.2 Классификация поверхностей детали.....	7
1.3 Анализ требований к поверхностям детали.....	8
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 поверхностей.....	14
2.5 Расчет припусков.....	15
2.6 Определение режимов резания.....	18
3 Проектирование приспособления.....	24
3.1 Анализ конструкции базового приспособления .....	24
3.2 Определение сил резания.....	24
3.3 Определение усилия зажима.....	26
3.4 Определение усилия привода.....	27
4 Проектирование режущего инструмента.....	29
4.1 Исходные данные.....	29
4.2 Расчет зуборезного долбяка .....	29
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	32
6 Экономическая эффективность работы.....	38
Заключение.....	43
Список используемой литературы.....	44
Приложение А.....	47

## Введение

Машиностроение является одной из самых важных отраслей современной промышленности не только России, но и всего мира. Развитие машиностроения является важным направлением развития нашей страны, согласно задач, поставленных правительством.

Строительство машин является основной задачей машиностроения. Машины служат для выполнения различных функций, которые в комплексе с действиями рабочих или операторов, дают более высокую эффективность труда. Повышение производительности труда также является основной задачей развития промышленности страны.

В конструкции машин часто применяют планетарные механизмы, которые в отличие от привычных нам механизмов имеют подвижные оси и шестерни. Эти подвижные оси дают многовариантность передаточных отношений планетарных механизмов, которые еще называют дифференциалами. Дифференциалы бывают различной конструкции. Выделяют следующие две основные конструкции дифференциалов: содержащие конические зубчатые колеса и с цилиндрическими зубчатыми колесами.

В состав дифференциалов входят колеса, оси которых перемещаются в пространстве, которые называют сателлитами. Также имеются звенья, вокруг которых перемещаются эти сателлиты. В нашем случае таким звеном называется солнечное колесо. Эту деталь еще в разных источниках называют коронной шестерней и эпициклическим колесом.

Целью данной работы является разработка технологического процесса изготовления колеса солнечного дифференциала с заданным качеством и наименьшей себестоимости изготовления.

## **1 Анализ исходных данных**

Станкостроение является одной из самых главных отраслей машиностроения, ведь вся деревообрабатывающая, текстильная, ресурсодобывающая промышленности и многие другие, где объемы производств велики, не могут существовать без станков. Отдельно здесь следует назвать обрабатывающую промышленность, в которой используются металлорежущие станки, в этой группе находятся передовые группы предприятий военно-космической отрасли, авиастроение, приборостроение и так далее.

В советское время станкостроительная промышленность не только могла конкурировать со многими другими странами, но и являлась во главе с США передовой по производству станков. В стране большой процент металлообрабатывающего оборудования составляли отечественные станки.

Начиная с 1991 года предприятия машиностроения все больше начали потреблять для своих нужд металлообрабатывающее оборудование импортного производства, снижая процент использования отечественных станков. И это продолжается нарастающим итогом до наших дней. Это соответствующим образом сказалось на отечественной станкостроительной промышленности. Многие мощнейшие заводы обанкротились, некоторые предприятия объединились, чтоб их не постигла такая участь, организовав холдинг. На сегодняшний день мировыми лидерами по станкостроительной продукции на рынке являются Китай, Тайвань, Германия, Япония, Корея, США.

В 2014 году после введения западом санкций в отношении нашей страны осложнилась покупка импортных станков, и была поставлена задача импортозамещения. На государственных оборонных предприятиях ввели условия использования отечественного оборудования. Но это не сильно оказало поддержку станкостроительным заводам России. В 1999 году образовался национальный отраслевой союз «Станконструмент»,

деятельность которого направлена на сотрудничество предприятий станкоинструментальной отрасли, повышению их научно-технического и производственного потенциала. В 2020 году подписано соглашение о сотрудничестве с белорусскими коллегами.

На территории России зарубежными инвесторами созданы два станкостроительных завода «DMG Mori» в Ульяновской области и «Okuma» в Свердловской области. Данные заводы выпускают продукцию, собранную из узлов-агрегатов, производимых за рубежом, поэтому полноценными станкостроительными заводами их назвать нельзя. И использование этой продукции для ОПК также ограничено.

### **1.1 Назначение и условия работы детали**

«Планетарным называется зубчатый механизм, в котором имеется одно или более зубчатых колес с подвижной осью. Этим он отличается от простых зубчатых механизмов, не имеющих подвижных осей зубчатых колес. Конструктивное исполнение и кинематическая схема одноступенчатого планетарного редуктора показаны на рисунке 1». [1]

«Планетарный редуктор включает в себя: внутреннее зубчатое колесо 1; зубчатые колеса 2 с подвижными осями (сателлиты); внешнее зубчатое колесо 3 (коронная, или эпициклическая, шестерня); основание 4 (водило), на котором закреплены оси сателлитов. Зубчатые колеса 1 и 3, сцепляющиеся с сателлитами, называют центральными колесами. Их ось вращения параллельна основной оси. Существуют планетарные зубчатые механизмы и других типов». [1]

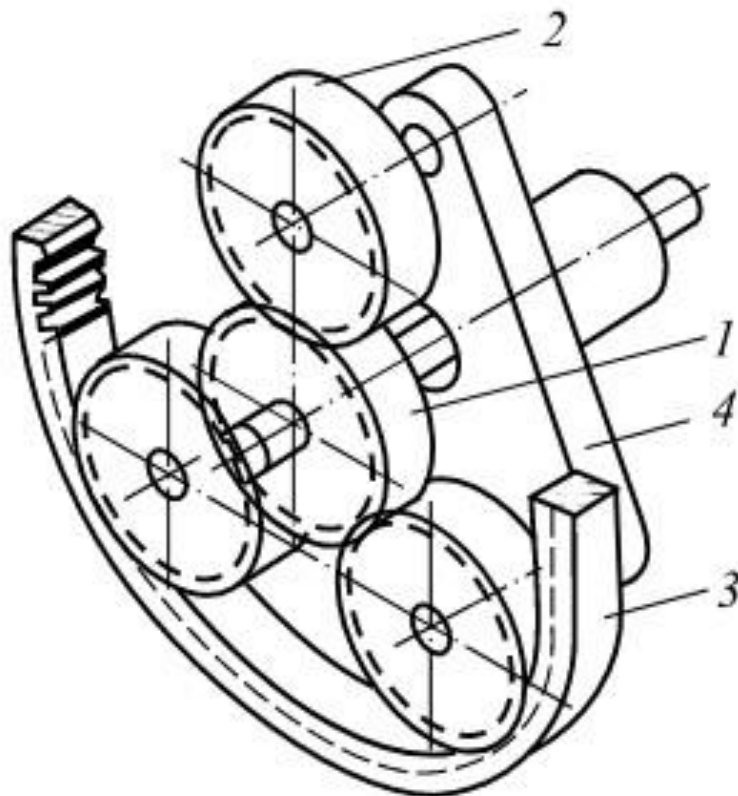


Рисунок 1 – Дифференциал

Колесо солнечное выполняет функцию передачи крутящего момента. Оно воспринимает вращение эвольвентными поверхностями внутреннего зубчатого венца и передает вращающий момент при помощи трех отверстий, в которых выполнена метрическая резьба.

## 1.2 Классификация поверхностей детали

Проклассифицируем все поверхности детали. Нумерация поверхностей представлена на рисунке 1.

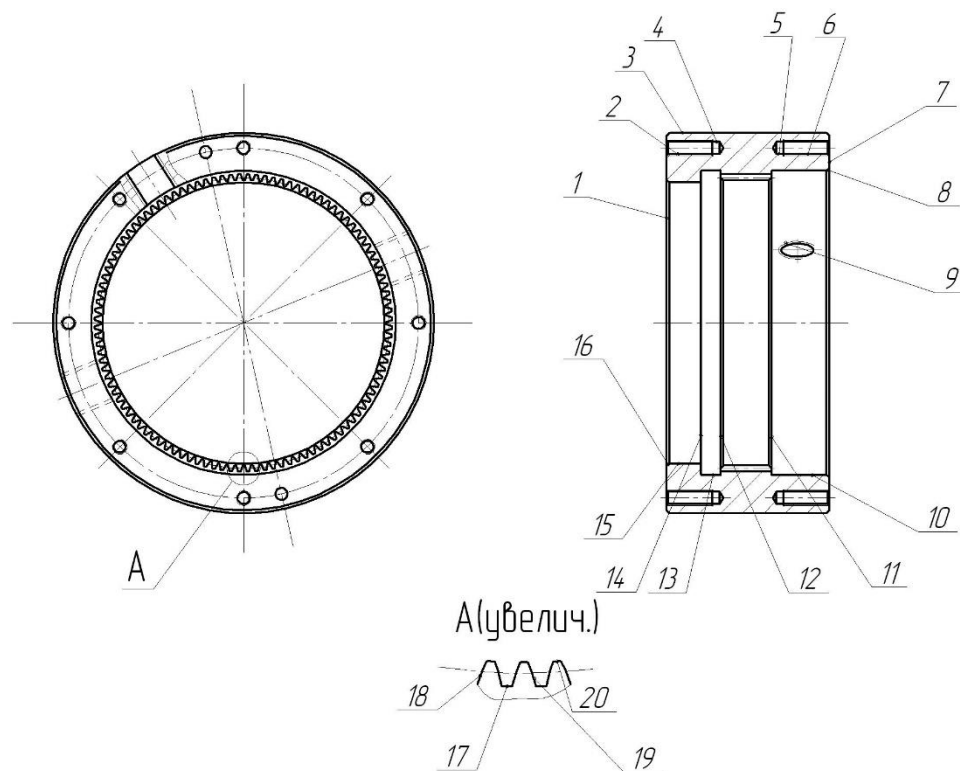


Рисунок 2 - Классификация поверхностей

Исполнительными поверхностями колеса солнечного являются эвольвентные поверхности 18 и 19 внутреннего зубчатого венца.

