

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 венца зубчатого подъемно-транспортной  
машины

|              |                                                                                                                     |                                  |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Обучающийся  | <u>Н.В. Жидких</u><br>(Инициалы Фамилия)                                                                            | <u>_____</u><br>(личная подпись) |
| Руководитель | <u>к.т.н., доцент А.В. Сергеев</u><br>(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия) | <u>_____</u>                     |
| Консультанты | <u>Кирюшкина А.Н.</u><br>(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)              | <u>_____</u>                     |
|              | <u>Кривова М.А.</u><br>(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)                | <u>_____</u>                     |

## **Аннотация**

Автор: Жидких Никита Владимирович.

Группа: ТМбп-2001ас.

Тема: Технологический процесс изготовления венца зубчатого подъемно-транспортной машины.

В работе спроектирован современный технологический процесс изготовления венца зубчатого подъемно-транспортной машины.

На начальном этапе работы нами описан объект проектирования, которым является зубчатый венец подъемно-транспортной машины, выполнен анализ его поверхностей и выполнена их классификация. Согласно заданной годовой программы выпуска, выбран среднесерийный тип машиностроительного производства и обозначены его характеристики. Для производства заготовки проведено сравнение двух наиболее подходящих типов заготовок и выбрана штамповка. Далее проведены выбор методов обработки каждой поверхности, расчет припусков и расчет режимов резания.

Для токарной операции 020 разработана конструкция токарного патрона. В этом патроне осуществляется базирование заготовки. Конструкцией предусмотрена механизация движений зажима и разжима данного станочного приспособления при помощи пневматического привода. Это мероприятие снизило затрачиваемое время операции и принесло экономическую выгоду.

Для обработки зубчатого венца на зубодолбежной операции 045 спроектирован зуборезный долбяк хвостового типа с износостойким покрытием. Покрытие увеличило стойкость долбяка в 2 раза, что также принесло экономическую выгоду.

## Содержание

|                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение.....                                                                                                                    | 5  |
| 1 Анализ исходных данных.....                                                                                                    | 6  |
| 1.1 Назначение и условия работы детали.....                                                                                      | 8  |
| 1.2 Классификация поверхностей детали.....                                                                                       | 8  |
| 1.3 Анализ требований к поверхностям детали.....                                                                                 | 10 |
| 2 Технологическая часть.....                                                                                                     | 13 |
| 2.1 Определение типа производства.....                                                                                           | 13 |
| 2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....                                                                                  | 14 |
| 2.3 Выбор метода получения заготовки.....                                                                                        | 15 |
| 2.4 Выбор методов обработки .....                                                                                                | 17 |
| 2.5 Определение припусков.....                                                                                                   | 19 |
| 2.6 Расчет режимов резания.....                                                                                                  | 23 |
| 3 Проектирование приспособления.....                                                                                             | 27 |
| 3.1 Исходные данные .....                                                                                                        | 28 |
| 3.2 Силовой расчет .....                                                                                                         | 29 |
| 4 Проектирование режущего инструмента.....                                                                                       | 33 |
| 4.1 Исходные данные.....                                                                                                         | 35 |
| 4.2 Проектирование долбяка.....                                                                                                  | 36 |
| 5 Безопасность и экологичность технического объекта.....                                                                         | 40 |
| 5.1 Конструкторско-технологическая и организационно-<br>техническая характеристики рассматриваемого технического<br>объекта..... | 41 |
| 5.2 Идентификация профессиональных рисков.....                                                                                   | 42 |
| 5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков...                                                                        | 44 |
| 5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта                                                                       | 45 |
| 5.5 Обеспечение экологической безопасности технического<br>объекта.....                                                          | 46 |

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| 6 Экономическая эффективность.....              | 47 |
| Заключение.....                                 | 51 |
| Список используемой литературы.....             | 52 |
| Приложение А. Технологическая документация..... | 55 |

## **Введение**

В машиностроении важное значение имеет неосновное оборудование. Оно предназначено для выполнения вспомогательных работ, связанных с перемещением грузов, очистки производственных помещений и площадей, приготовления пищи для сотрудников, перевозки сотрудников на предприятие и внутри предприятия, коммуникации различных сотрудников и так далее. То есть это оборудование направлено на существование и облегчения существования сотрудников на производстве.

Подъемно-транспортные машины предназначены для подъема и опускания грузов на машиностроительном предприятии, а также их перемещения. Подъемно-транспортные машины отличаются своим разнообразием. Они имеют приводы, которые предназначены для выполнения этими машинами подвижных работ. Приводы подъемно-транспортных машин бывают пневматическими, гидравлическими, электромеханическими и вариациями этим трех основных видов. Приводы состоят из звеньев, которые передают между собой движение для совершения машиной определенной работы.

Составляющей электромеханического привода подъемно-транспортной машины является зубчатый венец. Зубчатый венец предназначен для восприятия вращательного момента посредством плоскостей шпоночного паза и передачи этого движения посредством внутреннего зубчатого венца. Из-за передачи больших усилий, связанных с большими грузами, данная деталь является довольно объемной и тяжелой.

Целью данной работы является проектирование техпроцесса изготовления зубчатого венца подъемно-транспортной машины заданного качества с минимальными затратами на производство, согласно годовой программе выпуска.

## **1 Анализ исходных данных**

«Механизация и автоматизация процессов промышленного производства требуют всемирного расширения области применения различных грузоподъемных и транспортирующих машин и механизмов. Широкое внедрение подъемно-транспортных машин способствует интенсификации производственных процессов, механизации трудоёмких и тяжелых работ, удешевлению стоимости производства, сокращению путей движения грузов в технологической цепи производства и на складах». [12]

«По назначению грузоподъемное оборудование подразделяется на три группы». [12]

«Грузоподъемные устройства и машины предназначены главным образом для вертикального перемещения грузов при относительно небольших горизонтальных перемещениях. К этим машинам относятся грузоподъемные краны, ручные и электрические тали, механические и гидравлические подъемники, штабелеры, лебедки». [12]

«Транспортирующие устройства и машины представляют собой обширную группу устройств, предназначенных преимущественно для горизонтального перемещения грузов. Некоторые из этих устройств позволяют осуществлять и вертикальное перемещение грузов на небольшую высоту. Это так называемые элеваторы и подвесные конвейеры». [12]

«Транспортирующие устройства можно подразделить на механические, пневматические и гидравлические. К механическим транспортирующим устройствам относятся всевозможные конвейеры: ленточные, цепные, роликовые, винтовые, вибрационные и другие. Пневматические транспортирующие устройства служат для перемещения по трубам сыпучих грузов, как непосредственно в смеси с потоком воздуха, так и в специальных капсулах. В гидравлических транспортирующих устройствах для перемещения грузов используют жидкость. При этом транспортирование груза может осуществляться безнапорно или под давлением». [12]

«Грузоподъемно-транспортирующие устройства представляют собой промежуточную группу машин, которые могут выполнять, как грузоподъемные, так и транспортирующие операции. Сюда относятся все авто- и электропогрузчики, ручные и самоходные тележки, монорельсовые дороги, оборудованные ручными или электрическими талями и некоторые другие виды оборудования». [12]

«По характеру работы подъемно-транспортные устройства делят на устройства прерывного (циклического) и непрерывного действия. Устройства прерывного действия характеризуются тем, что для приема или отдачи перемещаемого груза они прерывают свое движение на некоторое время. Устройства непрерывного действия принимают и отдают груз без остановки движения». [12]

«Основные механизмы грузоподъемных машин приведены на рисунке 1». [12]

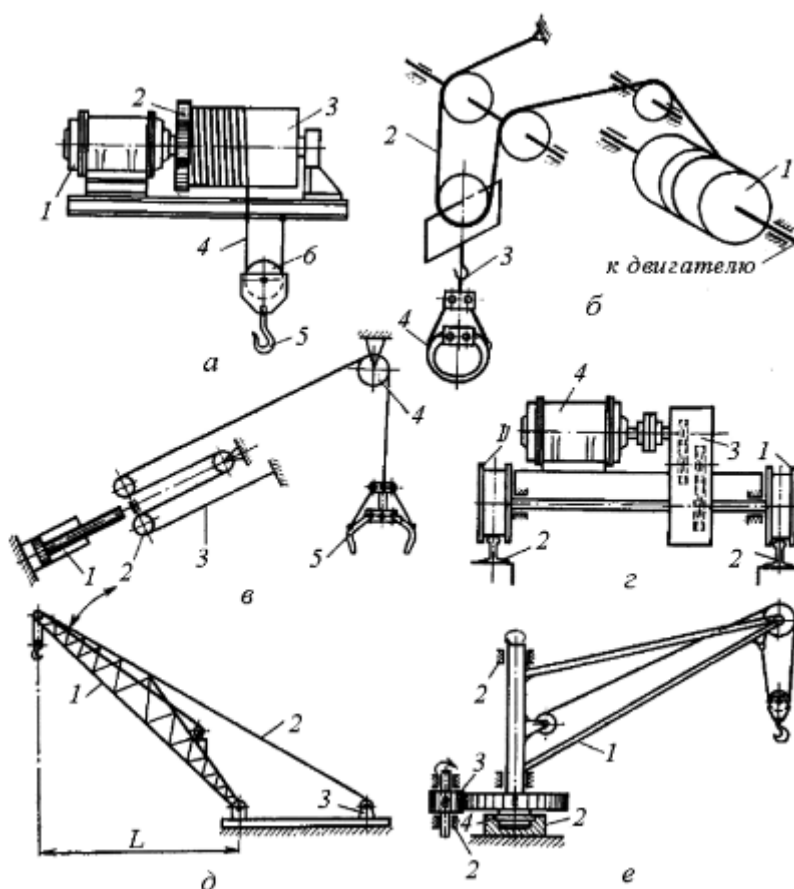


Рисунок 1 – Механизмы грузоподъемных машин

«Выбор типа грузоподъемной машины и ее конструктивной схемы ведется так, чтобы основные параметры машины в наибольшей степени соответствовали условиям выполнения данной технологической или транспортной операции. К основным параметрам грузоподъемной машины относятся:

- грузоподъемность;
- геометрические данные и скорости, осуществляемые всей машиной или отдельными ее механизмами». [12]

«Грузоподъемность обозначает наибольшую массу номинального груза. В величину грузоподъемности включается максимальная масса груза и масса грузозахватного устройства». [12]

«Условия эксплуатации грузоподъемных машин всех типов контролируется Управлением государственного строительного надзора Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору». [12]

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

Венец зубчатый является составляющей электромеханического привода подъемно-транспортной машины. Зубчатый венец предназначен для восприятия вращательного момента посредством плоскостей шпоночного паза и передачи этого движения посредством внутреннего зубчатого венца. Венец зубчатый является довольно массивной деталью привода подъемно-транспортной машины ввиду передачи довольно больших усилий, связанных с массой перемещаемых грузов.

### **1.2 Классификация поверхностей детали**

Для выявления назначения каждой поверхности детали пронумеруем каждую поверхность и представим это на рисунке 2.



