

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 вала-шестерни

Обучающийся

В.А. Лысенко

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент В.А. Гуляев

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Аннотация

В предлагаемой работе разрабатывается технологический маршрут и план изготовления детали «Вал-шестерни» для условий среднесерийного производства. По заданию объем выпуска принят в количестве 10000 деталей в год.

Проводится анализ служебного назначения и технологичности детали. Для проектирования технологии выбран тип производства. Представленная технология по всем признакам соответствует необходимым характеристикам среднесерийного типа производства. Для спроектированной детали назначены по стандартам требования с учетом обеспечения технологичности по всем группам показателей.

Спроектирована для выбранного метода исходная заготовка в виде штамповки. С учетом штамповки минимальной точности и среднесерийного производства разработана операционная технология. Разработан технологический маршрут обработки, выбор и проектирование заготовки. Разработана операционная технология. Выбраны станочное оборудование и станочные приспособления. Разработаны технологические наладки, операционные карты, а также составлена маршрутная карта, содержащая полное описание техпроцесса. Проведены научные исследования силовых характеристик используемого оборудования и инструмента. Проектирование технологического процесса сопровождается разработкой мероприятий по защите охраны труда и обеспечению экологичности спроектированного маршрута.

Эффективность изменений базового технологического процесса подтверждается экономическим расчетом.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ объекта проектирования.....	6
1.1 Анализ технологичности объекта проектирования.....	6
1.2 Формулировка задач работы.....	9
2 Технология изготовления детали.....	11
2.1 Расчет заготовки, выбор методов и средств оснащения.....	11
2.2 Расчет технологических операций.....	23
3 Научные исследования средств оснащения.....	27
3.1 Определение элементов режима резания.....	27
3.2 Исследование силовых характеристик инструмента.....	30
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	34
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	34
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	35
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	36
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	37
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	38
5 Экономическая эффективность работы.....	39
Заключение.....	43
Список используемых источников.....	44
Приложение А. Технологическая документация.....	47

Введение

Основной целью проектирования технологии любого назначения является получение изделия в соответствии с характеристиками и требованиями, указанными в конструкторской документации [1]. Для этого необходимо проанализировать особенности обработки данного изделия в соответствии с принципами технологичности. Изменение конструкции или технических требований к изделию на этапе конструкторской подготовки производства обеспечивает многократное снижение издержек на подготовку производства. Поэтому, работа конструктора, который формирует технические требования и конфигурацию деталей, закладывает технологические издержки и приводит к формированию окончательной технологической себестоимости [10]. Отработка изделий на технологичность с целью избежать дополнительных затрат позволяет обеспечить конкурентоспособность продукции. Также на этапе проектирования необходимо особое внимание обращать на соответствие выбираемых средств оснащения и оборудования, методик расчета припуска и нормирования, организации производственного процесса типу производства. Кроме этого, на выбор всех этих шагов оказывают влияние современные тенденции машиностроения, которые связаны с очень широким применением автоматизированного станочного оборудования [6]. Последние имеют модульную компоновку и обеспечивающего интенсивные режимы резания. Модульность обеспечит гибкость производства и расширяет технологические возможности станочного парка. Интенсивные режимы резания обеспечивают повышение производительности и качества обработки.

Особое внимание уделяется средствам обработки – режущему инструменту. Современный рынок инструмента представлен разнообразным инструментом, выбор осуществляется предприятием в зависимости от производственной необходимости. Общее движение производства осуществляется в экономии средств, поэтому предпочтение отдается

оптимальному решению [8]. Оптимальность в данном случае зависит от назначения работ, в данном разрезе инструмент имеет плюсы и минусы, а решение об использовании ложиться на плечи технологического отдела, который определяет, какой инструмент необходим для решения задачи.

Составные инструменты состоят из державки и режущего элемента, что дает возможность заменить режущую часть и использовать оправку дальше. Минусом в данном случае является ограниченность инструмента длиной режущей части, при допущении критического разрушения режущего элемента на рабочей подаче, высока вероятность разрушения оправки. Так же к минусу можно отнести практическую невозможность модернизации инструмента к специальным работам.