Основными конструкторскими базами солнечного являются отверстие 9 и торцовая поверхность 15.

Вспомогательными конструкторскими базами солнечного являются торцы 1 и 7, резьбовые отверстия 2 и 6, а также внутренняя цилиндрическая поверхность 10.

Остальные поверхности – свободные.

### 1.3 Анализ требований к поверхностям детали

Материалом солнечного колеса является конструкционная сталь 40Х ГОСТ 4543-2016 [5].

Физико-механические свойства стали 40Х представлены в таблице 1.



Таблица 1 - Физико-механические свойства стали 40Х

$\sigma_B$	$\psi$	$\sigma_T$	$\delta_5$	НВ
МПа	%	МПа	%	не более
530	32	275	15	197

Заготовку можно получить методом штамповки или прокатки. В обоих перечисленных случаях форма ее будет достаточно простая.

«Почти 90% выплавляемой стали перерабатывается в прокатном производстве, из них около 40% - сортопрокатное производство, для которого калибровка валков является основой, определяющей качество чистового проката и производительность прокатных станов. Поэтому в общем металлургическом цикле сортопрокатное производство занимает важное место. От уровня его рациональности и в первую очередь эффективности технологии прокатки зависит производительность станов, безаварийность работы оборудования, уровень механизации и автоматизации, стоимость и в конечном счете потребительское качество готового проката». [20]

«Пластическая обработка металлов прерывистым воздействием универсального инструмента или соответствующей рабочей частью специального инструмента (штампа) для придания телу заданной формы и размеров называется в первом случае ковкой, а во втором – штамповкой. При объемной штамповке придание заготовке заданной формы и размеров осуществляется путем заполнения металлом рабочей полости штампа (рисунок 3)». [9]

«Данными способами обработки давлением получают весьма разнообразные по формам и размерам изделия из металлов, полимеров и других материалов с различной степенью точности размеров, разными механическими и другими характеристиками и качеством поверхности. Поэтому ковочно-штамповочное производство находит широкое применение в машиностроении и приборостроении, в производстве предметов народного потребления и в других отраслях промышленности». [9]

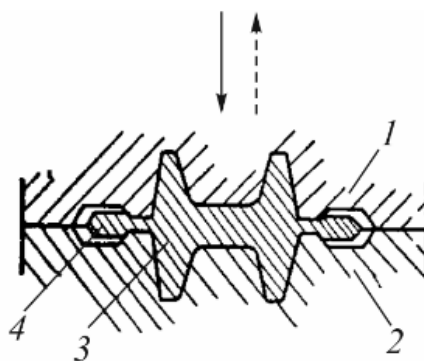


Рисунок 3 – Штамповка

«Получение изделий ковкой и штамповкой позволяет максимально приблизить исходную форму заготовки к форме и размерам готовой детали и тем самым уменьшить и полностью исключить дорогостоящие операции резания с потерей металла в стружку. При изготовлении деталей из прокатных заготовок на машиностроительных заводах с использованием металлорежущих станков теряется в виде стружки до 30...40% металла. Предварительная обработка этих заготовок методами ковочно-штамповочного производства снижает эти расходы в 4...5 раз, уменьшает парк металлорежущих станков и дает значительную экономию средств. Кроме того, ковка и штамповка улучшают свойства металла, вследствие чего наиболее ответственные детали многих машин и приборов часто изготавливают только из поковок». [9]

Конструкция солнечного колеса довольно технологична. Конструкцией нашей детали предусмотрены технологические канавки для выхода инструмента. Для обработки и контроля параметров внутреннего зубчатого венца препятствий не имеется. Боковые отверстия имеют фаски для центрирования инструмента при их выполнении. Конструкция солнечного колеса не имеет острых кромок. Центральное внутреннее отверстие имеет большой диаметр, поэтому обрабатывать внутренние поверхности и их измерять будет доступно. В связи с этим делаем вывод о достаточной технологичности конструкции солнечного колеса.

## **2 Технологическая часть**

### **2.1 Определение типа производства**

«Машиностроительное производство – производство с преимущественным применением методов технологии машиностроения при выпуске изделий. В зависимости от широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объёма выпуска изделий различают три типа производства – единичное, серийное и массовое». [21]

Тип производства выберем на основе двух параметров: масса детали  $m = 15,5$  кг и программа выпуска в  $N = 5000$  деталей в год. Исходя из этих параметров [21], принимаем среднесерийный тип производства.

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

«Серийное производство характеризуется изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями. В зависимости от количества изделий в партии или серии и значения коэффициента закрепления операций различают мелко-, средне- и крупносерийное производства». [21]

Для среднесерийного производства характерными признаками является применение универсального оборудования с ЧПУ и специализированного, универсального и специализированного режущего инструмента и так далее.

### **2.3 Выбор метода получения заготовки**

«Метод получения той или иной заготовки зависит от служебного назначения детали и требований, предъявляемых к ней, а также от ее конфигурации и размеров, марки материала, типа производства и других факторов». [16]

«Выбор заготовки можно достаточно достоверно оценить по коэффициенту использования материала, который представляет собой отношение массы детали к массе заготовки ( $K_{им} = \frac{M_d}{M_3}$ ). При этом учитываются следующие рекомендации: в массовом производстве  $K_{им} \geq 0,85$ ; в серийном производстве  $K_{им} = 0,5...0,6$ ». [16]

В нашем случае наиболее целесообразными методами получения заготовки будут являться методы штамповки на ГКМ и прокатка.

При штамповке масса заготовки будет равна 25,7 кг, а при прокате 46 кг.

Рассчитаем стоимость снятия 1 кг стружки при механической обработке [8].

$$C_{мех} = C_c + E_n \cdot C_k, \quad (1)$$

где  $C_c = 0,495$ ;  $E_n = 0,15$ ;  $C_k = 1,085$ . [8]

Тогда

$$C_{мех} = 0,495 + 0,15 \cdot 1,085 = 0,6578 \text{ руб/кг.}$$

Рассчитаем стоимость 1 кг заготовки, полученной штамповкой. [8]

$$C_{заг} = C_{ум} \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_g \cdot k_m \cdot k_n, \quad (2)$$

где  $C_{ум} = 0,315$ ;  $k_m = 0,9$ ;  $k_c = 0,84$ ;  $k_g = 1,14$ ;  $k_m = 1,0$ ;  $k_n = 1,0$ . [11]

Тогда

$$C_{заг} = 0,315 \cdot 0,9 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,2715 \text{ руб.}$$

Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученной штамповкой [8].

$$C_{ми} = C_{заг} \cdot Q_{ум} + C_{мех} (Q_{ум} - q) - C_{омх} (Q_{ум} - q), \quad (3)$$

где  $Q_{ум} = 25,7$ ;  $q = 15,5$  кг - массы заготовки и детали;

$$C_{отх} = 0,0144 \text{ руб/кг. [8]}$$

Тогда

$$C_{ми} = 0,2715 \cdot 25,7 + 0,6723(25,7 - 15,5) - (25,7 - 15,5)0,0144 = 13,6881 \text{ руб.}$$

Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученную прокатом [8].

$$C_{ми} = C_{заг} \cdot Q_{пр} + C_{мех} (Q_{пр} - q) - C_{отх} (Q_{пр} - q), \quad (4)$$

где  $Q_{пр} = 46$ ;  $q = 15,5$  кг;

$$C_{отх} = 0,0144 \text{ руб/кг. [8]}$$

Тогда

$$C_{ми} = 0,2219 \cdot 46 + 0,6723(46 - 15,5) - 0,0144(46 - 15,5) = 30,2734 \text{ руб.}$$

По себестоимости наиболее экономичным является вариант изготовления детали из штамповки.

Рассчитаем коэффициент использования материала

$$K_{им} = \frac{M_{д}}{M_{з}} \cdot \quad (5)$$

$$K_{им} = \frac{15,5}{25,7} = 0,60.$$

## 2.4 Выбор методов обработки поверхностей.

«При различных видах обработки и условиях эксплуатации инструмента на первый план могут выступать различные показатели обрабатываемости. Например, при окончательных операциях (чистовое точение, протягивание, развертывание и т.д.) большое значение имеют шероховатость и качество обработанной поверхности, а при нарезании резьб в глухих отверстиях – вид стружки и легкость ее отвода. В условиях автоматизированного производства особенно важны размерная стойкость инструмента и стабильность качества обработанных деталей. Но во всех случаях, независимо от особенностей технологического процесса и требований к качеству обработанных поверхностей, производительность и стоимость обработки определяются целесообразными скоростями резания».

[7]

Проведем выбор методов обработки, исходя из качества точности IT каждой поверхности и необходимой шероховатости Ra.

Согласно необходимой точности (IT 11) поверхностей 1, 7 и их шероховатости (Ra 2,5) примем следующие методы обработки этих поверхностей: токарная черновая и чистовая обработка.