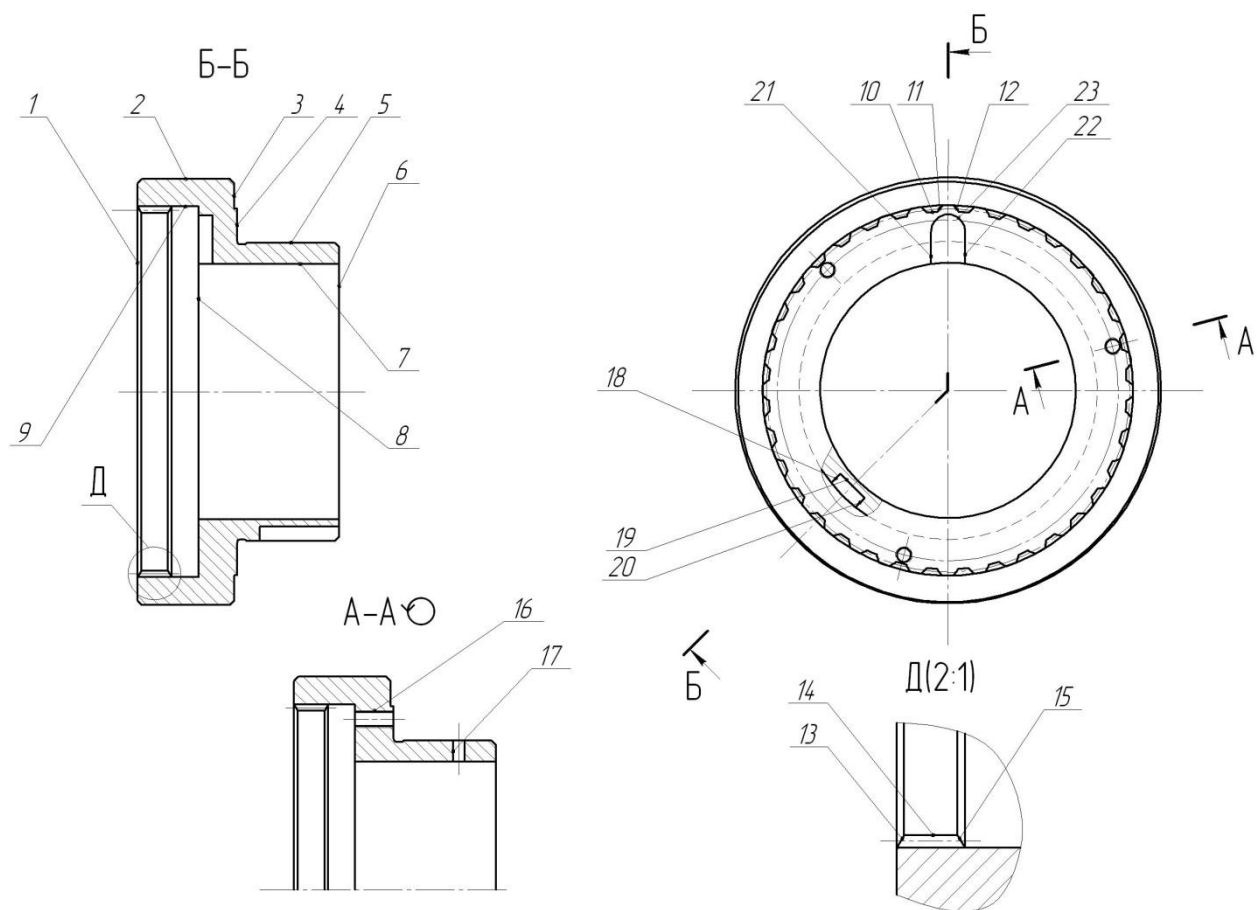


Рисунок 2 – Классификация поверхностей

Исполнительными поверхностями венца зубчатого являются поверхности 11, 12, 18 и 20.

Основными конструкторскими базами являются поверхности 6, 7.

Вспомогательными конструкторскими базами являются поверхности 4, 5, 22, 21, 19.

Остальные поверхности – свободные.

«Во всех отраслях машиностроения и приборостроения наиболее широкое применение нашли зубчатые передачи благодаря ряду их достоинств: постоянству передаточного числа; отсутствию проскальзывания; большой несущей способности при сравнительно малых габаритах и массе; большой долговечности; работе в обширном диапазоне нагрузок;

способности передавать энергию между валами, как угодно расположенными в пространстве; высокому КПД (до 0,995) и так далее». [7]

### 1.3 Анализ требований к поверхностям детали

Материалом зубчатого венца привода подъемно-транспортной машины является сталь 20Х ГОСТ 4543-2016 [2].

Физико-механические свойства стали 20Х представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Физико-механические свойства стали 20Х

| $\sigma_B$ , МПа | НВ        | $\sigma_T$ , МПа | $\psi$ , % | $\delta_5$ , % |
|------------------|-----------|------------------|------------|----------------|
| 470              | 142...179 | 245              | 42         | 19             |

«Современное машиностроение требует повышения служебных свойств и надежности работы изделий, что неразрывно связано с применением и совершенствованием конструкционных сталей и сплавов, а также с разработкой новых материалов с особыми структурой и свойствами для специальных условий эксплуатации. При этом остро стоят вопросы разработки и оптимизации технологий производства и упрочняющей обработки материалов. Для решения данных вопросов современному техническому специалисту необходимо совместно рассматривать особенности кристаллического строения, структуры, химического состава, деформации и разрушения, а также условий применения конструкционных сталей и сплавов. При этом важны теоретические закономерности физико-химических явлений, лежащих в основе традиционных и новых технологий их производства». [9]

«Конструкционные стали являются основным материалом для изготовления широкого спектра деталей, работающих в различных условиях, от надежности которых зависит безопасность эксплуатации конструкций, оборудования, механизмов и машин. Из всех материалов, применяемых в настоящее время и прогнозируемых в будущем, только сталь позволяет

получить оптимальное сочетание высоких значений механических и эксплуатационных характеристик при хорошей технологичности и сравнительно низкой стоимости». [9]

«Изучение структурообразующих процессов в металле является научной основой для повышения свойств существующих и разработки новых конструкционных сталей с заданными структурой и свойствами с учетом растущих потребностей развития современного машиностроения». [9]

«Одно из основных условий развития современного машиностроения – это повышение служебных свойств конструкционных сталей и сплавов. С повышением рабочих нагрузок и ужесточением условий эксплуатации растут требования к деталям и конструкциям, поэтому развитие промышленности требует создания новых марок сталей». [9]

«Решение этих задач связано с разработкой новых составов с особыми структурой и свойствами, с созданием и совершенствованием технологий производства, обработки и упрочнения. Современные технологии производства конструкционных сталей и сплавов основаны на научных методиках реализации физико-химических процессов и явлений». [9]

«В современном машиностроении и приборостроении широкое применение находят стали, в которых помимо железа, углерода и постоянных примесей содержатся специально вводимые добавки других элементов, чаще всего металлов. Эти добавки принято называть легирующими элементами, а стали, соответственно, легированными сталями». [9]

«В качестве легирующих наиболее часто используют следующие элементы: Cr, Ni, Mn, Si, Mo, W, V, Ti, Co, Nb. Реже используются Al, Cu, В и некоторые другие». [9]

«В результате легирования изменяются физические, механические и технологические свойства стали. Изменение свойств стали при ее легировании определяется влиянием легирующих элементов как на свойства фаз, так и на условия протекания фазовых превращений». [9]

«По влиянию на положение точек полиморфного превращения железа легирующие элементы можно разделить на две группы:

1) элементы, понижающие температуру  $A_3$  и повышающие  $A_4$ , то есть расширяющие область существования аустенита и сужающие область феррита;

2) элементы, повышающие точку  $A_3$  и снижающие  $A_4$ . Это приводит к замыканию области существования аустенита». [9]

«Легирующие элементы обычно повышают предел прочности феррита, не изменяя в заметной степени пластических характеристик. Исключение составляют лишь марганец и кремний, которые при их содержании более 2,5% снижают пластичность феррита. Но именно они сильнее всего упрочняют феррит. Внедрение легирующих элементов, за исключением никеля и хрома, значительно снижает ударную вязкость стали и повышает предел хладноломкости. Легирование никелем до 4% и хромом до 1,5% приводит к повышению ударной вязкости и снижению предела хладноломкости». [9]

«Легирующие элементы повышают прочность аустенита при нормальной и повышенной температурах. Упрочнение аустенитных сталей легко достигается также в результате пластической деформации, так как они имеют ГЦК кристаллическую решетку». [9]

«Легирующие элементы, как и железо, способны образовывать карбиды, имеющие высокую твердость». [9]

Конструкция зубчатого венца довольно простая, имеет простую пространственную форму, различные фаски и канавки. Контроль параметров всех поверхностей довольно прост, поэтому делаем вывод о достаточной технологичности детали.

## **2 Технологическая часть**

### **2.1 Определение типа производства**

«Под типом производства понимается совокупность организационно-технических и экономических особенностей производства, обусловленных номенклатурой изготавливаемых изделий, объемами и степенью регулярности выпуска одноименной продукции. Тип производства как категория организации производства характеризует широту номенклатуры продукции, регулярность, стабильность выпуска и объема производства продукции на предприятии». [10]

«Степень постоянства занятости рабочих мест одной и той же работой определяет три основные типа организации производства: массовый, серийный, единичный». [10]

«Массовый тип производства характеризуется постоянной повторяемостью одних и тех же видов работ в технологической цепи, в планируемом периоде и непрерывным движением предметов труда в производственном процессе». [10]

«Серийный тип производства характеризуется регулярной повторяемостью одних и тех же работ на рабочих местах в планируемом периоде. На каждом рабочем месте выполняется несколько видов производственных операций. Движение предметов труда в производственном процессе характеризуется прерывностью. Продукция производится партиями». [10]

«Разновидности серийного производства: крупносерийное, серийное, мелкосерийное». [10]

«Единичный тип производства характеризуется нерегулярной повторяемостью или отсутствием повторяемости работ на рабочих местах в плановом периоде и непрерывным движением предметов труда в производственном процессе». [10]

Исходя из массы детали  $m = 2,6$  кг и годового объема выпуска  $N = 10000$  штук принимаем среднесерийное производство.

## **2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса**

«Серийность производства не только влияет на характер и организацию технологического процесса изготовления изделий машиностроения, не только определяет необходимость и целесообразность внедрения средств автоматизации и механизации при реализации технологического процесса, но и в определенной мере предопределяет компоновку площадей цеха и расстановку основного производственного оборудования. Цеха с мелкосерийным производством продукции организуются по групповому принципу. При этом оборудование в производственных отделениях и участках должно располагаться по принципу поточного производства, в основу которого положен технологический процесс». [8]

«Цеха с крупносерийным производством организуются по принципу создания поточных механизированных линий». [8]

«При расстановке оборудования в рамках прохождения полуфабрикатом последовательности операций технологического процесса проектирование линий внутри цеха можно вести как вдоль пролетов производственного здания, так и поперек пролетов. Выбор направления движения материальных потоков определяется удобством въезда в цех и вывоза готовой продукции из цеха, удобством внутрицеховых транспортных перемещений, длиной и шириной здания цеха, длиной выбранного технологического оборудования, нормируемого расстояния между единицами оборудования и так далее». [8]

«В зависимости от типа серийности машиностроительного производства применяют различные методы управления материальными потоками». [8]

## 2.3 Выбор метода получения заготовки

«На выбор метода получения заготовки влияет имеющееся время на изготовления технологической оснастки (штампов, моделей, пресс-форм и прочее), наличие существующего технологического оборудования. Кроме того, принятый метод получения заготовки должен обеспечивать наименьшую себестоимость изготовления детали, то есть затраты на материал, получение заготовки и последующую механическую обработку должны быть наименьшими. Однако при малой программе выпуска не все методы могут казаться рентабельными из-за того, что расходы на проектирование и изготовление оснастки для заготовительных процессов экономически не окупаются». [24]

«Ориентировочно предварительный выбор метода получения заготовки в зависимости от программы выпуска можно сделать по графику (рисунок 3)». [24]