Сборный инструмент является неплохим решением, положительной стороной в данном случае будет выступать простота изготовления, однако потеря и критическое истирание приведет к полной замене [22]. Так же к минусам можно отнести возможность брака при сваривании двух концов разных элементов, что может привести к критическому разрушению инструмента в начале обработки. Так же сборный инструмент ограничен от начала режущей части до точки спайки. В данном случае модернизация инструмента к специальным работам ограничена длиной от режущей части до точки спайки.

Цельный инструмент прекрасное общее решение, плюсом является возможность до заточки инструмента, обрезка исходившей части, изменение формы режущей части и возможность модернизации цельного инструмента для специальных работ [16]. Минусом в данном случае является сложность и дороговизна изготовления цельных инструментов, возможность допущения неточности в заточке, что приведет к критическому разрушению инструмента.

В предлагаемом технологическом процессе необходимо использовать станки с числовым программным управлением и современное оснащение, которое дает возможность использовать высокоскоростную обработку, что снижает трудоемкость и технологическую себестоимость.

1 Анализ объекта проектирования

1.1 Анализ технологичности объекта проектирования

Вал шестерня входит в привод фрезерного шпинделя. Служит для передачи крутящего момента с использованием двух шпоночных пазов и крупно модульного зубчатого венца. Он установлен в однорядных и двухрядных радиально-упорных подшипниках, которые зафиксированы пружинными упругими кольцами, вставленными в канавках на шейках вала. Вал установлен во втулке с зацеплением с зубчатым колесом.

Условия работы вала связаны с высокими скоростями вращения и резко переменными нагрузками. Возникают большие нагрузки под действием силы тяжести [12]. Условия работы тяжелые. На рисунке 1 представлен фрагмент корпуса привода, в который входит вал-шестерня.