Согласно необходимой точности (IT 9) поверхностей 2, 6, 9 и их шероховатости (Ra 5) примем следующие методы обработки этих поверхностей: сверление.

Согласно необходимой точности (IT 11) поверхности 3 и ее шероховатости (Ra 5) примем следующие методы обработки этой поверхности: токарная черновая и чистовая обработка.

Согласно необходимой точности (IT 14) поверхностей 4, 5 и их шероховатости (Ra 5) примем следующие методы обработки этих поверхностей: сверление.

Согласно необходимой точности (IT 14) поверхностей 8, 11, 12, 13, 14, 16 и их шероховатости (Ra 5) примем следующие методы обработки этих поверхностей: токарная черновая и чистовая обработка.

Согласно необходимой точности (IT 8) поверхностей 10, 15 и их шероховатости (Ra 0,8) примем следующие методы обработки этих поверхностей: токарная черновая и чистовая обработка, шлифовальная черновая и чистовая обработка.

Согласно необходимой точности (IT 8) поверхностей 18, 19 и их шероховатости (Ra 2,5) примем следующие методы обработки этих поверхностей: зубодолбление черновое и чистовое.

Согласно необходимой точности (IT 14) поверхности 17 и ее шероховатости (Ra 5) примем следующие методы обработки этой поверхности: зубодолбление.

Согласно необходимой точности (IT 9) поверхности 20 и ее шероховатости (Ra 5) примем следующие методы обработки этой поверхности: токарная черновая и чистовая обработка.

## **2.5 Расчет припусков**

«Припуск – слой металла, удаляемый с поверхности заготовок в целях достижения заданных точностных параметров и свойств обработанной поверхности детали. Влияние величины припуска на экономичность процесса обработки очень велико, так как чем больше припуск, тем больше ходов требуется для снятия соответствующего слоя металла, что приводит к повышению трудоемкости процесса обработки, увеличению расхода электроэнергии и материала. Уменьшенные припуски могут не обеспечить возможность удаления дефектного слоя металла, получение требуемой точности и шероховатости поверхности обрабатываемой заготовки. При проектировании технологического процесса необходимо определить

оптимальные припуски, которые позволили бы изготовить деталь с наименьшими затратами труда и материала». [6]

Определим припуски на обработку поверхности 10 с параметрами  $\varnothing 185H8^{(+0,072)}$ ,  $L = 20$  мм,  $Ra = 0,8$  мкм расчетно-аналитическим методом. Технологический маршрут обработки данной поверхности состоит из черного и чистового точения, термообработки, черного и чистового круглого шлифования.

Найдем суммарную величину для каждого перехода

$$a = R_z + h_o. \quad (6)$$

Найдем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей

$$\Delta = 0,25 \cdot TD. \quad (7)$$

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 2,5 = 0,625.$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,46 = 0,115.$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,115 = 0,029,.$$

$$\Delta_{TO} = 0,25 \cdot 0,185 = 0,046.$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,115 = 0,029.$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,072 = 0,018.$$

Вычислим максимальное и минимальное значение припуска (мм)

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{i-1})^2 + \varepsilon_i^2}. \quad [2] \quad (8)$$

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(TD_{i-1} + TD_i). \quad [2] \quad (9)$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,625^2 + 0,025^2} = 1,025.$$



$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{(\Delta_1)^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,115^2 + 0} = 0,315.$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{00})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,046^2 + 0^2} = 0,146.$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{(\Delta_3)^2 + \varepsilon_4^2} = 0,03 + \sqrt{0,029^2 + 0} = 0,059.$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(TD_0 + TD_1) = 1,025 + 0,5(2,5 + 0,460) = 2,505.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(TD_1 + TD_2) = 0,315 + 0,5(0,46 + 0,115) = 0,603.$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(TD_2 + TD_3) = 0,146 + 0,5(0,115 + 0,115) = 0,261.$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(TD_3 + TD_4) = 0,059 + 0,5(0,115 + 0,072) = 0,153.$$

Рассчитаем значения размеров на каждом переходе (мм)

$$D_{4\min} = 185.$$

$$D_{4\max} = 185,072.$$

$$D_{3\min} = D_{4\max} - 2 \cdot Z_{4\min} = 185,072 - 2 \cdot 0,059 = 184,954.$$

$$D_{3\max} = D_{3\min} - TD_3 = 184,954 - 0,115 = 184,839.$$

$$D_{TO\min} = D_{3\max} - 2 \cdot Z_{3\min} = 184,939 - 2 \cdot 0,146 = 184,547.$$

$$D_{TO\max} = D_{TO\min} - TD_{TO} = 184,547 - 0,185 = 184,362.$$

$$D_{2\min} = D_{TO\max} \cdot 0,999 = 184,362 \cdot 0,999 = 184,178.$$

$$D_{2\max} = D_{2\min} - TD_2 = 184,178 - 0,115 = 184,063.$$

$$D_{1\min} = D_{2\max} - 2 \cdot Z_{2\min} = 184,063 - 2 \cdot 0,315 = 183,433.$$

$$D_{1\max} = D_{1\min} - TD_1 = 183,433 - 0,460 = 182,973.$$

$$D_{0\max} = D_{1\max} - 2 \cdot Z_{1\min} = 182,973 - 2 \cdot 1,025 = 180,923.$$

$$D_{0\min} = D_{0\max} - TD_0 = 180,923 - 2,500 = 178,423.$$

Найдем средние значения размеров на каждом переходе (мм)

$$D_{cpi} = 0,5(D_{i\max} + D_{i\min}). [2] \quad (10)$$

$$D_{cp0} = 0,5D(D_{0\max} + D_{0\min}) = 0,5(180,433 + 178,423) = 179,428.$$

$$D_{cp1} = 0,5(D_{1max} + D_{1min}) = 0,5(183,433 + 182,973) = 183,203 .$$

$$D_{cp2} = 0,5(D_{2max} + D_{2min}) = 0,5(184,178 + 184,063) = 184,121 .$$

$$D_{cpTO} = 0,5(D_{TOmax} + D_{TOmin}) = 0,5(184,543 + 184,362) = 184,453 .$$

$$D_{cp3} = 0,5(D_{3max} + D_{3min}) = 0,5(184,954 + 184,839) = 184,897 .$$

$$D_{cp4} = 0,5(D_{4max} + D_{4min}) = 0,5(185,072 + 185) = 185,036 .$$

Найдем общий припуск на обработку (мм)

$$2Z_{min} = D_{4min} - D_{0max} \cdot [2] \quad (11)$$

$$2Z_{min} = 185 - 180,923 = 4,077 .$$

$$2Z_{max} = 2Z_{min} + TD_0 + TD_4 \cdot [2] \quad (12)$$

$$2Z_{max} = 4,077 + 2,500 + 0,072 = 6,649 .$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2Z_{min} + 2Z_{max}) \cdot [2] \quad (13)$$

$$2Z_{cp} = 0,5(4,077 + 6,649) = 5,363 .$$

Исходя из рассчитанных припусков, спроектируем заготовку для изготовления солнечного колеса.

## 2.6 Определение режимов резания

«При обработке резанием пластичных материалов поверхностный слой детали сильно деформируется, теряет свою равновесную структуру и приобретает специфическое волокнистое строение (структуру), обладающее иными физическими свойствами. Наличие перед лезвием инструмента

деформируемой зоны значительно влияет на изменение геометрической формы и неровности обработанной поверхности, обычно при этом в первую очередь существенно увеличивается продольная шероховатость. Скорость резания является одним из наиболее существенных факторов, влияющих на развитие пластических деформаций при точении. Малые скорости резания углеродистых конструкционных сталей (сталь 30, 40, 45, 50) порядка  $V=1$  м/мин приводят к значительно небольшому повышению температуры и способствует образованию элементной стружки. При этом отделение стружки происходит легко, без заметных деформаций верхнего слоя обработанной поверхности; неровности на обработанной поверхности незначительны». [21]

«С увеличением скорости резания до 40 м/мин в процессе образования стружки выделяется большое количество теплоты, которая способствует пластическому точению отделяемого, находящегося в пластическом состоянии, металла вдоль передней и задней поверхностей резца. Выдавливаясь из-под лезвия, этот металл частично пристает к сходящей стружке, частично скапливается на передней грани, а частично размазывается задней гранью инструмента по обрабатываемой поверхности». [21]

### 2.6.1 Определение режимов обработки на 005 операцию.

Переход 1.

Примем глубину резания и подачу  $t = 2,5; S = 0,9$ . [14]

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (13)$$

где  $K_1 = 1,35; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0; V_0 = 135$ . [14]

Тогда  $V = 135 \cdot 1,35 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 104$  м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D}. \quad (14)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 104}{3,14 \cdot 250,5} = 132 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 125 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}. \quad (15)$$

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 250,5 \cdot 125}{1000} = 98 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n. \quad (16)$$

$$S = 0,9 \cdot 125 = 112,5 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S}. \quad (17)$$

$$T_0 = \frac{50}{112,5} = 0,44 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Примем глубину резания и подачу  $t = 0,5; S = 0,9$ . [14]

Определим скорость резания по формуле (13).