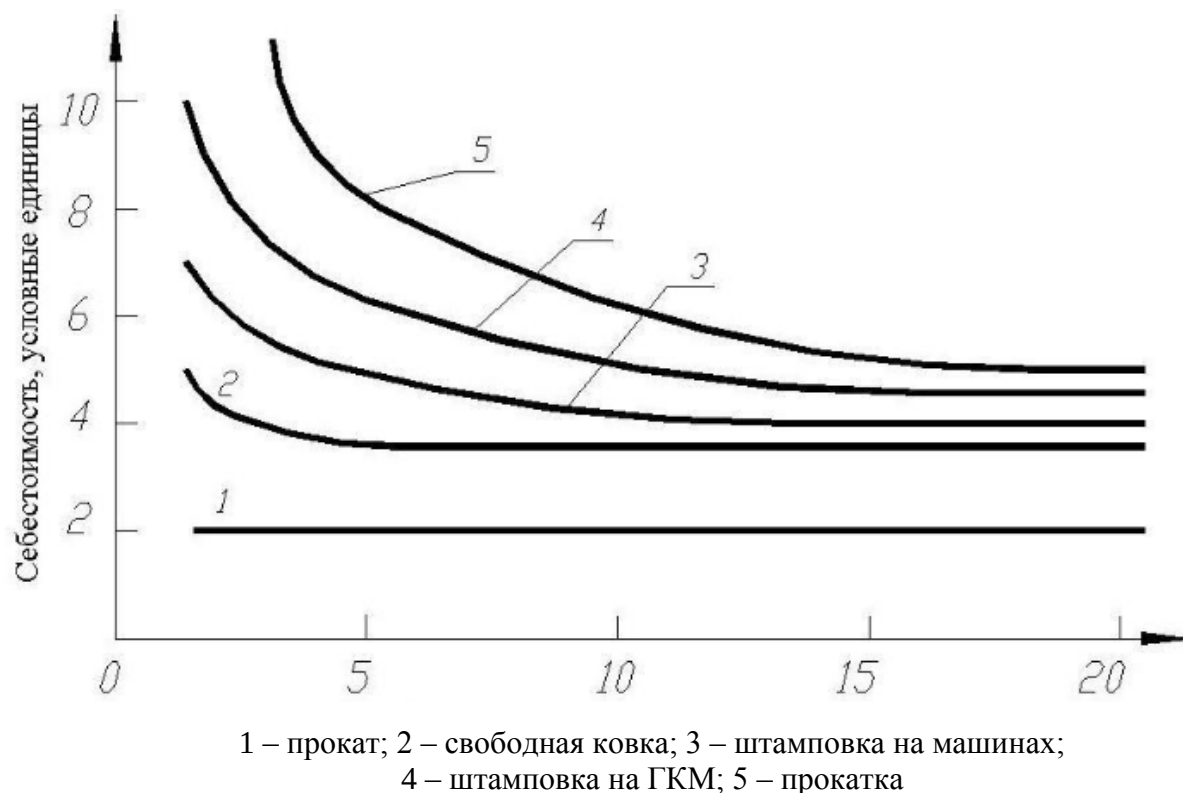


Рисунок 3 – Области применения различных методов получения заготовок

«На вертикальной оси отражена себестоимость заготовки в условный единицах, по горизонтальной оси – годовая программа изготовления заготовок. Окончательный выбор заготовки производится на основе технико-экономических расчетов себестоимости выполнения заготовительных процессов и процессов обработки резанием». [24]

«Выбор заготовки после соответствующих технико-экономических обоснований оформляют назначением класса точности по соответствующему нормативному документу». [24]

Форма детали такова, что ее примерную форму можно получить двумя следующими способами: прокатом или штамповкой. В случае получения заготовки прокатом [11] ее масса будет равна  $m = 4,3$  кг, а при штамповке [27] масса заготовки будет  $m = 2,7$  кг. Выполним подробный расчет для выбора наиболее выгодного варианта.

«Рассчитаем стоимость снятия 1 кг стружки при механической обработке (руб./кг)

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

где  $C_c = 0,495$ ;  $E_n = 0,15$ ;  $C_k = 1,085$ ». [11]

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

«Рассчитаем стоимость 1 кг заготовки, полученной штамповкой (руб.)

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{шт}} \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_\epsilon \cdot k_m \cdot k_n, \quad (2)$$

где  $C_{\text{шт}} = 0,315$ ;  $k_m = 0,9$ ;  $k_c = 0,84$ ;  $k_\epsilon = 1,14$ ;  $k_m = 1,0$ ;  $k_n = 1,0$ ». [11]

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

«Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученной штамповкой (руб.)



$$C_{mш} = C_{зак} \cdot Q_{шм} + C_{мех}(Q_{шм} - q) - C_{отх}(Q_{шм} - q), \quad (3)$$

где  $Q_{шм} = 4,9; q = 2,6; C_{отх} = 0,0144$ ». [11]

$$C_{mш} = 0,2715 \cdot 4,9 + 0,6578(4,9 - 2,6) - (4,9 - 2,6)0,0144 = 2,8101$$

«Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученную прокатом (руб.)

$$C_{mn} = C_{зак} \cdot Q_{np} + C_{мех}(Q_{np} - q) - C_{отх}(Q_{np} - q), \quad (4)$$

где  $Q_{np} = 11,2; q = 2,6; C_{отх} = 0,0144$ ». [11]

$$C_{mn} = 0,1219 \cdot 11,2 + 0,6578(11,2 - 2,6) - 0,0144(11,2 - 2,6) = 6,8985 \text{ руб.}$$

Наиболее выгодным вариантом является штамповка.

«Коэффициент использования материала

$$K_{им} = \frac{M_{д}}{M_3} \text{ »}. [11] \quad (5)$$

$$K_{им} = \frac{2,6}{2,9} = 0,53.$$

$K_{им}$  соответствует среднесерийному производству.

## 2.4 Выбор методов обработки

«Выбор технологических методов производится на основе экономического анализа применения этих методов для конкретных производственных условий. Выбор методов обработки имеет целью обеспечить наиболее рациональный процесс обработки». [27]

«В зависимости от требований, предъявляемых к точности размеров, формы, расположения и параметров шероховатости поверхностей деталей с

учетом ее размеров, массы, конфигурации, типа производства выбирают один или несколько возможных методов обработки и тип соответствующего оборудования». [27]

«Необходимая шероховатость обработанных поверхностей в производстве достигается преимущественно механической обработкой. При выборе метода обработки следует также обратить внимание на применение прогрессивных методов». [27]

Для выполнения качественной обработки поверхностей 1, 2, 3, 4, 8, 9, 13, 14, 15 необходим следующий технологический маршрут: черновое и чистовое точение.

Для выполнения качественной обработки поверхности 5, имеющей следующие особенности: форма поверхности цилиндрическая наружная; квалитет точности IT6; шероховатость Ra 0,63, необходим следующий комплект методов обработки: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

Для выполнения качественной обработки поверхности 6, имеющей следующие особенности: форма поверхности плоская наружная; квалитет точности IT14; шероховатость Ra 1,25, необходим следующий комплект методов обработки: черновое и чистовое точение, черновое шлифование.

Для выполнения качественной обработки поверхности 7, имеющей следующие особенности: форма поверхности цилиндрическая внутренняя; квалитет точности IT6; шероховатость Ra 0,63, необходим следующий комплект методов обработки: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

Для выполнения качественной обработки поверхности 10, имеющей следующие особенности: форма поверхности цилиндрическая внутренняя; квалитет точности IT14; шероховатость Ra 5, необходим следующий комплект методов обработки: зубодолбежная.

Для выполнения качественной обработки поверхности 11, имеющей следующие особенности: форма поверхности эвольвентная внутренняя;

квалитет точности IT8; шероховатость Ra 1,25, необходим следующий комплект методов обработки: зубодолбежная, зубошлифовальная.

Для выполнения качественной обработки поверхности 12, имеющей следующие особенности: форма поверхности эвольвентная внутренняя; квалитет точности IT8; шероховатость Ra 1,25, необходим следующий комплект методов обработки: зубодолбежная, зубошлифовальная.

Для качественной обработки поверхностей 16 и 17: форма поверхности коническая внутренняя; квалитет точности IT10; шероховатость Ra 5, необходим следующий комплект методов обработки: сверление.

Для качественной обработки поверхностей 18 и 20: форма поверхности плоская внутренняя; квалитет точности IT9; шероховатость Ra 5, необходим следующий комплект методов обработки: шпоночно-фрезерная.

Для выполнения качественной обработки поверхности 19, имеющей следующие особенности: форма поверхности плоская внутренняя; квалитет точности IT14; шероховатость Ra 5, необходим следующий комплект методов обработки: шпоночно-фрезерная.

Для качественной обработки поверхностей 21, 22 и 23: форма поверхности плоская внутренняя; квалитет точности IT9; шероховатость Ra 5, необходим следующий комплект методов обработки: шпоночно-фрезерная.

## **2.6 Определение припусков**

«Обеспечение точности параметров деталей, подвергаемых механической обработке, осуществляется снятием с поверхности слоя материала, называемого припуском. Последовательной обработкой заготовки получают готовую деталь с заданными параметрами, обеспечивающими ее качество:

- точность размеров, формы и расположения поверхностей;
- шероховатость и микротвердость поверхностей;

– глубину наклепанного слоя и знак поверхностных напряжений, и так далее». [19]

«Таким образом, припуск есть слой материала, снимаемый с поверхности детали для обеспечения заданного качества. Величина снимаемого припуска должна быть оптимальной, обеспечивающей заданное качество при минимальном расходе материала и времени на обработку. Увеличенные припуски приводят к удалению наиболее изнosoустойчивых поверхностных слоев детали. Кроме того, увеличение припусков снижает экономические показатели технологического процесса, так как ведет к увеличению времени обработки. Малые припуски на обработку не обеспечивают возможности удаления дефектных поверхностных слоев металла, повышают требования к точности заготовок». [19]

«Различают припуски общие, операционные, промежуточные и припуски, снимаемые за один рабочий ход». [19]

Определим припуски на обработку поверхности 5 с параметрами  $\varnothing 105js6(\pm 0,011)$  мм,  $L = 31$  мм,  $Ra = 0,63$  мкм.

«Суммарное отклонение формы и расположения поверхностей (мм)

$$\Delta = 0,25 \cdot Td \gg. [25] \quad (6)$$

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 2,500 = 0,625.$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,350 = 0,088.$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,087 = 0,022.$$

$$\Delta_{TO} = 0,25 \cdot 0,140 = 0,035.$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,054 = 0,014.$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,022 = 0,006.$$

«Максимальное и минимальное значения припуска (мм)

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{i-1})^2 + \varepsilon_i^2} . \quad (7)$$

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(Td_{i-1} + Td_i) \gg. [25] \quad (8)$$

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

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{(\Delta_1)^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,088^2 + 0} = 0,288.$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{T0})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,035^2 + 0^2} = 0,135.$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{(\Delta_3)^2 + \varepsilon_4^2} = 0,05 + \sqrt{0,014^2 + 0} = 0,064.$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(Td_0 + Td_1) = 1,025 + 0,5(2,500 + 0,350) = 2,450.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(Td_1 + Td_2) = 0,288 + 0,5(0,350 + 0,087) = 0,507.$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(Td_{T0} + Td_3) = 0,135 + 0,5(0,087 + 0,054) = 0,206.$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(Td_3 + Td_4) = 0,064 + 0,5(0,054 + 0,022) = 0,0102.$$

Определим значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{4\min} = 104,989.$$

$$d_{4\max} = 105,011.$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2 \cdot Z_{4\min} = 105,011 + 2 \cdot 0,064 = 105,139.$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_3 = 105,139 + 0,022 = 105,161.$$

$$d_{T0\min} = d_{3\max} + 2 \cdot Z_{3\min} = 105,161 + 2 \cdot 0,135 = 105,431.$$

$$d_{T0\max} = d_{T0\min} + Td_{T0} = 105,431 + 0,140 = 105,571.$$

$$d_{2\min} = d_{T0\min} \cdot 0,999 = 105,571 \cdot 0,999 = 105,465.$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 105,465 + 0,087 = 105,552.$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2 \cdot Z_{2\min} = 105,552 + 2 \cdot 0,288 = 106,128.$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 106,128 + 0,350 = 106,478.$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2 \cdot Z_{1\min} = 106,478 + 2 \cdot 1,025 = 108,528.$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 108,528 + 2,500 = 111,028.$$

«Определим средние значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{cpi} = 0,5(d_{imax} + d_{imin}) \rangle. [25] \quad (9)$$

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0max} + d_{0min}) = 0,5(111,028 + 108,528) = 109,778.$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1max} + d_{1min}) = 0,5(106,478 + 106,128) = 106,303.$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2max} + d_{2min}) = 0,5(105,552 + 105,465) = 105,509.$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TOmax} + d_{TOmin}) = 0,5(105,571 + 105,431) = 105,501.$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3max} + d_{3min}) = 0,5(105,161 + 105,139) = 105,150.$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4max} + d_{4min}) = 0,5(105,011 + 104,989) = 105,000.$$

«Определим общий припуск на обработку (мм)

$$2Z_{min} = d_{4min} - d_{0max} \rangle. [25] \quad (10)$$

$$2Z_{min} = 108,528 - 105,011 = 3,517.$$

$$\langle 2Z_{max} = 2Z_{min} + Td_0 + Td_4 \rangle. [25] \quad (11)$$

$$2Z_{max} = 3,517 + 2,500 + 0,022 = 6,039.$$

$$\langle 2Z_{cp} = 0,5(2Z_{min} + 2Z_{max}) \rangle. [25] \quad (12)$$

$$2Z_{cp} = 0,5(6,039 + 3,517) = 4,778.$$

Эти наименьшие и наибольшие припуски будут важны для назначения режимов обработки.