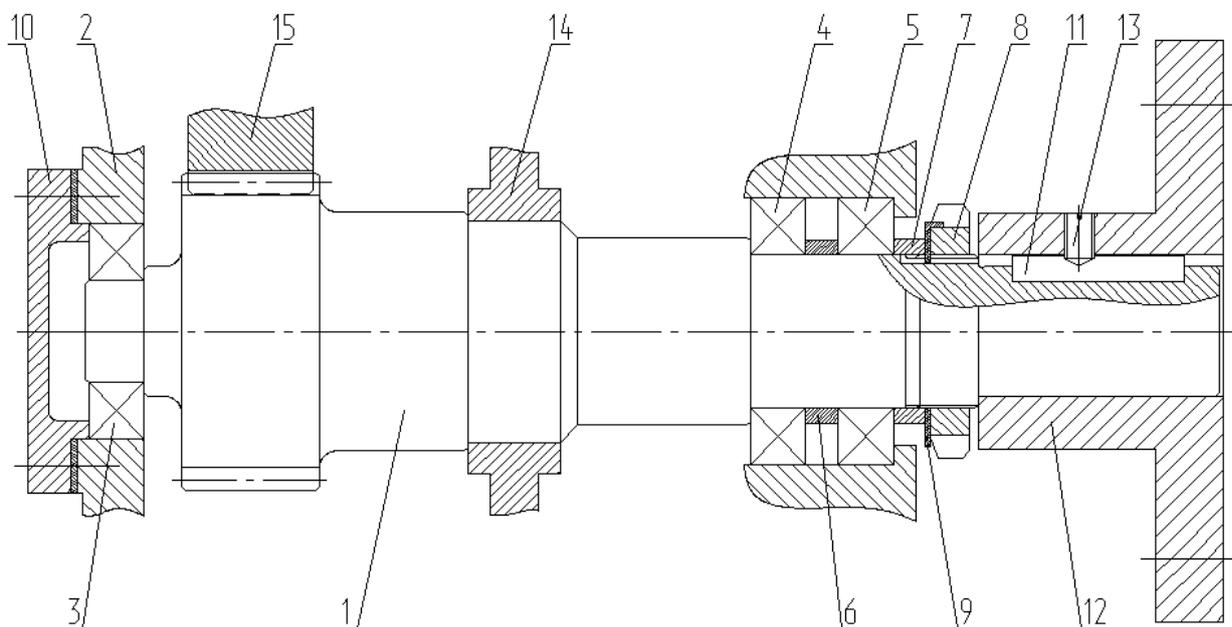


Рисунок 1 – Фрагмент корпуса привода

От работы при передаче крутящего момента на зубья также действуют циклические нагрузки: поперечные сосредоточенные и крутящий момент. Из-

за больших размеров на них действуют большие изгибающие моменты. В контакте зубьев сопрягающихся шестерен значительные силы трения.

На рисунке 1 показаны: 1 – вал-шестерня; 2 – корпус привода; 3, 4, 5 – подшипники; 6 – втулка распорная; 7 – втулка; 8 – гайка; 9 – шайба стопорная; 10 – бурт крышки; 11 – шпонка; 12 – полумуфта; 13 – винт стопорный; 14 – втулка; 15 – колесо зубчатое.

На подшипниках 3-5 в корпусе привода фрезерного шпинделя 2 устанавливается вал-шестерня 1. Втулка распорная 6 устанавливается между подшипниками 4 и 5, которые зафиксированы посредством шайбы стопорной 9 с втулкой 7. Крышка 10 закрепляется в корпусе привода с помощью своего бурта, который упирается в наружное кольцо подшипника 3. Втулка 14 устанавливается на вал-шестерне. С помощью шпонки 11 и стопорного винта 13 устанавливается и фиксируется полумуфта 12 с правого конца вал-шестерни 1. Зубчатое колесо 15 для передачи крутящего момента находится в зацеплении с модульным зубчатым венцом вал-шестерни.

С учетом назначения детали, проведем систематизацию ее поверхности по служебному назначению. Для этого на рисунке 2 показана нумерация поверхностей вал-шестерни.

Все поверхности сгруппированы по своему назначению.

Основные конструкторские базы – шейки 3 и 23, торцы 5 и 23.

Исполнительные поверхности – это шпоночные пазы 33 и 35, а также поверхность эвольвента зубьев 37.

Вспомогательные конструкторские базы – это пазы 33 и 36, шейки 5,6 17, 25 и 29.

Все остальные свободные поверхности, которые не контактируют ни с чем.