Примем  $K_1 = 1,35; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0; V_0 = 135$ . [14]

Тогда  $V = 135 \cdot 1,35 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 104 \text{ м/мин.}$

Определим частоту вращения по формуле (14).

$$n = \frac{1000 \cdot 104}{3,14 \cdot 200,65} = 165 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 160 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания по формуле (15)

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 200,65 \cdot 160}{1000} = 101 \text{ м/мин.}$$

Определим минутную подачу по формуле (16)

$$S = 0,9 \cdot 160 = 144 \text{ мм/мин.}$$

Определим основное время по формуле (17)

$$T_0 = \frac{40}{144} = 0,28 \text{ мин.}$$

2.6.2 Определение режимов обработки на 015 операцию.

Переход 1.

Примем глубину резания и подачу  $t = 0,5; S = 0,9$ . [14]

Определим скорость резания по формуле (13).

Примем  $K_1 = 1,35; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0; V_0 = 135$ . [14]

Тогда  $V = 135 \cdot 1,35 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 104 \text{ м/мин.}$

Определим частоту вращения по формуле (14).

$$n = \frac{1000 \cdot 104}{3,14 \cdot 250,5} = 132 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 125 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания по формуле (15)

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 250,5 \cdot 125}{1000} = 98 \text{ м/мин.}$$

Определим минутную подачу по формуле (16)

$$S = 0,9 \cdot 125 = 112,5 \text{ мм/мин.}$$

Определим основное время по формуле (17)

$$T_0 = \frac{30}{112,5} = 0,29 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Примем глубину резания и подачу  $t = 0,5; S = 0,9$ . [14]

Определим скорость резания по формуле (13).

Примем  $K_1 = 1,35; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0; V_0 = 135$ . [14]

Тогда  $V = 135 \cdot 1,35 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 104$  м/мин.

Определим частоту вращения по формуле (14).

$$n = \frac{1000 \cdot 104}{3,14 \cdot 199,85} = 165 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 160 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания по формуле (15)

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 199,85 \cdot 160}{1000} = 101 \text{ м/мин.}$$

Определим минутную подачу по формуле (16)

$$S = 0,9 \cdot 160 = 144 \text{ мм/мин.}$$

Определим основное время по формуле (17)

$$T_0 = \frac{40}{144} = 0,28 \text{ мин.}$$

### 2.6.3 Определение режимов обработки на 040 операцию.

$$m = 1,75; z = 10; \alpha = 20^\circ$$

Длина рабочего хода (мм)

$$L_{РХ} = L_P + L_{П}, \quad (18)$$

где  $L_P = 16,75; L_{П} = 5,25$ .

$$L_{РХ} = 16,75 + 5,25 = 22.$$

Подача  $S_{К.табл} = 0,35$ .

$$S_K = S_{к.табл} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (19)$$

где  $K_1 = 1,0; K_2 = 0,8$ . [14]

$$S_K = 0,35 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,28.$$

Скорость резания  $V_{табл} = 20$ .

$$V = V_{табл} \cdot K_3 \cdot K_4,$$

$$K_3 = 1,0; K_4 = 1,2. [14]$$

Тогда  $V = 20 \cdot 1 \cdot 1,2 = 24$ .

$$n_{об.х} = \frac{1000V}{\pi L_{PX}} = \frac{1000 \cdot 24}{3,14 \cdot 22} = 347, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{об.х} = 315 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V = \frac{\pi \cdot L_{PX} \cdot n_{об.х}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 22 \cdot 315}{1000} = 21,8, \text{ м/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{h_1}{S_p \cdot n_{об.х}} + \sum \frac{\pi \cdot m_t \cdot z}{S_{K1} \cdot n_{об.х.1}}. \quad (20)$$

$$T_0 = \frac{3,938}{0,06 \cdot 315} + \frac{3,14 \cdot 0,75 \cdot 108}{0,06 \cdot 315} + \frac{3,14 \cdot 0,75 \cdot 108}{0,06 \cdot 315} + \frac{3,14 \cdot 0,25 \cdot 108}{0,06 \cdot 315} = 31,61, \text{ мин.}$$

Рассчитанные режимы резания используем при заполнении операционных и маршрутных карт к технологическому процессу, а также представим в технологических наладках графической части.

### 3 Проектирование станочного приспособления

#### 3.1 Анализ конструкции базового приспособления

«Закрепление заготовок в приспособлениях является одним из наиболее важных моментов эксплуатации приспособлений. Так, если допущена ошибка в схеме базирования, то она приведет к появлению брака. Если же допущена ошибка при расчете требуемых сил закрепления, то при эксплуатации возможны случаи травматизма, что недопустимо. И виноват будет конструктор, разработавший конструкцию приспособления. Поэтому данному разделу в методике проектирования необходимо уделить значительно более внимание». [19]

В процессе точения на операции 015 заготовка солнечного колеса закрепляется по наружной цилиндрической поверхности и упирается в торец, как показано на рисунке 4. Зажим заготовки осуществляется вручную. Задачей данного раздела автоматизировать процесс зажима заготовки.

Схема операции 015 представлена на рисунке 4.

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

#### 3.2 Определение сил резания

$$P_{y,z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (21)$$

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

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



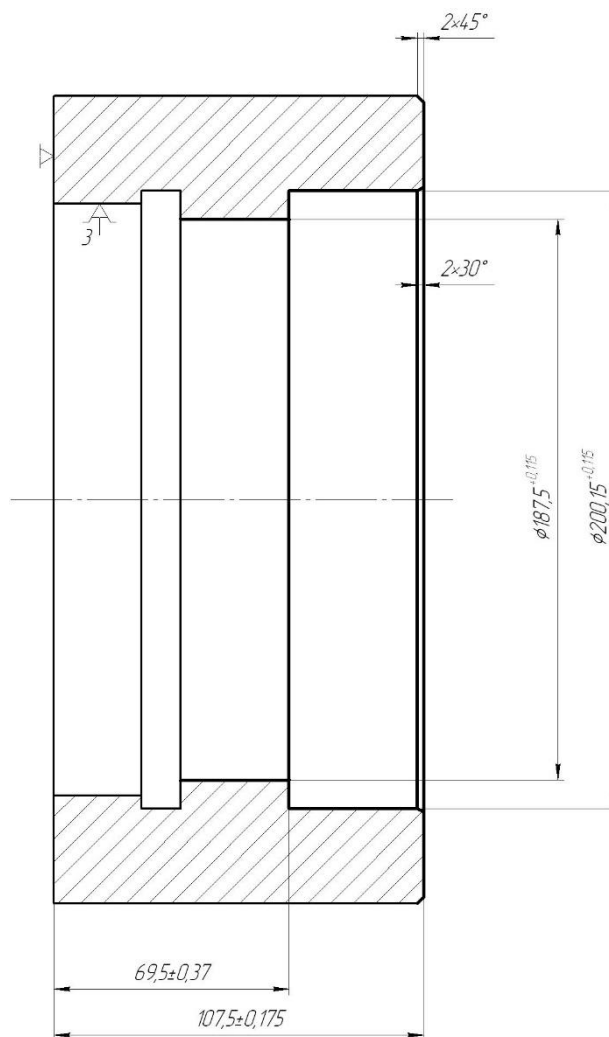


Рисунок 4 - Схема операции 015

$$K_{p_z} = K_{mp} \cdot K_{yp_z} \cdot K_{np_z} \cdot K_{np_z} \cdot (22)$$

$$K_{p_z} = K_{mp} \cdot K_{yp_z} \cdot K_{np_z} \cdot K_{np_z} = 1,222 \cdot 0,94 \cdot 1,05 \cdot 1,03 = 1,2423 .$$

$$K_{p_y} = K_{mp} \cdot K_{yp_y} \cdot K_{np_y} \cdot K_{np_y} = 1,222 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \cdot 1,15 = 1,6864 .$$

$$P_Y = 10 \cdot 243 \cdot 0,25^{0,9} \cdot 0,9^{0,6} \cdot 101^{-0,3} \cdot 1,6864 = 148 .$$

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 0,25^{1,0} \cdot 0,9^{0,75} \cdot 101^{-0,15} \cdot 1,2423 = 312 .$$

### 3.3 Определение усилия зажима

Схема закрепления заготовки в приспособлении представлена на рисунке 5.