## 2.6 Расчет режимов резания

«Назначение режимов резания является важным элементом при разработке технологических процессов изготовления или ремонта деталей на металлорежущих станках, причем самой распространенной является обработка на токарных станках». [23]

«К основным видам точения относятся: продольное наружное точение, поперечное наружное точение (подрезка торца), отрезание, прорезание, внутреннее продольное точение (расточка)». [23]

«На выбор материала режущей части токарных резцов оказывают влияние условия и вид обработки (прерывистое или непрерывное резание, наличие литейной корки, чистовое, черновое и другие), а также обрабатываемый материал. Режущая часть токарных резцов изготавливается из металлокерамических, минералокерамических, безвольфрамовых твердых сплавов, реже из быстрорежущей стали и сверхтвердых материалов. Твердые сплавы в виде пластин соединяют с крепежной частью с помощью пайки или специальных высокотемпературных клеев, многогранные твердосплавные пластины закрепляют прихватами, винтами и так далее». [23]

«Глубину резания следует брать раной припуску на обработку для данной операции. Если припуск нельзя снять за один рабочий ход, то число проходов должно быть максимально меньшим (два рабочих хода: черновой и чистовой)». [23]

«При черновой обработке выбирают максимально возможную подачу, исходя из прочности и жесткости системы «станок-приспособление-инструмент-деталь», мощности привода станка и других ограничивающих факторов». [23]

«При чистовой обработке подачу выбирают в зависимости от требуемой степени точности и шероховатости обработанной поверхности». [23]

### 2.6.1 Расчет режимов резания на операцию 010.

Переход 1.

Глубина резания  $t = 2,5$ . [21]

Подача  $S = 0,3$ . [21]

«Скорость резания

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

где  $K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; V_0 = 180$ ». [21]

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

«Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D} \text{ ». [21]} \quad (14)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 150,3} = 381,4 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 315 \text{ мин}^{-1}.$$

«Фактическая скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ ». [21]} \quad (15)$$

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 150,3 \cdot 315}{1000} = 148,7 \text{ м/мин.}$$

«Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n \text{ ». [21]} \quad (16)$$

$$S = 0,3 \cdot 315 = 94,5 \text{ мм/мин.}$$

«Основное время



$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} \gg. [21] \quad (17)$$

$$T_0 = \frac{72}{94,5} = 0,76 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Глубина резания  $t = 2,5$ . [21]

Подача  $S = 0,3$ . [21]

Скорость резания

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

Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 89,1} = 643,4 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 630 \text{ мин}^{-1}.$$

Фактическая скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 89,1 \cdot 630}{1000} = 176,3 \text{ м/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{51}{189} = 0,27 \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,76 + 0,27 = 1,03 \text{ мин.}$$

## 2.6.2 Расчет режимов резания на операцию 045.

«Круговая подача

$$S_k = S_{\text{к.табл}} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (18)$$

где  $S_{\text{к.табл}} = 0,3$ ;  $K_1 = 1,0$ ;  $K_2 = 1,0$ ». [21].

$$S_k = 0,3 \cdot 1 \cdot 1 = 0,3 \text{ мм/дв.х.}$$

Скорость резания

$$V = V_{табл} \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (19)$$

где  $V_{табл} = 30$ ;  $K_3 = 1,0$ ;  $K_4 = 1,0$ .

$$V = 30 \cdot 1 \cdot 1 = 30 \text{ м/мин.}$$

«Радиальная подача

$$S_p = (0,1 \dots 0,3) S_K. \quad (20)$$

$$S_p = (0,1 \dots 0,3) S_K = 0,2 \cdot 0,3 = 0,06 \text{ мм/дв.х.}$$

«Частота возвратно-поступательного хода

$$n = \frac{1000 \cdot v}{2 \cdot L_{р.х.}}, \quad (21)$$

где  $L_{р.х.} = 15 \text{ мм. [21]}$

$$n = \frac{1000 \cdot 30}{2 \cdot 15} = 1000 \text{ дв.х./мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{h_1}{S_p \cdot n} + \frac{\pi \cdot m \cdot z}{S_k \cdot n}, \quad (22)$$

где  $h_1 = 2,25$ ;  $z = 36$ ;  $m = 1,0$ .

$$T_0 = \frac{2,25}{0,06 \cdot 1000} + \frac{3,14 \cdot 1 \cdot 36}{0,3 \cdot 1000} = 0,40 + 3,80 = 4,20 \text{ мин.}$$

Рассчитанные режимы обработки указаны в технологической части работы (приложение А) и на технологических наладках, представленных в графической части.

### **3 Проектирование приспособления**

«Проектирование станочных приспособлений является важнейшей частью технологической подготовки производства в машиностроении. Приспособления позволяют обеспечить точное и надежное базирование, закрепление и ориентацию заготовок на станках, что, в свою очередь, определяет качество и производительность механической обработки. В современных условиях мелко- и среднесерийного производства применение эффективных технологических приспособлений является одним из ключевых факторов повышения эффективности и конкурентоспособности предприятий машиностроительной отрасли». [13]

«Необходимость разработки и использования современных станочных приспособлений установлена рядом факторов. Во-первых, постоянно растущие требования к точности изготовления деталей машин и механизмов, вызванные повышением эксплуатационных характеристик продукции. Типовые способы базирования и закрепления заготовок в универсальных приспособлениях зачастую не обеспечивают необходимую точность и стабильность процесса обработки. Применение специальных приспособлений позволяет решить эту проблему за счет обеспечения точного и надежного позиционирования заготовок относительно режущего инструмента». [13]

«Во-вторых, современные тенденции развития машиностроительного производства, связанные с внедрением гибких производственных систем, станков с числовым программным управлением и роботизированных комплексов, предъявляют новые требования к технологической оснастке. Приспособления должны обладать высокой технологичностью, универсальностью и способностью к быстрой переналадке, что позволяет сократить вспомогательное время и повысить производительность оборудования». [13]

«В-третьих, повышение требований к безопасности производства обуславливает необходимость применения специальных приспособлений, обеспечивающих надежное крепление заготовок и защиту станочника от возможных рисков, связанных с технологическим процессом». [13]

«Процесс проектирования и изготовления станочного приспособления затрагивает временные, материальные и энергетические ресурсы. Поэтому необходимость разработки станочного приспособления обосновывается исходя из анализа ряда факторов, которые вполне определены и могут быть оценены качественно или количественно». [13]

### 3.1 Исходные данные

В технологическом процессе изготовления зубчатого венца подъемно-транспортной машины на 020 токарной чистовой операции осуществляется токарная обработка наружных и внутренних поверхностей, как показано на рисунке 4.

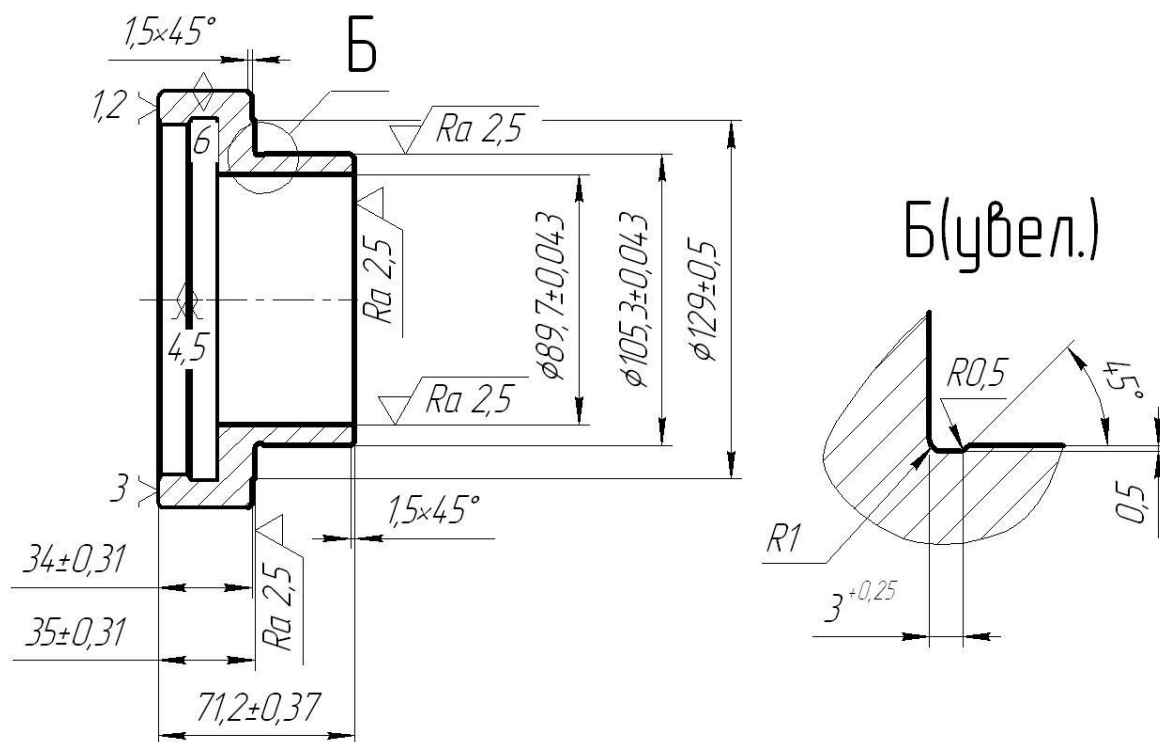


Рисунок 4 – Операционный эскиз

Спроектируем технологическую оснастку для этой операции.

### 3.2 Силовой расчет

Для дальнейших расчетов необходимо рассчитать две составляющие силы резания  $P_Z$  и  $P_Y$ , которые определяются по формуле [21]:

$$P_{y,z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (3.1)$$

где  $C_p$ ,  $n$ ,  $x$ ,  $y$  – коэффициенты и показатели степеней учитывающие конкретные условия обработки;  $T$  – стойкость инструмента;  $t$  – глубина резания;  $S$  – подача;  $K_p$  – коэффициент учитывающий условия обработки.

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,3^{0,9} \cdot 0,2^{0,6} \cdot 149^{-0,3} \cdot 0,9 = 62,8$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 149^{-0,15} \cdot 0,9 = 114,4$$

Для определения усилий закрепления заготовки на токарной операции необходимо рассчитать силы резания, возникающие при обработке и исходить из них, чтоб заготовка оставалась при проведении операции неподвижной.

Силы резания рассчитываются по формуле

$$P_{z,y} = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \cdot [26] \quad (23)$$

Для  $P_y$ :  $C_p = 300$ ;  $x = 1$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = -0,15$ . [26]

Для  $P_z$ :  $C_p = 2430$ ;  $x = 0,9$ ;  $y = 0,6$ ;  $n = -0,3$ . [26]

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{yp} \cdot K_{jp} \cdot K_{np} \quad (24)$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,25^{0,9} \cdot 0,28^{0,6} \cdot 115,4^{-0,3} \cdot 0,9 = 70,4 \text{ Н.}$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,25^{1,0} \cdot 0,28^{0,75} \cdot 115,4^{-0,15} \cdot 0,9 = 127,5 \text{ Н.}$$

Крутящий момент от сил резания

$$M_p = \frac{P_z d_1}{2} \quad (25)$$

$$M_p = \frac{104,58 \cdot 38,2}{2} = 1997.$$

Момент зажима

$$M_3 = \frac{T d_2}{2} = \frac{W f d_2}{2} \quad (26)$$

Схема действия сил представлена на рисунке 5.