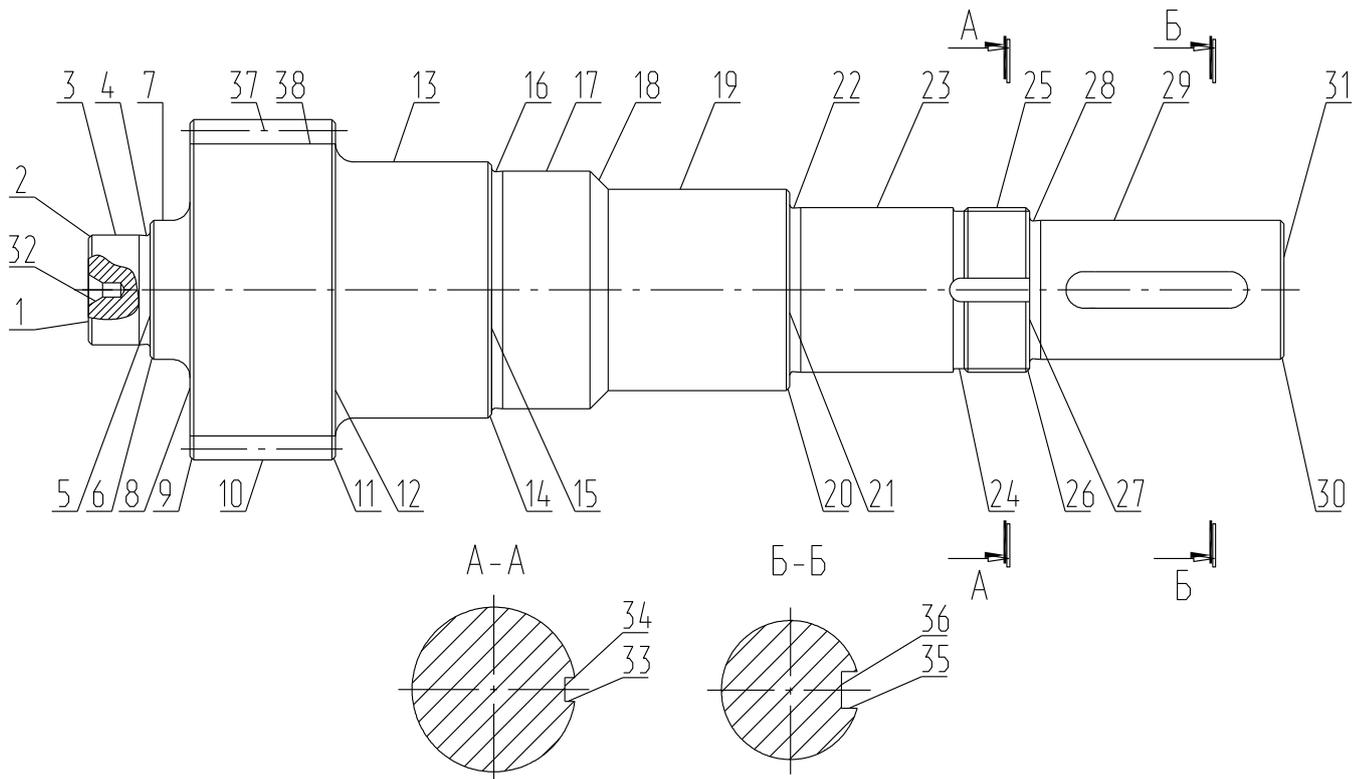


Рисунок 2 – Эскиз вал-шестерни

В качестве материала для изготовления вала выбрана сталь 20Х ГОСТ 4543-2016. Заложено по чертежу требование по твердости HRC 58-62 после цементации. Состав в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав 20Х, %

Элемент	Углерод	Хром	Марганец	Никель	Кремний
Содержание	0,4	0,45-0,75	0,5-0,8	1-1,4	0,17-0,37

Физико-механические свойства материала согласно справочным данным также соответствуют правильности его выбора и соответствуют требованиям служебного назначения детали.

Деталь вал-шестерня имеет достаточно простую форму, так как она включает всего два шпоночных паза разных размеров.

Конструктивные элементы унифицированы. Вал содержит центровое отверстие для установки. Материал детали сталь 20Х, имеет нормальный коэффициент обрабатываемости резанием. Материал обладает низкими литейными свойствами. Целесообразно сравнить два метода получения заготовки – это штамповка или прокат.

Форма детали позволяет получать ее из ступенчатой заготовки, которая будет формироваться методом штамповки. Ступенчатая заготовка может получаться методом штамповки, поэтому точность будет низкая, а припуски большие. Перепад диаметров по краям не большой.

Доступность инструментом обеспечивается, есть нормальный вход – выход инструмента. Метод обработки зубьев – фрезерование. Его можно сделать фасонным инструментом или с помощью обкатки.

Базирование данной детали может проводиться стандартным способом при обработке крайних шеек: в патроне и центрах.

Форму конструктивных элементов можно считать стандартизированной [21]. Конфигурация детали позволяют осуществлять ее установку или перемещение при помощи стандартных захватных устройств.

В целом деталь можно считать технологичной.

1.2 Формулировка задач работы

Целью работы является разработка технологии, которая обеспечит изготовление вала-шестерни по требованиям чертежа в указанном в задании объеме 10000 деталей в год.

С учетом типового проектирования технологического процесса необходимо выбрать тип производства, что позволит более обосновано подходить к выбору оборудования с оснащением.