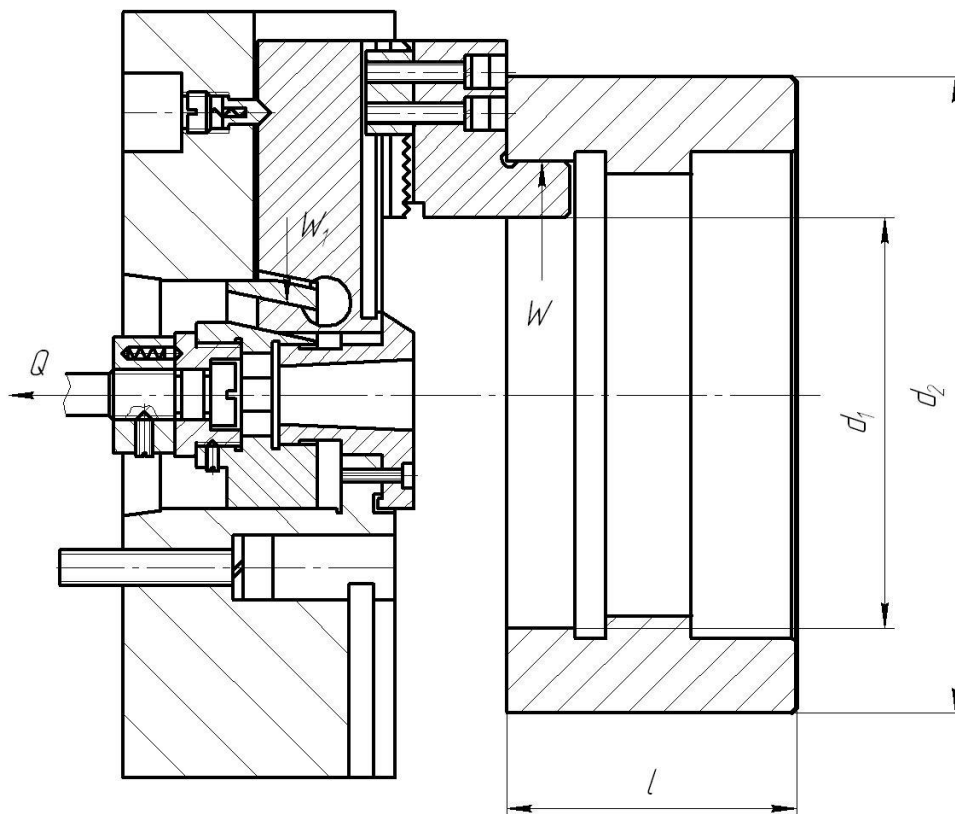


Рисунок 5 - Схема закрепления заготовки

Определим крутящий момент

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

Рассчитаем момент силы зажима.

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

Тогда

$$M_p = \frac{312 \cdot 140}{2} = 21840, \text{ Н.}$$

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  $K_0 = 1,8; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; K_5 = 1,0; K_6 = 1,0$ . [17]

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

Примем коэффициент трения  $f = 0,3$ . [17]

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

Тогда  $W_1 = \frac{4676}{1 - \left( \frac{3 \cdot 62}{80} \right) \cdot 0,1} = 6093 \text{ Н}$ .

### 3.4 Определение усилия привода

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

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

Рассчитаем величину характеристики конструкции

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

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

Тогда по формуле (28) получим  $Q = \frac{W}{i} = \frac{6093}{2,1} = 2901, H$ .

Чертеж спроектированного приспособления, автоматизированного пневматическим приводом, представлен в графической части работы.

## 4 Проектирование режущего инструмента

### 4.1 Исходные данные

Нам необходимо спроектировать режущий инструмент для обработки внутреннего зубчатого венца, у которого модуль  $m = 1,75$ , число зубьев  $z = 108$  угол профиля  $\omega = 20^\circ$ . Такой зубчатый венец обрабатывают зуборезным долбяком, следовательно необходимо спроектировать зуборезный долбяк.

### 4.2 Расчет зуборезного долбяка

Приблизительный диаметр делительной окружности (мм)

$$D_0 = m \cdot Z_0. \quad (30)$$

Тогда  $D_0 = m \cdot Z_0 = 1,75 \cdot 24 = 42$ .

$$D_H = 50.$$

Количество зубьев долбяка

$$Z = [D_H / m]. \quad (31)$$

Тогда  $Z = [D_H / m] = 50 / 1,75 = 29$ .

$$D = 1,75 \cdot 29 = 50,75, \text{ мм.}$$

Диаметры окружностей выступов и впадин (мм)

$$D_{a.уцх} = D + 2H_{a.уцх} = D + 2,5m. \quad (32)$$

$$D_{f.уцх} = D - 2H_{f.уцх} = D - 2,5m. \quad (33)$$

Тогда  $D_{a.уцх} = D + 2H_{a.уцх} = D + 2,5m = 50,75 + 2 \cdot 1,75 = 54,25$ .

$$D_{f.уцх} = D - 2H_{f.уцх} = D - 2,5m = 50,75 - 2,5 \cdot 1,75 = 46,375 .$$

Толщина зуба долбяка (мм)

$$S_{уцх} = 0,5 \cdot \pi \cdot m + \Delta , \quad (34)$$

где  $\Delta = 0,1$ . [15]

Тогда  $S_{уцх} = 0,5 \cdot \pi \cdot m + \Delta = 0,5 \cdot 3,14 \cdot 1,75 + 0,1 = 2,848$ .

Определим смещение исходного сечения (мм)

$$D_{ai} = D_{a_{исх}} + 2A_i \operatorname{tg} \alpha_o . \quad (35)$$

$$D_{a1} = 54,25 + 2 \cdot 2 \cdot \operatorname{tg} 6^\circ = 54,67 .$$

$$D_{a2} = 54,25 + 2 \cdot 8 \cdot \operatorname{tg} 6^\circ = 55,932 .$$

$$\Omega_{ai} = \arccos \left( \frac{D}{D_{ai}} \cos \Omega \right)$$

$$\Omega_{a1} = \arccos \left( \frac{50,75}{54,67} \cos 20,171^\circ \right) = 0,717$$

$$\Omega_{a2} = \arccos \left( \frac{50,75}{55,932} \cos 20,171^\circ \right) = 0,705$$

$$S_{ai} = D_{ai} \left( \frac{S_{исх}}{D} + \operatorname{inv} \Omega - \operatorname{inv} \Omega_{ai} \right),$$

$$S_{a1} = 54,67 \left( \frac{2,848}{50,75} + \operatorname{inv} 0,352 - \operatorname{inv} 0,717 \right) = 4,557$$

$$S_{a2} = 55,932 \left( \frac{2,848}{50,75} + \operatorname{inv} 0,352 - \operatorname{inv} 0,705 \right) = 4,165$$

Тогда  $A = 4,397$ .

Рассчитаем диаметры впадин и выступов нового долбяка (мм)

$$D_a^{\text{HOB}} = D_{a_{исх}} + 2A \operatorname{tg} \alpha_o . \quad (36)$$

$$D_f^{\text{НОВ}} = D_{f \text{ исх}} + 2A \operatorname{tg} \alpha_o . \quad (37)$$

$$D_a^{\text{НОВ}} = D_{a \text{ исх}} + 2A \operatorname{tg} \alpha_o = 54,25 + 2 \cdot 4,397 \cdot \operatorname{tg} 6^0 = 55,174 .$$

$$D_f^{\text{НОВ}} = D_{f \text{ исх}} + 2A \operatorname{tg} \alpha_o = 46,375 + 2 \cdot 4,397 \cdot \operatorname{tg} 6^0 = 47,299 .$$

Проблему со сложностью формы инструмента можно решать различными способами. Один из вариантов – сделать режущую часть из одного материала, а корпус из другого более дешевого и легкообрабатываемого. Так появились напайные режущие пластины и съемные многогранные пластины. Они присоединяются к корпусу режущего инструмента методами пайки или с помощью механического крепления. А корпус режущего инструмента выполняется из конструкционных сталей, которые обладают хорошей вязкостью и малой стоимостью. В нашем случае режущую часть долбяка будем изготавливать из быстрорежущей стали, а хвостовик – из конструкционной.

Одним из способов изменения свойств металлорежущего инструмента является модификация его режущих поверхностей способами нанесения покрытий. В этом случае инструмент будет обладать свойствами основного материала, из которого выполнена его конструкция, а на режущие поверхности наносится тонкий слой другого материала, имеющего иные свойства. Получается, что обработка, по факту, выполняется материалом покрытия, а деформации, возникающие при резании, воспринимает материал основы.

Спроектированная конструкция зуборезного долбяка для обработки внутренних зубьев колеса солнечного с параметрами: модуль  $m = 1,75$ , число зубьев  $z = 108$  угол профиля  $\omega = 20^\circ$  представлена в графической части данной работы.

## 5 Безопасность и экологичность технического объекта

В данном разделе содержится анализ безопасности и экологичности технологического процесса изготовления колеса солнечного механизма дифференциала.

### 5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 2 содержит характеристики выбранных операций.

Таблица 2 – Технологический паспорт технического объекта

«Технологический процесс» [3]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [3]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [3]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [3]	«Материалы вещества» [3]
Изготовление колеса солнечного	Зубодолбежная	Оператор станка с ЧПУ	Долбяк зуборезный Р6М5  Патрон цанговый	сталь 40Х
	Токарная		Резец контурный правый ВК4М ГОСТ 18878-73  Резец расточный ВК4М ГОСТ 18885-73  Патрон токарный трехкулачковый, оснащенный пневмоприводом	

### 5.2 Идентификация профессиональных рисков

В таблицу 3 сведены данные о появляющихся при исполнении операций технологического процесса воспроизведения профессиональных рисках.