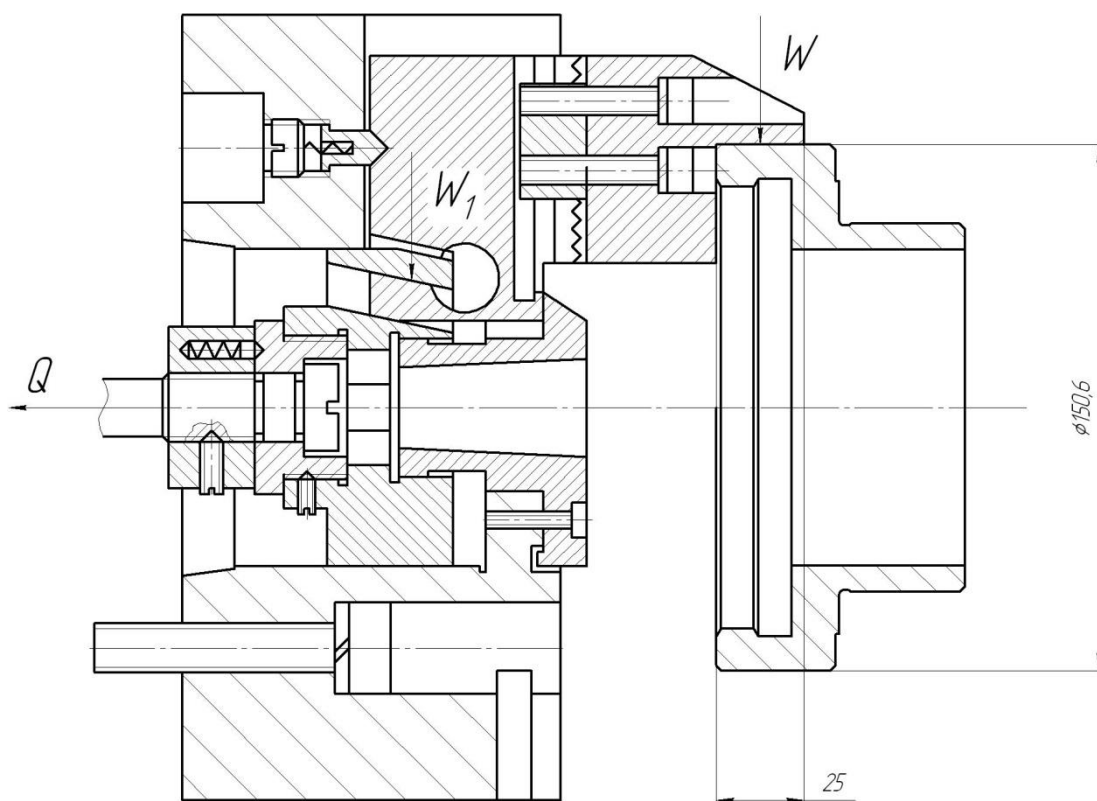


Рисунок 5 – Схема закрепления

$$W^1 = \frac{KM_p}{fd_2} = \frac{Kp_z \cdot d_1}{fd_2} \quad (27)$$

Коэффициент запаса

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (28)$$

где  $K_1 = 1,5; K_2 = 1,0; K_3 = 1,2; K_4 = 1,0; K_5 = 1,0$ . [26]

$$K_{p_z} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 1,8.$$

$$K_{p_z} = 1,80; K_{p_y} = 2,52; f = 0,3. [26]$$

$$W_z^1 = \frac{2K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} = \frac{2 \cdot 1,8 \cdot 127,5 \cdot 147}{0,3 \cdot 36,15} = 6222 \text{ Н.}$$

Крутящий момент от силы  $P_y$

$$M_p^{11} = P_y \ell. \quad (29)$$

Препятствующий этому момент

$$M_3^{11} = T \frac{2}{3} d_2 = \frac{2}{3} W^1 f d_2. \quad (30)$$

Зажимная сила

$$W = \frac{1,5 \cdot K \cdot P_y \cdot l}{f \cdot d_2} \quad (31)$$

$$W = \frac{2 \cdot 1,8 \cdot 114,4 \cdot 150,6}{0,3 \cdot 150,6} = 13728 \text{ Н.}$$

Принимаем для расчета наибольшую силу  $W = 13728 \text{ Н.}$

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left( \frac{3\ell_k}{M_k} \cdot f_1 \right)} \quad (32)$$

$$W_1 = \frac{13728}{1 - \frac{62}{80} \cdot 0,1} = 14881 \text{ Н.}$$

Усилие силового привода

$$Q = \frac{W_1}{i} \quad (33)$$

Для нашего приспособления

$$i_{c.kl} = \frac{1}{tg(\alpha + \varphi) + tg\varphi_1}, \quad (34)$$

где  $\alpha = 15^\circ$ ;  $\varphi = 5^\circ 50'$ . [26].

$$\varphi = arctg\varphi_1 \cdot f_1 \quad (35)$$

$$i_{c.k\ddot{e}} = \frac{1}{tg(15^\circ + 5^\circ 50') + tg5^\circ 50'} = 2,1,$$

$$Q = \frac{W}{i_{c.p.}} = \frac{8107}{2,1} = 3861 \text{ Н.}$$

Диаметр поршня.

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2}, \quad (36)$$

где  $P = 0,4 \text{ МПа}$ .

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 3861}{0,4} + 30^2} = 86.$$

$$D = 90 \text{ мм.}$$

Патрон токарный с пневматическим приводом, применяемый на 020 токарной операции, представлен в графической части.



#### 4 Проектирование режущего инструмента

«Зубодолбление применяют для черновой и чистовой обработки зубчатых колес внутренним и внешним зубьями, многовенцовых зубчатых колес, закрытых зубчатых венцов с внешним зацеплением, если малый зазор для выхода инструмента не позволяет применять другие методы обработки зубчатых реек, шевронных колес без канавки. Однако в большинстве случаев зубодолбление уступает зубофрезерованию червячными фрезами по производительности и точности, но в ряде случаев зубодолбление имеет явные преимущества по сравнению с зубофрезерованием. Основное преимущество зубодолбления по сравнению с обработкой червячной фрезой – меньшая огранка эвольвентного профиля малозубых колес. Кроме того, зубодолбление значительно экономичнее зубофрезерования при нарезании зубчатых колес малой ширины, у которых длина врезания фрезы больше ширины нарезаемого зубчатого венца, а также при обработке зубчатых секторов из-за потерь времени холостого хода». [17]

«Во всех случаях, когда нельзя применить зубофрезерование, нарезание долбьяками успешно используется как в поточно-автоматизированном, так и в единичном производстве зубчатых колес. В настоящее время существует много моделей зубодолбежных станков, на которых можно обрабатывать зубчатые колеса, начиная с диаметра 1,5 мм и модуля 0,1 мм до крупногабаритных колес диаметром до 7 м, модулем более 25 мм и шириной зубчатого венца до 1,5 м». [17]

«Точность нарезания зубчатых колес долбьяками зависит от станка, точности инструмента, жесткости и точности оснастки, от обрабатываемого материала, точности и квалификации оператора. На зубодолбежных станках улучшенной конструкции для обработки цилиндрических колес с наибольшим диаметром 250 мм и модулем 6 мм можно при нарезании колес меньшего диаметра и модуля достичь 6 степени точности». [17]

«Зубодолбление можно производить на заготовках, имеющих сравнительно высокую твердость. Штампованные заготовки зубчатых колес из легированной стали, подвергнутые термической обработке, можно нарезать при HRC 43. Литые стальные заготовки с содержанием углерода около 0,4% можно обрабатывать с максимальной твердостью HRC, приблизительно равной 25. Кроме того, в промышленности накоплен опыт чистового зубодолбления твердосплавными долбьяками зубчатых колес из труднообрабатываемых сталей и сплавов твердостью HRC 43-61». [17]

«При зубодолблении происходит зацепление производящего колеса-долбьяка и нарезаемого колеса. Зуборезный долбьяк представляет собой по форме зубчатое колесо с прямыми или косыми зубьями. В процессе резания долбьяк совершает прямолинейное (для прямозубых колес) или винтовое (для косозубых колес) возвратно-поступательное движение от копира и вращается вокруг своей оси (рисунок 6). При врезании долбьяк получает радиальную подачу». [17]

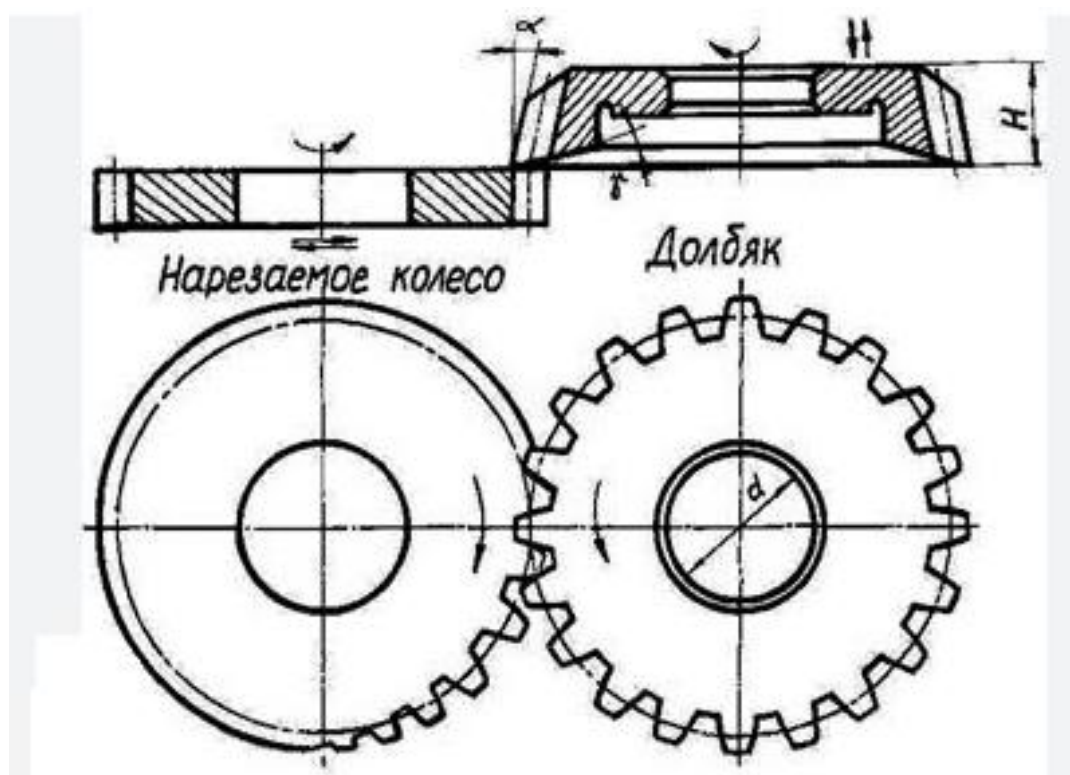


Рисунок 6 – Зубодолбление

«Зубодолбление можно производить за один или несколько проходов в зависимости от модуля, твердости материала, точности и шероховатости обрабатываемых зубьев. В зависимости от числа проходов и мощности станка зубодолбление выполняется в одну или две операции – черновое и чистовое долбление». [17]

#### 4.1 Исходные данные

В техпроцессе изготовления зубчатого венца подъемно-транспортной машины на 045 операции необходимо обработать зубчатый венец, как показано на рисунке 7.