Для изготовления вала-шестерни должна быть спроектирована заготовка. Так как возможно использовать два варианта, необходимо выбрать

наиболее оптимальный. Для детали и выбранной и спроектированной заготовки выбираются методы обработки.

С помощью типовой технологии сформировать технологический маршрут, который будет ориентироваться на наиболее ответственные или лимитирующие операции, которые необходимо подробно разработать. Для чего провести расчет режимов обработки и нормирования технологических операций.

Провести конструирование для разработки технологического процесса оснащение в виде приспособления и инструмента. Назначить для опасных производственных факторов меры по охране труда.

Провести технико-экономическое обоснование предложенных изменений в технологии и оснащении.

В разделе был проведен детальный анализ служебного назначения детали. Показаны все преимущества и недостатки конструктивных особенностей геометрических параметров детали. Выработана основная стратегия разработки проектируемого технологического процесса изготовления детали. Предложены методы получения заготовки, для чего далее необходимо провести сравнительный анализ и осуществить выбор оптимального способа получения заготовки. Показана технологичность детали. В целом анализ объекта проектирования можно считать достаточным и окончательным.

2 Технология изготовления детали

2.1 Расчет заготовки, выбор методов и средств оснащения

Чтобы получить заготовку для изготовления вал-шестерни, можно воспользоваться возможностями свободной ковки, прокатом, штамповкой в подкладных штампах на прессах и молотах, штамповкой в зафиксированных штампах на прессах, молотах и горизонтально-ковочных машинах.

Заготовки, полученные через свободную ковку, обладают формой, издаലെка похожей на форму нужной детали. Однако как раз подобные заготовки обладают лучшей структурой. Ведь в ходе проковки происходит упрочнение материала. Подобная методика получения нужных заготовок применяется в рамках единичного производства и при изготовлении ответственных деталей.

Преимуществом штамповки на прессах по сравнению со штамповкой на молотах выступает повышение точности заготовки, на 30% меньшее значение напусков и припусков, уровень производительности больше в 1,5-2 раза, на прессах возможна прошивка отверстий, безударность выполнения.

Штамповка с использованием горизонтально-ковочных машин помогает получить заготовки и с отверстием, и с хвостиком. Методика отличается высоким уровнем производительности и довольно значительной точностью полученных заготовок. Можно выделить горячий и холодный вариант штамповки.

Сравним для экономического подтверждения предварительного выбора способа получения заготовки с помощью штамповки два метода получения заготовки – это прокат и штамповка.

Сначала определим тип производства. Согласно требованиям чертежа масса детали равна 5,98 килограмм, а объем выпуска согласно заданию 10000 штук в год. Это соответствует среднесерийному типу производства.

Определим размер партии запуска с помощью формулы

$$n = N \cdot \frac{b}{254}, \quad (1)$$

где b – периодичность запуска (24 дня);

N – объем выпуска по заданию.

В результате получим:

$$n = 10000 \cdot \frac{24}{254} = 1000 \text{ дет.}$$

Для вычисления объема заготовки, полученной с помощью проката, определим ее диаметральный и линейный размеры. Для этого воспользуемся эмпирическими формулами (2) и (3). Заготовка будет представлять собой геометрическую фигуру – цилиндр:

$$\ll d_{\text{ПР}} = d_{\text{Д}}^{\text{max}} \cdot 1,05, \quad (2)$$

где $d_{\text{Д}}^{\text{max}}$ – максимальный диаметр заготовки равный 93 мм.

Получим диаметр цилиндрической заготовки:

$$d_{\text{ПР}} = 93 \cdot 1,05 = 97,7 \text{ мм}$$

$d_{\text{ПР}}$ примем равным 100 мм.

$$l_{\text{ПР}} = l_{\text{Д}}^{\text{max}} \cdot 1,05, \quad (3)$$

где $l_{\text{Д}}^{\text{max}}$ – максимальная длина заготовки равная 329 мм.

Получим длину цилиндрической заготовки

$$l_{\text{ПР}} = 329 \cdot 1,05 = 345,5 \text{ мм}$$

$l_{\text{ПР}}$ примем равным 345,5 мм» [16].