Таблица 3 - Идентификация профессиональных рисков

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

«Процесс идентификации, оценки и управления рисками состоит из следующих этапов: создание комиссии по идентификации опасностей и оценке рисков и утверждение графика идентификации опасностей и оценки рисков; Сбор предварительной информации; идентификация опасностей; определение действующих мер снижения и минимизации рисков; определение тяжести последствий; определение вероятности возникновения рисков; оценка рисков; разработка дополнительных мер, направленных на снижение уровня рисков». [12]

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

### 5.3 Методы и технические средства снижения рисков

В данном подразделе содержится информация о методах и средствах подавления влияния опасных производственных факторов, приведенных в предыдущем подразделе, на исполнение операций технологического процесса изготовления колеса солнечного. Методы и средства приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Организационно-технические методы и технические средства устранения или снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

«Опасный и вредный производственный фактор» [3]	«Организационные методы, технические средства» [3]	«Средства защиты» [3]
вибрации	«Инструктажи по охране труда. Устройства и приспособления, гасящие вибрации» [13]	«Ботинки с амортизирующими подошвами» [4], «вибропоглощающие перчатки» [4]
«акустические колебания в производственной среде и характеризующие повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума» [3]	«Инструктажи по охране труда. Приспособления, поглощающие и снижающие уровень шума до предельно допустимых значений» [13]	Противошумные вкладыши или наушники
Поражение электрическим током	«Инструктажи по охране труда. Заземление оборудования. Изоляция токоведущих частей. Системы аварийного отключения» [13]	резиновые напольные покрытия, Перчатки с полимерным покрытием, спецодежда
Химическое отравление (через дыхательные пути)	Вентиляция Инструктажи по охране труда	спецодежда
Загрязнение воздуха	Вентиляция Инструктажи по охране труда	спецодежда
стереотипные рабочие движения	Инструктажи по охране труда Соблюдение периодических перерывов	-
«отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения» [3]	Инструктажи по охране труда устройства местного освещения	-

#### 5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Цель данного подраздела – обезопасить объекты производства от угрозы возникновения пожаров. Приведенные ниже таблицы 5-7 содержат информацию об источниках пожарной безопасности и предназначенных для устранения угрозы пожара средствах.

Таблица 5 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

«Участок» [3]	«Оборудование» [3]	Класс пожара	«Опасные факторы при пожаре» [3]	«Сопутствующие факторы при пожаре» [3]
Производственный участок	5140 16М20Ф3	Д	«Неисправность электрооборудования, возгорание промасленной ветоши, искры и пламя» [13]	«Взрывы, Изменение местоположения напряжения на токопроводящие элементы оборудования» [13]

Таблица 6 - Средства защиты и пожаротушения

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

Таблица 7 - Средства по обеспечению пожарной безопасности

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

## 5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Произведенный анализ выявил результаты, занесенные в таблицы 8 и 9.

Таблица 8 - Определение экологически опасных факторов объекта

Технологический процесс	Структурные элементы техпроцесса	Опасное воздействие на атмосферу	Опасное воздействие на гидросферу	Опасное воздействие на литосферу
Изготовление колеса солнечного	5140 16M20Ф3	Стружка, пыль, токсические испарения	Стружка, пыль, технические жидкости, растворы	Стружка, пыль, технические жидкости, растворы, ветошь

Таблица 9 - Разработанные мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

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

## 5.6 Требования к управлению охраной труда внутри организации

«К системам управления охраной труда требования разработаны Международной организацией труда в соответствии с общепризнанными международными принципами на основе широкомасштабного подхода». [18]

«На работодателя возлагается непосредственная ответственность и обязанность по обеспечению безопасных условий и охраны здоровья работников в организации. Применение системы управления охраной труда способствует выполнению этих обязанностей». [18]

Опираясь на полученные ранее анализы исходных данных, были произведены необходимые исследования, которые дали следующие результаты: были рассмотрены и проанализированы технологические операции, а именно – зубодолбежная и токарная, выявлены риски, которые

могут появиться при исполнении операций технологического процесса изготовления колеса солнечного, и опасные факторы, приведены методы и средства для их снижения, перечислены источники угрозы возникновения пожара и средства для их устранения, были обнаружены экологически опасные факторы и приведены мероприятия для уменьшения их влияния на окружающую среду. Применяя в условиях действующего машиностроительного производства, разработанные действия помогут сократить или снизить вредные воздействия, а также повысить экологическую ситуацию на участке механической обработки колеса солнечного.

## 6 Экономическая эффективность работы

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

Для подтверждения экономической целесообразности предложенных совершенствований, необходимо произвести расчеты ряда параметров согласно этапам алгоритму определения экономической эффективности технологических решений (рисунок 6).

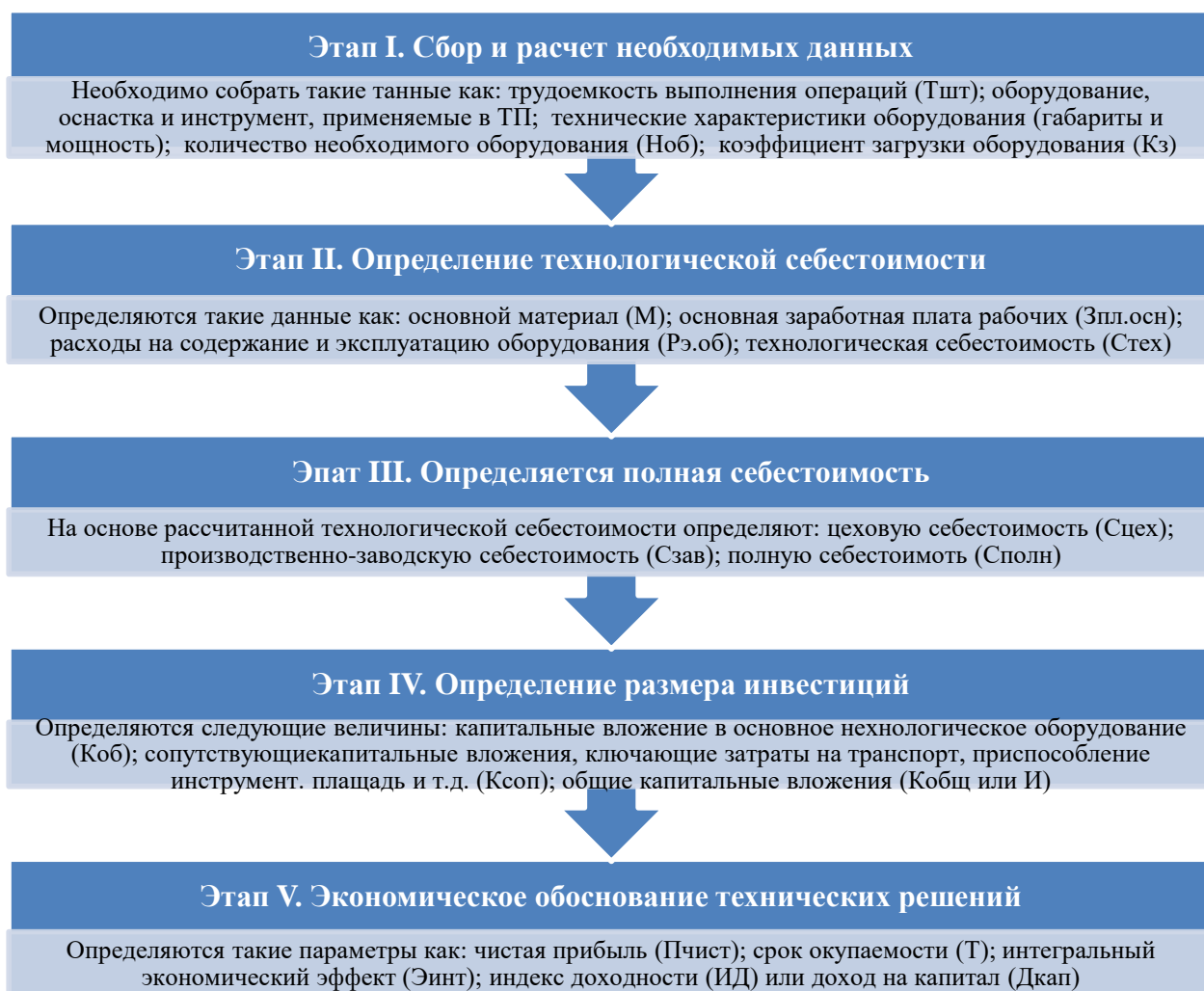


Рисунок 6 – Алгоритм определения экономической эффективности технологических решений

Как видно из рисунка 6, алгоритм предполагает выполнение пяти этапов, каждый из которых имеет обязательные расчеты ряда параметров. Подробная методика расчета этих параметров представлена в учебно-методическом пособии по выполнению экономического раздела выпускной квалификационной работы [10].

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

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

В качестве исходных данных представим краткое описание изменений технологического процесса изготовления детали в виде рисунка 7.

Базовый вариант технологического процесса токарных операций 005 и 015	Проектный вариант технологического процесса токарных операций 005 и 015
<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>Оборудование</u> – токарно-винторезный станок с ЧПУ, модель 16М20Ф3.</li><li>• <u>Оснастка</u> – патрон 3-хкулачковый.</li><li>• <u>Инструмент</u> – резец контурный, ВК4М</li><li>• <u>Трудоемкость</u> – операция 005: Тшт = 1,08 мин, То = 0,72 мин; операция 015: Тшт = 0,86 мин, То = 0,57 мин</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>Оборудование</u> – токарный станок с ЧПУ 16М20Ф3.</li><li>• <u>Оснастка</u> – патрон 3-хкулачковый с автоматическим зажимом</li><li>• <u>Инструмент</u> – резец контурный, со специальной стружколомающей канавкой с пластиной ВК4М.</li><li>• <u>Трудоемкость</u> – операция 005: Тшт = 0,94 мин, То = 0,72 мин; операция 015: Тшт = 0,74 мин, То = 0,57 мин</li></ul>

Рисунок 7 – Краткое описание изменений технологического процесса

Как видно из рисунка 7, изменениям подвергается станочное приспособление. Так как в процессе предложенного технического решения

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

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

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

Результаты выполнения этапа II представлены на рисунке 8.