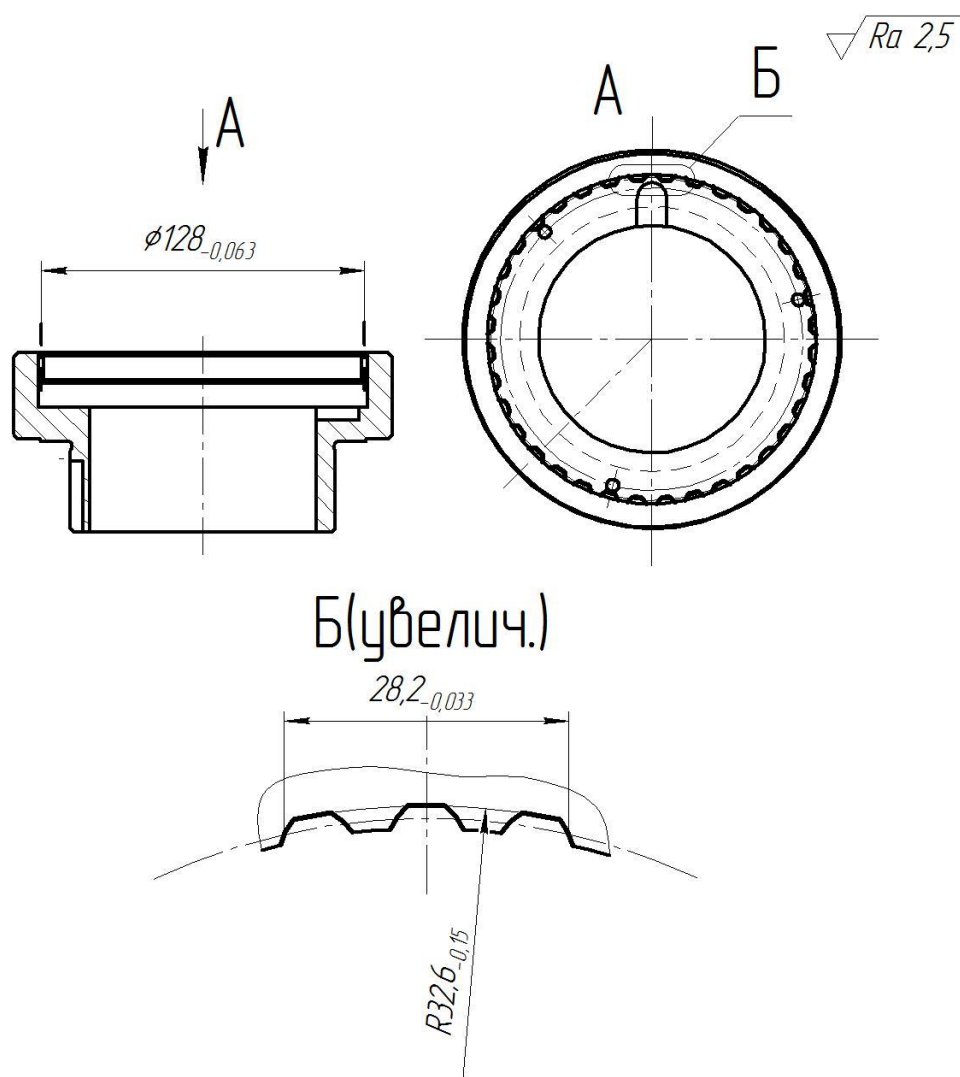


Рисунок 7 – Схема операции 045

Задачей данного раздела является проектирование режущего инструмента для данной операции.

## 4.2 Проектирование долбяка

Параметры внутреннего зубчатого венца:

- модуль  $m = 1,0$  мм;
- число зубьев  $z = 36$ ;
- угол профиля  $\omega = 0$ .

Ориентировочное число зубьев долбяка  $Z_0 = 24$ . [22]

Ориентировочный диаметр делительной окружности долбяка

$$D_0 = m \cdot Z_0 \quad (37)$$

$$D_0 = 1 \cdot 24 = 24.$$

Из стандартного ряда  $D_0 = 25$ .

Число зубьев долбяка

$$Z = \frac{D}{m} \quad (38)$$

$$Z = \frac{25}{1} = 25.$$

$$D = m \cdot Z = 1 \cdot 25 = 25.$$

Диаметры окружностей выступов и впадин долбяка

$$D_{a.исх} = D + 2H_{a.исх} = D + 2,5m \quad (39)$$

$$D_{f.исх} = D + 2H_{f.исх} = D - 2,5m \quad (40)$$

$$D_{a.исх} = 25 + 2,5 \cdot 1 = 27,5.$$

$$D_{f.исх} = 25 - 2,5 \cdot 1 = 22,5.$$

Толщина зуба долбяка

$$S_{исх} = 0,5 \cdot \pi \cdot m + \Delta, \quad (41)$$

где  $\Delta = 0,1$ . [22]

$$S_{исх} = 0,5 \cdot 3,14 \cdot 1 + 0,1 = 1,67.$$

$$S_{исх} = 0,5 \pi m + \Delta = 0,5 \cdot 3,14 \cdot 1 + 0,10 = 1,67, \text{ мм.}$$

«Зуб долбяка для обработки зубчатых колес с углом профиля  $\theta$  в радиальной секущей плоскости должен иметь у вершины передний угол  $\gamma_0 = 5^\circ$  и задний угол  $\alpha_0 = 6^\circ$ ». [22]

$$\Omega = \arctg\left(\frac{\operatorname{tg} \theta}{1 - \operatorname{tg} \gamma_0 \operatorname{tg} \alpha_0}\right) \quad (42)$$

$$\Omega = \arctg\left(\frac{\operatorname{tg} 20^\circ}{1 - \operatorname{tg} 5^\circ \cdot \operatorname{tg} 6^\circ}\right) = 20,171^\circ = 0,352 \text{ рад.}$$

Минимальная толщина зуба долбяка

$$S_{a \min} = 0,51 \sqrt{m} \quad (43)$$

$$S_{a \min} = 0,51 \sqrt{m} = 0,51 \sqrt{1} = 0,51$$

Смещение исходного сечения долбяка.

$$A_1 = 1 \dots 5. \text{ [22]}$$

$$A_2 = 8 \dots 15. \text{ [22]}$$

Диаметры выступов долбяка

$$D_{ai} = D_{a_{\text{нчх}}} + 2A_i \operatorname{tg} \alpha_o \quad (44)$$

$$D_{a1} = 27,5 + 2 \cdot 2 \operatorname{tg} 6^\circ = 27,920.$$

$$D_{a2} = 27,5 + 2 \cdot 8 \operatorname{tg} 6^\circ = 29,182$$

Угол давления эвольвенты

$$\Omega_{ai} = \arccos \left( \frac{D}{D_{ai}} \cos \Omega \right) \quad (45)$$

$$\Omega_{a1} = \arccos \left( \frac{25}{27,920} \cos 20,171^\circ \right) = 0,573, \text{ рад}$$

$$\Omega_{a2} = \arccos \left( \frac{25}{29,182} \cos 20,171^\circ \right) = 0,637, \text{ рад}$$

Толщина зуба

$$S_{ai} = D_{ai} \left( \frac{S_{\text{нчх}}}{D} + \operatorname{inv} \Omega - \operatorname{inv} \Omega_{ai} \right) \quad (46)$$

$$S_{a1} = 27,92 \left( \frac{1,67}{25} + \operatorname{inv} 0,352 - \operatorname{inv} 0,573 \right) = 0,274$$

$$S_{a2} = 29,182 \left( \frac{1,67}{25} + \operatorname{inv} 0,352 - \operatorname{inv} 0,637 \right) = -0,619$$

где  $\operatorname{inv} u = \operatorname{tg} u - u$ .

Уравнение прямой [4]

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} \quad (47)$$

$$\frac{A - A_1}{A_2 - A_1} = \frac{S_{a\min} - S_{a1}}{S_{a2} - S_{a1}}.$$

Новые диаметры выступов и впадин нового долбяка и толщина зуба

$$D_a^{\text{нов}} = D_{a\text{исх}} + 2A \operatorname{tg} \alpha_o = 27,5 + 2 \cdot 0,414 \cdot \operatorname{tg} 6^\circ = 27,587.$$

$$D_f^{\text{нов}} = D_{f\text{исх}} + 2A \operatorname{tg} \alpha_o = 22,5 + 2 \cdot 0,414 \cdot \operatorname{tg} 6^\circ = 22,587.$$

$$S_{\text{нов}} = S_{\text{исх}} + 2A \operatorname{tg} \alpha_o \operatorname{tg} \Omega = 1,67 + 2 \cdot 0,414 \cdot \operatorname{tg} 6^\circ \operatorname{tg} 20,171^\circ = 1,702.$$

$$S_a^{\text{нов}} = D_a^{\text{нов}} \left( \frac{S_{\text{нов}}}{D} + \operatorname{inv} \Omega - \operatorname{inv} \Omega_a^{\text{нов}} \right) = 27,587 \left( \frac{1,702}{25} + \operatorname{inv} 0,352 - \operatorname{inv} 0,555 \right) = 0,659.$$

«Хвостовые долбяки используют в основном при нарезании зубчатых колес малого диаметра с внутренними зубьями: прямозубые долбяки (рисунок 8а) – для прямозубых колес, косозубые долбяки (рисунок 8б) – для косозубых колес». [17]

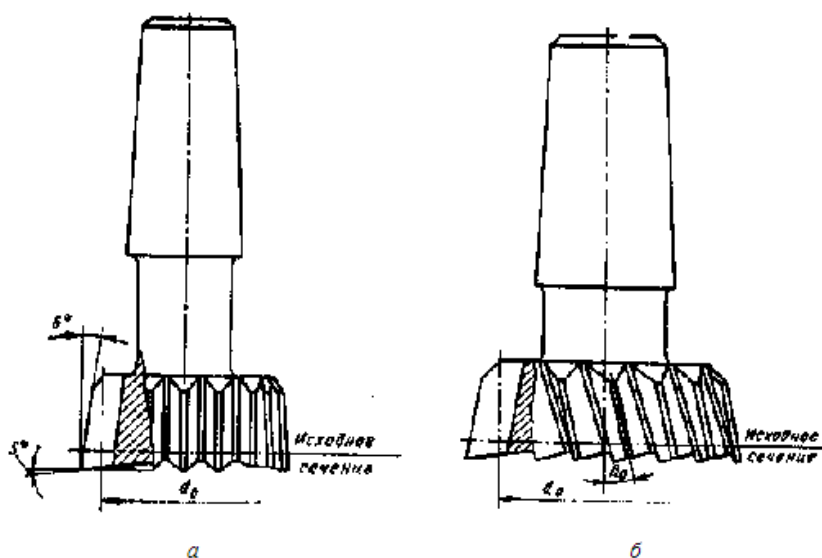


Рисунок 8 – Зуборезные долбяки

«Стандартные зуборезные долбяки изготавливают с износостойким покрытием и без него. Износостойкое покрытие обеспечивает повышение стойкости долбяков за весь срок эксплуатации в 2 раза при одинаковой производительности по сравнению со стойкостью аналогичных долбяков без износостойкого покрытия». [17]

Чертеж долбяка представлен в графической части работы.

## **5 Безопасность и экологичность технического объекта**

Техническим объектом в нашем случае является производственный участок по изготовлению партии зубчатых венцов подъемно-транспортной машины.

«Для предприятий машиностроительного комплекса характерными являются опасные производственные объекты (ОПО) с признаками трех групп: использование опасных веществ, оборудования под давлением, грузоподъемных механизмов. В составе отдельных машиностроительных гигантов, в частности предприятий тяжелого машиностроения, могут встречаться и собственные металлургические производства, предназначенные для получения сталей и сплавов со специальными свойствами». [20]

«Потенциальная опасность является универсальным свойством процесса взаимодействия человека со средой обитания, в том числе в производственной сфере. Достижение абсолютной безопасности (нулевого риска) невозможно, поэтому все технические и прочие системы безопасности базируются на понятии приемлемого (допустимого) риска». [20]

«Приемлемым риском принято считать компромисс между уровнем безопасности и возможностью ее достижения исходя из степени развития общества в разных его аспектах (научно-техническом, экономическом, социальном и других). Для промышленного производства приемлемым называют риск, сниженный до уровня, который организация может допустить, учитывая применимые к ней правовые требования (внешние факторы) и собственную политику в области промышленной безопасности и охраны труда (внутренние факторы)». [20]

«Безопасность достигается путем снижения уровня риска до допустимого. Допустимый риск представляет оптимальный баланс между безопасностью и требованиями эффективности затрат». [20]



«Профессиональная деятельность человека связана с применением технического оборудования, вызывающего в различной степени появление возможных рисков. По природе возникновения риски могут быть классифицированы. Выделяют профессиональные, техногенные и экологические риски». [1]

В данной части работы проанализируем техпроцесс изготовления зубчатого венца подъемно-транспортной машины на предмет безопасности и экологичности.

### **5.1 Конструкторско-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта**

На токарной операции 020 заготовка закрепляется в токарный патрон, имеющий пневматический привод. Применение механизированного привода в приспособлении на этой операции снизило количество ручного труда (увеличило стабильность выполнения операции), что повлияло на безопасность выполнения работ станочника. На первом переходе токарным канавочным резцом с пластиной из твердого сплава T15K6 выполняется технологическая канавка. На втором переходе расточным резцом с пластиной из твердого сплава T15K6 обрабатывается внутреннее центральное отверстие заготовки. На третьем переходе контурным резцом с пластиной из твердого сплава T15K6 обрабатываются наружные поверхности заготовки и две фаски.

За зубодолбежной операции 045 производится долбление внутренних зубьев заготовки зуборезным долбяком хвостового типа методом обкатки. Заготовка базируется на операции в цанговом приспособлении. Долбяк зуборезный имеет режущую часть из быстрорежущей стали P6M5 с покрытием из карбонитрида титана. Инструмент совершает периодическое поступательное движение на заготовку. После двойного хода инструмента на заготовку происходит движение обкатки, при котором и инструмент и заготовка поворачиваются на определенный угол.

## **5.2 Идентификация профессиональных рисков**

«При механической обработке металлов, пластмасс и других материалов на металлорежущих станках (токарных, фрезерных, сверлильных, шлифовальных, заточных и других) возникает ряд физических, химических, психофизиологических и биологически опасных и вредных производственных факторов». [16]

«Двигающиеся части производственного оборудования, передвигающиеся изделия и заготовки, стружка обрабатываемых материалов, осколки инструментов, высокая температура поверхности обрабатываемых деталей и инструмента, повышенное напряжение в электроцепи или статического электричества, при котором может произойти замыкание через тело человека, относятся к категории физически опасных факторов». [16]

При токарной обработке инструментами, которым являются канавочный, проходной и расточной резцы, с заготовки снимается стружка. Эта стружка первое время имеет высокую температуру, поэтому необходимо исключить попадание стружки на кожу человека.

Также образующаяся стружка может попасть в глаз наблюдающему за операцией станочнику. Это тоже является опасным производственным фактором.

Движущиеся части и токарного и зубодолбежного станка являются опасными для работников механообрабатывающего цеха, поэтому для исключения резкого движения в работников необходимо оградить станки специальными защитными ограждениями. Этот предотвратит возможность резкого движения рабочих частей станков в работников цеха.

«Физическими вредными производственными факторами, характерными для процесса резания, являются повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны, высокий уровень шума и вибрации, недостаточная освещенность рабочей зоны, наличие прямой и отраженной

блеклости, повышенная пульсация светового потолка. При отсутствии средств защиты запыленность воздушной среды в зоне дыхания станочников при точении, фрезеровании и сверлении хрупких материалов может превышать предельно допустимые концентрации». [16]

«Основные причины поражения электрическим током:

- случайное прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением в результате ошибочных действий при проведении работ; неисправности защитных средств, которыми пострадавший касался токоведущих частей, а также приближение на опасное расстояние к высоковольтным частям, из-за чего может произойти пробой;

- появление напряжения на металлических конструктивных частях электрооборудования в результате повреждения изоляции токоведущих частей; попадание провода (находящегося под напряжением) на конструктивные части электрооборудования;

- появление напряжения на отключенных токоведущих частях в результате ошибочного включения установки, замыкания между отключенными и находящимися под напряжением токоведущими частями;

- возникновение напряжения шага на участке земли, где находится человек, в результате замыкания фазы на землю, выноса потенциала напряженным токопроводящим предметом, неисправностей в устройстве защитного заземления». [18]

Сегодняшнее машиностроительное производство невозможно без использования смазочно-охлаждающих технических средств (СОТС). Их применяют для снижения температур в зоне резания, облегчения стружкоотделения, вывода стружки из зоны резания и так далее. СОТС чаще всего являются жидкостями, но применяются и твердые средства. Эти средства имеют свойство испаряться и, соответственно, находиться в виде взвесей в воздушном пространстве механообрабатывающего цеха. СОТС состоят из множества компонентов, некоторые из которых являются

вредными для человеческого организма. Это является еще одним вредным производственным фактором.

### 5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Для исключения попадания стружки в станочника на токарном станке с ЧПУ САМАТ-400ХС предусмотрен экран из металла и оргстекла (рисунок 9), который необходимо выдвигать при обработке. При закрытом экране отлетающая стружка будет попадать в него и не попадет в оператора.



Рисунок 9 – Защитный экран токарного станка

Тем не менее, приходя на работу, оператор, управляющий токарным станком, должен переодеться в рабочую одежду и уже в ней осуществлять рабочие действия.

Важным фактором на производстве является освещенность. Она должна быть достаточной при любом времени суток, если производственное

помещение используется. Поэтому необходимо следить за достаточной освещенностью в цехе.

Для снижения уровня запыленности в механообрабатывающем цехе, а также для снижения концентрации взвесей СОТС в воздухе необходима вентиляция. Это осуществляется системами искусственного кондиционирования воздуха. [6] Необходимо обеспечить цех средствами вентиляции воздуха.

Внутри цеха необходимо осуществить электробезопасность. И токарному станку и зубодолбежному станку необходимо выполнить заземление. Это соединение корпуса станка с землей для удаления статического электричества. Также станочник, выполняя работы на станке должен стоять на резиновом коврике. Это обезопасит рабочего-станочника от возможности поражения растекшегося электрического тока.

#### **5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта**

В результате ошибочных действий персонала на производственном участке может возникнуть пожар. Он классифицируется классом Е и связан с воспламенением веществ материалов электроустановок.

«Для тушения пожара используют: разбавление воздуха негорючими газами до таких концентраций кислорода, при которых горение прекращается; охлаждения очага горения ниже определенной температуры (температуры горения); механическое сбивание пламени струей жидкости или газа; снижением скорости химической реакции, протекающей в пламени; создание условий огнепреграждения, при которых пламя распространяется через узкие каналы». [15]

Для предостережения возгорания работники до начала выполнения работ на предприятии обязательно проходят инструктаж по технике безопасности. Там работнику объясняют от чего могут произойти пожары на

производстве и какие действия ему необходимо выполнять при возникновении пожара.

Участок механической обработки должен быть оборудован пожарными гидрантами [5] и огнетушителями [3]. Это позволит потушить пожар на ранней стадии при его возникновении.

### **5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта**

В связи с испарением СОТС необходимо осуществлять вентиляцию помещения. Это искусственно создается системами кондиционирования [14].

В сочетании с действиями по уменьшению вредных выделений на производстве (проветривание помещений, аэрация) системы кондиционирования, вентиляции и отопления создают производственные условия и микроклимат соответствующим необходимым по нормативным актам стандартов охраны труда.

В цехе обязательно устанавливаются системы механической вентиляции. Эти системы искусственно осуществляют увеличение воздухообмена с внешней средой при помощи вентиляторов. Эти системы также улучшают микроклимат рабочих мест на производстве.

В результате проведения анализа безопасности и экологичности технического объекта нами предложены мероприятия по увеличению экологичности и снижению опасности производства партии зубчатых венцов подъемно-транспортной машины.

## 6 Экономическая эффективность работы

Задача раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического проекта, произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта и определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений.

Решение поставленной задачи основано на данных предыдущих разделов. Обобщенная схема производственного процесса представлена на рисунке 10.

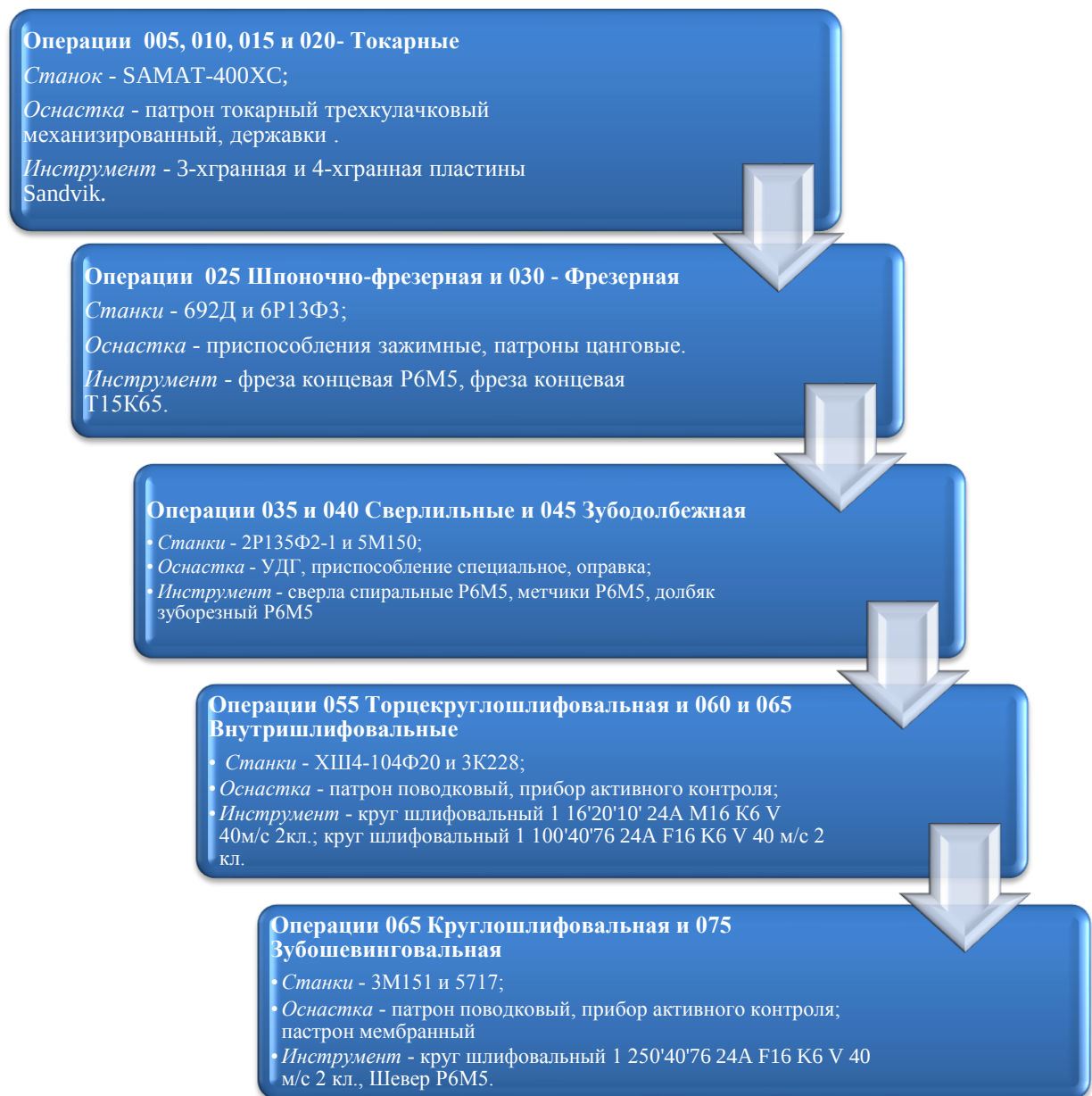


Рисунок 10 – Обобщенная схема процесса производства

Обобщенная схема выделяет операции, наиболее значимые с точки зрения формирования затрат. Количественная оценка этих операций стартует с расчета технологической себестоимости по установленной методике [14]. Величина технологической себестоимости и показатели, ее определяющие, представлены на рисунке 11.