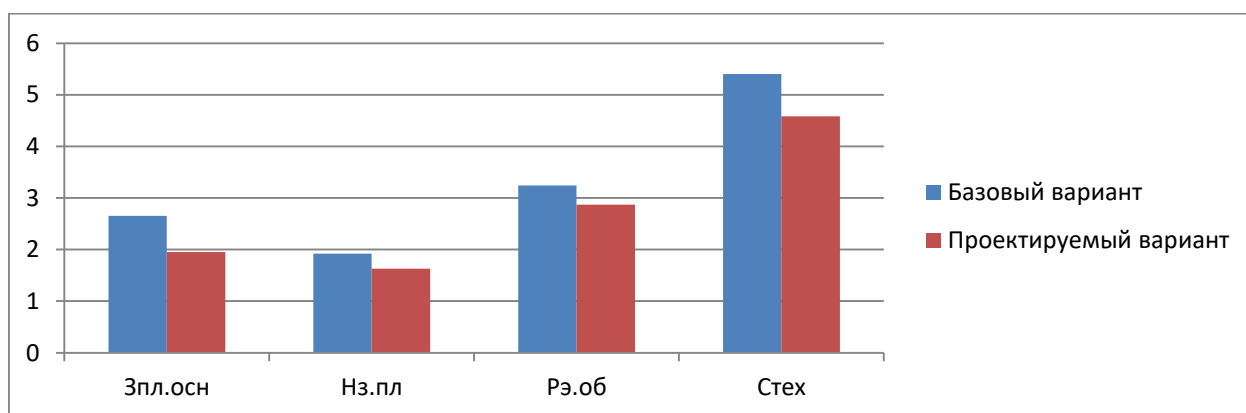


Рисунок 8 – Формирование технологической себестоимости токарных операций 005 и 015 по вариантам, руб.

Анализируя рисунок 8 можно сделать вывод о том, что в проектируемом варианте все расходы представленных параметров снижаются. Такие изменения позволяют в итоге достичь уменьшения технологической себестоимости на 21,45%.



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

Результаты выполнения этапа III представлены на рисунке 9. Анализируя методику расчета полной себестоимости, можно сказать, что основой для ее определения является величина технологической себестоимости. Поэтому, чтобы показать связь между перечисленными видами себестоимости, на этом рисунке представлены все их виды.

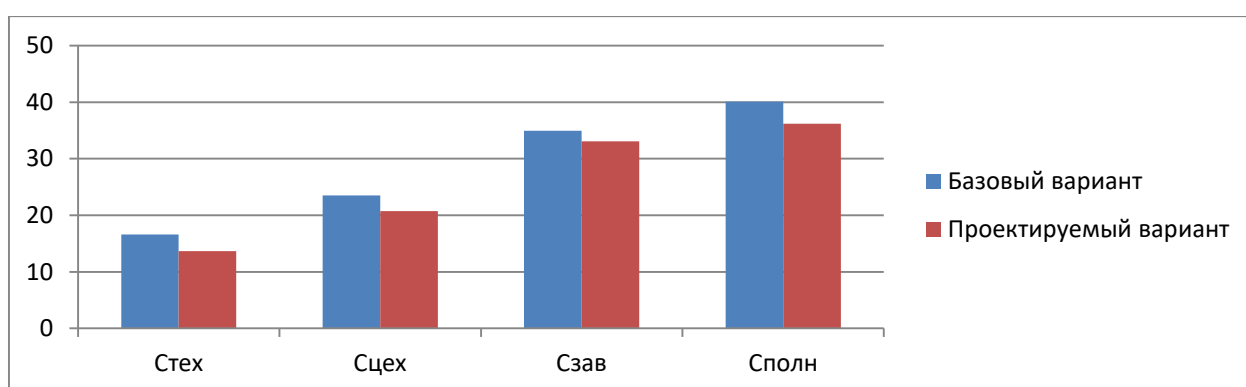


Рисунок 9 – Формирование полной себестоимости токарных операций 005 и 015 по вариантам, руб.

Как видно из рисунка 9, все значения в проектируемом варианте, также имеют тенденцию к снижению. Так полная себестоимость токарных операций 010 и 020 проектируемого процесса уменьшилась на 4,04 рубля, что составляет 21,48%.

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

Результаты выполнения этапа IV представлены на рисунке 10.

Как видно из рисунка 10, инвестиции потребуются на: закупку оборудования ( $K_{OB}$ ); доставку и монтаж оборудования ( $K_M$ ); проектирование ( $Z_{IP}$ ), инструмент ( $K_{II}$ ), производственную площадь ( $K_{Э.Пл}$ ); корректировку управляющей программы ( $K_A$ ) и незавершенное

производство (*НЗП*). Учитывая размеры перечисленных параметров, общий объем инвестиций (*И*) составит 588202,97 рублей.

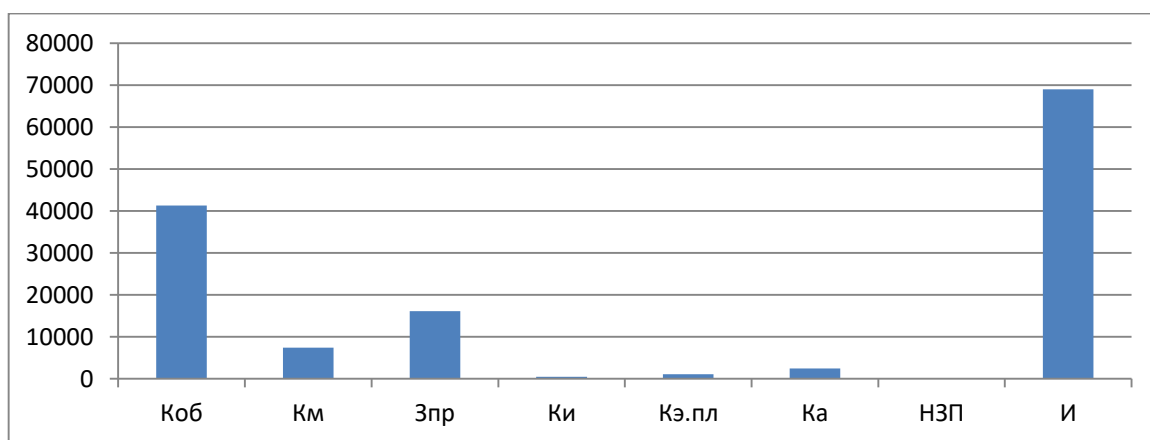


Рисунок 14 – Формирование размера инвестиций на выполнение измененных токарных операции 005 и 015, руб.

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

Из всех перечисленных параметров данного этапа, описанных в рисунке 6 (алгоритм определения экономической эффективности технологических решений), наибольший интерес для итоговых выводов представляют величина интегрального экономического эффекта.

Согласно проведенным расчетам, с учетом размера прибыли на заданную программу выпуска и размера инвестиций, интегральный экономический эффект составит 8747,68 рубля. Данная величина является положительной, что подтверждает целесообразность финансовых вложений в предложенное техническое решение.

## Заключение

В результате выполнения работы нами спроектирован технологический процесс изготовления колеса солнечного механизма дифференциала. Колесо солнечное воспринимает вращение эвольвентными поверхностями внутреннего зубчатого венца и передает вращающий момент при помощи трех отверстий, в которых выполнена метрическая резьба.

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

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

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

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

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

Для зубодолбежной операции технологического процесса нами спроектирован сложнопрофильный режущий инструмент- долбяк.

Экономический расчет показал эффективность работы.

## Список используемых источников

1. Бирюков В.В. Гибридные транспортные средства: учебник / В.В.Бирюков, А.А. Штанг. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2021. – 252 с.
2. Вереина Л. И. Металлообработка [Электронный ресурс] : справочник / Л.И. Вереина, М.М. Краснов, Е. И. Фрадкин ; под общ. ред. Л.И. Вереиной. - Москва : ИНФРА-М, 2013. - 320 с.
3. Горина Л.Н., Фесина М.И. Раздел бакалаврской работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие (2-е изд. Доп.). - Тольятти: Изд-во ТГУ, 2021. –22 с.
4. ГОСТ 12.4.280-2014. Одежда специальная для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий. – 24 с.
5. ГОСТ 4543-2016. Металлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия. – 53 с.
6. Зубарев Ю.М. Методы получения заготовок в машиностроении и расчет припусков на их обработку : учебное пособие для вузов / Ю.М.Зубарев. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 256 с.
7. Кишуров В.М. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке : учебное пособие / В.М. Кишуров, М.В. Кишуров, П.П. Черников, Н.В. Юрасова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 216 с.
8. 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.
9. Колмогоров Г.Л. Технологияковки и объемной штамповки : учеб. пособие / Г.Л. Колмогоров, Т.Е. Мельникова. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 34 с.

10. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством : учеб.-метод. пособие / И.В.Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 183 с.
11. Кудряшов Е.А. Приспособления для производства изделий машиностроения: учебник для вузов / Е.А. Кудряшов, И.М. Смирнов, Е.И.Яцун; под ред. Е.А. Кудряшова. – М. : Инновационное машиностроение, 2018. – 220 с.
12. Лопанов А.Н. Управление безопасностью труда в инженерии : учебное пособие / А.Н. Липанов, О.Н. Томаровщенко. – Белгород : Изд-во БГТУ, 2020. – 224 с.
13. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 29 октября 2021 г. N 776н "Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда".
14. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
15. Резников Л.А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента : электронное учеб. пособие / Л.А. Резников. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 208 с.
16. Сизова Е.И. Технологические процессы производства заготовок. Ч. 1. Получение заготовок литьем и ковкой на молотах : практикум / Е.И.Сизова. – М. : Изд. дом НИТУ «МИСиС», 2019. – 144 с.
17. Тарабарин О.И. Проектирование технологической оснастки в машиностроении : Учебное пособие / О.И.Тарабарин, А.П. Абызов, В.Б.Ступко. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб. : Издательство «Лань», 2021. – 304 с.
18. Шеломенцева И.В. Охрана труда : учебное пособие / И.В. Шеломенцева, Э.С. Дорофеева, А.А. Тарасенко. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2013. – 228 с.

19. Шишкин В.П. Основы проектирования станочных приспособлений. Теория и задачи : учебное пособие / В.П. Шишкин, В.В.Закураев; под ред. А.Е. Беляева. – М. : НИЯУ МИФИ, 2010. – 288 с.

20. Шишко В.Б. Проектирование формоизменения металла при прокатке на сортовых прокатных станах : моногр. / В.Б. Шишко, В.А. Трусов, Н.А. Чиченев. – М. : Изд. дом МИСиС, 2012. – 434 с.

21. Ямников А.С. Основы технологии машиностроения : учебник для вузов / А.С. Ямников, А.А. Маликов ; под ред. А.С. Ямникова. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 252 с.

# Приложение А

## Маршрутные карты

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

Дубл.															
Взам.															
Подп.															
Разработал	Кочетков														
Проверил	Логинов														
Н. Контр.															
M01	ТГУ										6	1			
<b>Венец зубчатый</b>															
M02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры			КД	МЗ			
	-	166	1.0	1		0,6	16	Ø196х26			1	1.83			
А	цех	Уч.	РМ Опер.		Код, наименование операции		Обозначение документа								
Б			Код, наименование оборудования		СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тшт.	
A01	XX	XX	XX	005	Токарная черновая программная с ЧПУ ИОТ № 63										
B02	38	1021	5	Токарный станок с ЧПУ 16Б16Т1С1				1	16045	322	1	1	1	142	1
O03	Точить поверхность 1, выдерживая размер 22 ± 0.2; точить поверхность 8, выдерживая размеры Ø169.2 <sup>+0.4</sup> ;														
O04	точить поверхность 5, выдерживая размер Ø161.5 ± 0.125;														
O05	точить поверхность 6, выдерживая размер 6.4 ± 0.06.														
T06	396110 Патрон самоцентрирующий 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80;														
T07	392190 Резец сборный проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-82;														
T08	392190 Резец сборный расточной Т15К6 ГОСТ 9795-84;														
T09	393311 Штангенциркуль ШЦЦ - I - 125 - 0.05 ГОСТ 166-89;														
A10	XX	XX	XX	010	Токарная черновая программная с ЧПУ ИОТ № 63										
B11	38	1021	5	Токарный станок с ЧПУ 16Б16Т1С1				1	16045	322	1	1	1	142	1
O12	Точить поверхность 4, выдерживая размер 21.6 ± 0.165; точить поверхность 3, выдерживая размеры 20 <sup>0±30</sup> ; Ø185.3-0.5;														
O13	точить поверхность 27, выдерживая р-Ø192.3-0.5.														
МК															

Продолжение приложения А

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1а

Дубл.	Взам.	Глоб.											6	2				
А	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.		
Б	Код, наименование оборудования																	
T01	396110 Патрон самоцентрирующий трёхлачковый ГОСТ 2675-80;																	
T02	392190 Резец сборный проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-82; 392190 Резец сборный расточной Т15К6 ГОСТ 9795 – 84.																	
T03	393311 Штангенциркуль ШЩЦ – III – 250 – 0.05 ГОСТ 166-89.																	
A04	XX	XX	XX	015	4233	Токарная чистовая программная с ЧПУ	ИОТ.№ 63											
B05	38	1021	5	Токарный станок с ЧПУ 16Б16Т1С1	1	16045	322	1	1	1	1	1	142	1				
O06	Точить поверхность 1, выдерживая размер 21.3 ± 0.105;																	
O07	точить канавку поверхность 7, выдерживая размеры 2, R0.5, Ø171 <sup>+1</sup> ;																	
O08	точить фаску 2x30°;																	
O09	точить поверхность 8, выдерживая размер: Ø169.8 <sup>+0.1</sup> ;																	
O10	точить поверхность 6, выдерживая размер 6.1 ± 0.037;																	
O11	точить поверхность 5, выдерживая размеры: Ø162 ± 0.125																	
T12	396110 Патрон самоцентрирующий 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80;																	
T13	392190 Резец сборный проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-82; 392190 Резец канавочный Т15К6 ГОСТ 18885 – 73;																	
T14	392190 Резец сборный расточной Т15К6 ГОСТ 9795 – 84;																	
T15	393410 Микрометр ГОСТ 6507-90; 393311 Штангенциркуль ШЩЦ - III – 250 – 0.05 ГОСТ 166-89;																	
T16	393120 Калибр – пробка для контроля отверстий ГОСТ 24851-81.																	
МК																		



Продолжение приложения А

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1а

Дубл.	Взам.	Побл.																
			Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Код, наименование оборудования	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.
																6	3	
А			Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа											
Б			Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.	
A01	XX.XX.XX	020	4233	Токарная чистовая программная с ЧПУ ИОТ.№ 63														
B02	38 1021 5	Токарный станок с ЧПУ 16Б16 Т1С1	1	16045	322	1	1	1	142	1								
O03	Точить поверхность 4, выдерживая размер 21.2±0.105;																	
O04	точить поверхность 3, выдерживая размеры Ø185.0.5, 20 <sup>0</sup> ±30';																	
O05	точить поверхность 2, выдерживая размер Ø192.0.5.																	
T06	396110	Патрон самоцентрирующий 3-х кулачковый	ГОСТ 2675-80;															
T07	392190	Резец сборный проходной правый Т15К6	ГОСТ 18878-82;															
T08	392190	Резец сборный расточный Т15К6	ГОСТ 9795 – 84;															
T09	393311	Штангенциркуль ШЦЦ – I – 250 – 0.05	ГОСТ 166-89; 393410 Микрометр ГОСТ 6507-90;															
T10	393120	Калибр – пробка для контроля отверстия	ГОСТ 24851-81.															
A11	XX.XX.XX	025	4232	Сверлильная программная с ЧПУ ИОТ.№ 75														
B12	38 1022 0	Вертикально-сверильный с ЧПУ 2Р135Ф2-1	1	16045	322	1	1	1	142	1								
O13	Сверлить 6 отверстий поверхности 13, выдерживая размеры: Ø3.1-0.015, Ø180±0.05, 14±0.215, 30 ±15';																	
O14	зенкеровать 6 отверстий поверхности 13, выдерживая размеры Ø3.3-0.018, 13±0.215, 30±30';																	
O15	Нарезать резьбу М4х0.7 – 7Н на глубину 10±0.18 в 6-ти отверстиях поверхности 13.																	
T16	396131	Тиски станочные	ГОСТ 16518 – 96; 391290 Сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком Ø3.1 Р6М5 ГОСТ 2034-80;															
T17	391391	Метчик машинный М4х0.7-Р	Р6М5 ГОСТ 3266 – 81;															
МК																		



Продолжение приложения А

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1а

Дубл.	Взам.	Подп.											6		5				
			цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.
А01	ХХ.ХХ.ХХ	45	4151	Зубошлифовальная	ИОТ № 74														
Б02	38 1560	6	Зубошлифовальный станок мод 586	1	12277	322	1	1	1	1	142	1							
О03	Шлифовать боковые поверхности зубьев 10 и 12, выдерживая размеры $m=1.0$ , $\varnothing 163.28^{+0.063}$ , $z=52$ .																		
Т04	ХХХХХХХХ Приспособление специальное; 392430 Шлифовальный профильный круг для внутреннего зацепления Р6М5																		
Т05	394300 Прибор для контроля цилиндрических зубчатых венцов ГОСТ 6507 – 81.																		
А07	ХХ.ХХ.ХХ	050	0126	Промывка	ИОТ № 59														
Б08	Х74306	Промывочный агрегат мод. М2-400 2 17405 204 24 1 1 142																	
Т09	Тщательно промыть все поверхности																		
А10	ХХ.ХХ.ХХ	055	7136	Фосфатирование химическое	ИОТ № 58														
Б11	385312	Гальваническая ванна 2 11629 204 24 1 1 142																	
О12	На поверхность зубьев нанести смазку МС-70 ГОСТ 9762-76, остальные – осуществить покрытие хим. фос. нхр. прм.																		
А13	ХХ.ХХ.ХХ	060	0182	Маркирование гравированием	ИОТ № 58														
Б14	Плита 1 – 1 – 630 х 400 ГОСТ 10905 – 86 2 19104 204 24 1 1 142																		
О15	Маркировать: № чертежа, марку материала, дату изготовления.																		
МК																			