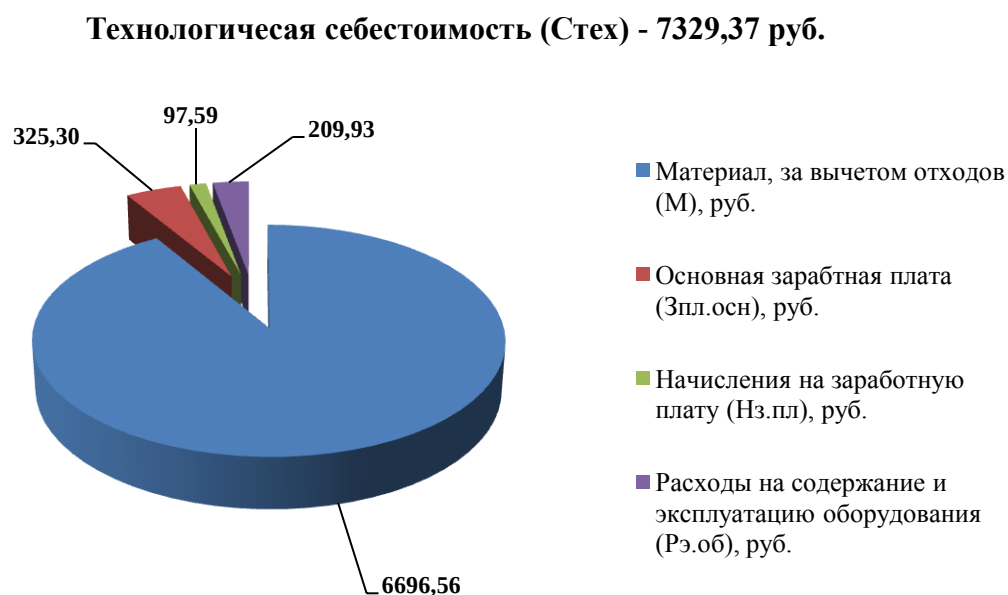


Рисунок 11 – Величина технологической себестоимости, а также, показатели из которых она формируется

Из рисунка 8 наглядно просматривается зависимость величины технологической себестоимости от расходов на материалы, которые составляют 91,5 % от общего объема. При этом, технологическая себестоимость практически не зависит от величины начислений на заработную плату, доля которых составляет всего 1,4 %.

После выполнения всех требуемых вычислений, следующим шагом является определение объема капиталовложений в данный процесс производства, иначе говоря, требуется оценить необходимый масштаб инвестиций. Для этого прибегнем к «методике расчета капитальных вложений (инвестиций) по сравниваемым вариантам технологического



процесса» [14]. По причине того, что технологический процесс является новым, масштаб инвестиций будет основываться на полном перечне затрат. Это будут: «затраты на оборудование, доставку и транспорт ( $K_{ОБ}$ ), затраты на проектирование ( $K_{ПР}$ ), оснастку и инструмент ( $K_{ОИ}$ ), площадь ( $K_{ПЛ}$ ) и программное обеспечение ( $K_{П.ОБ}$ )» [14]. На рисунке 12 представлены данные экономических показателей и общий объем инвестиций.

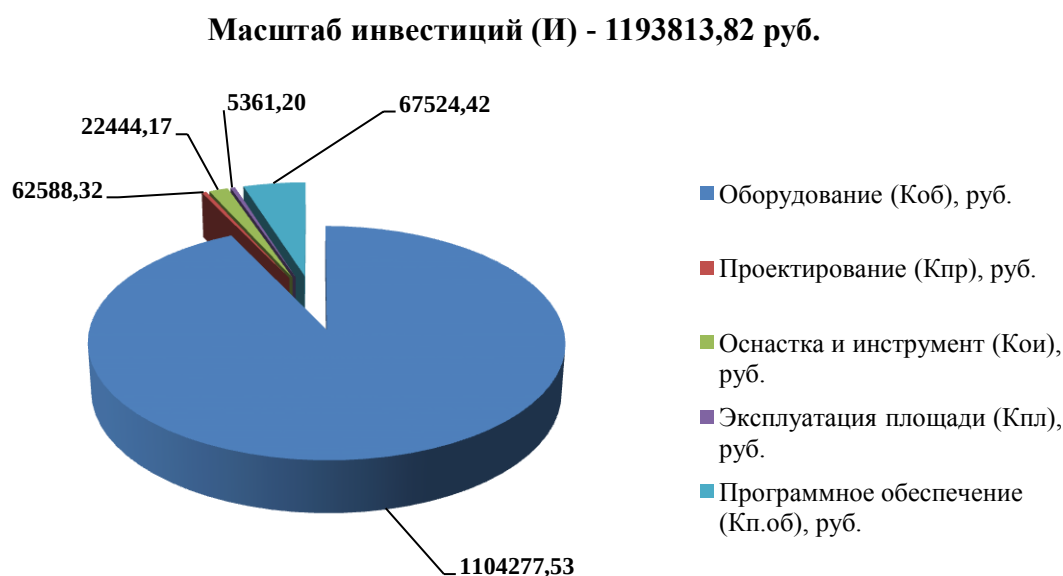


Рисунок 12 – Цифровые данные экономических показателей и общий масштаб инвестиций

Анализ данных рисунка 9 показывает, что подавляющая часть инвестиций (92,5%) приходится на технологическое оснащение. В то же время, затраты на производственные площади составляют лишь 0,4%, что является незначительной долей общих вложений.

Следующим шагом является расчет количественных значений ключевых экономических показателей: чистой прибыли, срока окупаемости и интегрального экономического эффекта [14]. Расчет выполняется в соответствии с «методикой расчета показателей экономической

эффективности проектируемого варианта технологического процесса» [14].  
Полученные значения данных показателей отражены на рисунке 13.

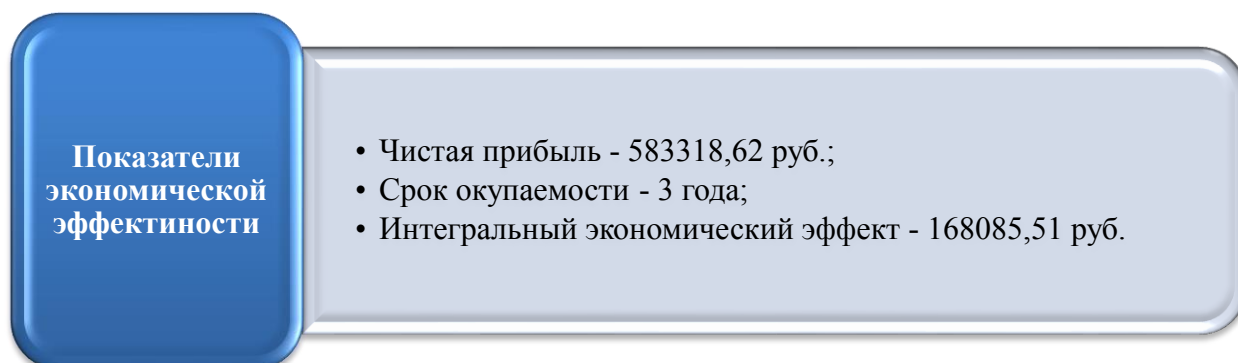


Рисунок 13 – Параметры экономических показателей

Основываясь на проделанных расчетах, можно сделать заключение об эффективности данного технологического процесса. Все проведенные экономические исследования, подтверждают его эффективность, поскольку его реализация приведет к получению совокупного экономического эффекта в размере 168085,51 рублей.

В результате выполнения данного раздела выполнены экономические расчёты, которые подтвердили рентабельность предложенного процесса: сокращение времени обработки на 15% и уменьшение затрат на материалы за счёт рациональной обработки заготовок обеспечили снижение себестоимости производства. Внедрение данной технологии на машиностроительных предприятиях позволит повысить производительность труда, сократить процент брака и расширить номенклатуру выпускаемых изделий.

## **Заключение**

В результате проведения выпускной квалификационной работы нами спроектирован современный техпроцесс изготовления зубчатого венца подъемно-транспортной машины, оснащенный актуальными технологическими средствами.

На начальном этапе работы нами описан объект проектирования, которым является зубчатый венец подъемно-транспортной машины, выполнен анализ его поверхностей и выполнена их классификация. Согласно заданной годовой программы выпуска, выбран среднесерийный тип машиностроительного производства и обозначены его характеристики. Для производства заготовки проведено сравнение двух наиболее подходящих типов заготовок и выбрана штамповка. Далее проведены выбор методов обработки каждой поверхности, расчет припусков и расчет режимов резания.

Для токарной операции 020 разработана конструкция токарного патрона. В этом патроне осуществляется базирование заготовки. Конструкцией предусмотрена механизация движений зажима и разжима данного станочного приспособления при помощи пневматического привода. Это мероприятие снизило затрачиваемое время операции и принесло экономическую выгоду.

Для обработки зубчатого венца на зубодолбежной операции 045 спроектирован зуборезный долбяк хвостового типа с износостойким покрытием. Покрытие увеличило стойкость долбяка в 2 раза, что также принесло экономическую выгоду.

В работе проведен экономический расчет внедряемых изменений базового технологического процесса. Этот расчет показал эффективность выполненной работы.

## Список используемой литературы

1. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : электрон. учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2018. – 41 с.
2. ГОСТ 4543-2016.Metalлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия. – 53 с.
3. ГОСТ 51057-2001. Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний. – 45 с.
4. ГОСТ 9323-79. Долбяки зуборезные чистовые. Технические условия. – 30 с.
5. ГОСТ Р 53961-2010. Техника пожарная. Гидранты пожарные подземные. Общие технические требования. Методы испытаний. – 19 с.
6. ГОСТ Р 59972-2021. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха общественных зданий. Технические требования. – 50 с.
7. Дубов Г.М. Анализ и классификация зубчатых передач: учебное пособие / Г.М. Дубов, Д.С. Трухманов; Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева. – Кемерово, 2020. – 68 с.
8. Жаров М.В. Методы управления материальными и информационными потоками на предприятиях машиностроения: учебное пособие. – М. : Изд-во МАИ, 2023. – 100 с.
9. Земсков Ю.П. Материаловедение: учебное пособие для вузов / Ю.П. Земсков. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург, ДАНЬ, 2024. – 188 с.
10. Зеньков И.В. Менеджмент высоких технологий : учеб. пособие / И.В. Зеньков ; СибГУ им. М.Ф. Решетнева. – Красноярск, 2017. – 216 с.
11. Козлов А.А. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие по выполнению курсовых проектов по дисциплине «Основы технологии машиностроения» / А.А. Козлов, И.В. Кузьмич. – Тольятти : ТГУ, 2008. – 152 с.

12. Константинов В. Ф. Подъемно-транспортные машины : учебное пособие / В. Ф. Константинов. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. - 204 с.
13. Краско А.С. Проектирование станочных приспособлений в машиностроении: учебно-методическое пособие / А.С. Краско, Л.В. Ибаева, К.А. Сухоруков. – М. : МИРЭА – Российский технологический университет, 2024. – 78 с.
14. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством: электрон. учеб.-метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти. : ТГУ, 2014. – 183 с.
15. Кривошеин Д.А. Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие для вузов / Д.А. Кривошеин, В.П. Дмитренко, Н.В. Горькова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 340 с.
16. Люманов Э.М. Безопасность технологических процессов и оборудования : учебное пособие для вузов / Э.М. Люманов, Н.Г. Ниметулаева, М.Ф. Добролюбова, М.С. Джиляджи. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2025. – 224 с.
17. Моргунов А.П. Производство зубчатых колес : учеб. пособие / А.П. Моргунов, И.В. Ревина. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2015. – 228 с.
18. Охрана труда : учебное пособие / сост. С.Н. Румянцев. – Караваево : Костромская ГСХА, 2024. – 228 с.
19. Проектирование технологических процессов машиностроительных производств: Учебник. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 384 с.
20. Промышленная безопасность машиностроительных производств : учебное пособие / С.К. Петров, Т.Н. Патрушева, В.П. Матвеев [и др.]; под ред. С.К. Петрова. – СПб. : Изд-во БГТУ «Военмех», 2022. – 297 с.
21. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.

22. Резников Л.А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента : электронное учеб. пособие / Л.А. Резников. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 208 с.
23. Самойлова Л.Н. Технологические процессы в машиностроении. Лабораторный практикум: Учебное пособие / Л.Н. Самойлова, Г.Ю. Юрьева, А.В. Гирн. – 3-е изд., стер. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 156 с.
24. Силич А.А. Технологические процессы в машиностроении: учебник / А.А. Силич, Г.А. Расторгуев, А.Г. Схиртладзе, Ю.И. Некрасов. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2008. – 405 с.
25. 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.
26. 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.
27. Ющенко Н.И. Восстановление деталей и сборочных единиц при сервисном сопровождении: учебное пособие / Н.И. Ющенко, А.С. Волчкова. – Ставрополь : Изд-во СКФУ, 2016. – 171 с.

# Приложение А

## Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

|       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |
|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|
| Дубл. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | </ |
|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|

## Продолжение таблицы А.1

[illegible]



## Продолжение таблицы А.1

[illegible]

## Продолжение таблицы А.1

[illegible]

## Продолжение таблицы А.1

[illegible]

## Продолжение таблицы А.1

[illegible]