Тогда получим объем цилиндрической заготовки с помощью известной формулы:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{ПР}}^2 \cdot l_{\text{ПР}} . \quad (4)$$

Подставив соответствующие значения, получим:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{ПР}}^2 \cdot l_{\text{ПР}} = \frac{3,14}{4} \cdot 100^2 \cdot 345,5, \text{ мм}^3 .$$

$$V = 2712175 \text{ мм}^3$$

«Массу проката $m_{\text{ПР}}$ рассчитаем по формуле:

$$m_{\text{ПР}} = V \cdot \gamma, \quad (5)$$

где V – объем, мм^3 ;

γ – плотность материала, $\text{кг}/\text{мм}^3$.

Тогда, подставив соответствующие значения, получим» [7]:

$$m_{\text{ПР}} = 2712175 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6}, \text{ кг} .$$

$$m_{\text{ПР}} = 21,29 \text{ кг}$$

«Массу штамповки $m_{\text{Ш}}$ рассчитаем по формуле:

$$m_{\text{Ш}} = m_{\text{Д}} \cdot k_{\text{Р}}, \quad (6)$$

где $m_{\text{Д}}$ – масса детали, кг» [7];

$k_{\text{Р}}$ – безразмерный справочный параметр равный 1,4.

Тогда, подставив соответствующие значения, получим:

$$m_{\text{Ш}} = 5,98 \cdot 1,4, \text{ кг} .$$

$$m_{\text{Ш}} = 8,37 \text{ кг} .$$

Заготовку будем получать на КГШП при индукционном нагреве со справочными параметрами Т3, М2 и С2.

Для экономически целесообразного обоснования выбора оптимального метода получения заготовки определим сначала минимальную стоимость детали, полученной из штамповки:

$$\langle C_D = C_3 + C_{MO} - C_{OTX}, \quad (7)$$

где $C_{3Ш}$ – расходы на получение заготовки;

C_{MO} – расходы на механическую обработку;

C_{OTX} – расходы на стружку.

$C_{3Ш}$ определим по формуле:

$$C_{3Ш} = C_B \cdot m_{Ш} \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II}, \quad (8)$$

где C_B – базовая стоимость, руб./кг;

$m_{Ш}$ – масса заготовки, кг» [7];

k_T – безразмерный параметр, отвечающий за точность;

k_C – безразмерный параметр, отвечающий за «сложность»;

k_B – безразмерный параметр, отвечающий за массу;

k_M – безразмерный параметр, отвечающий за материал;

k_{II} – безразмерный параметр, отвечающий за серийность» [7].

«Выберем из [11] C_B равен 11,20 руб./кг; безразмерные параметры – k_T равен 1,0, k_C равен 0,85, k_B равен 0,9, k_M равен 1,18 и k_{II} равен 1,0

Тогда, подставив соответствующие значения в (8), получим» [7]:

$$C_{3Ш} = 11,20 \cdot 8,37 \cdot 1,0 \cdot 0,88 \cdot 0,9 \cdot 1,18 \cdot 1,0, \text{ руб.}$$

$$C_{3Ш} = 87,63 \text{ руб.}$$

«Определим расходы на механическую обработку по формуле:

$$C_{MO} = (m_{Ш} - m_D) \cdot C_{УД} \quad (9)$$

где $C_{УД}$ – стоимость одного килограмма материала, руб./кг» [7].

«Удельные расходы $C_{УД}$ определим по формуле:

$$C_{УД} = C_C + E_H \cdot C_K. \quad (10)$$

Выберем из [11], как справочные данные E_H равен 0,16, C_C равен 14,8 руб./кг. и C_K равен 32,5 руб./кг.

Тогда, подставив соответствующие значения в (9), получим» [7]:

$$C_{МО} = (8,37 - 5,98) \cdot (14,8 + 0,16 \cdot 32,5), \text{ руб.}$$

$$C_{МО} = 47,84 \text{ руб.}$$

«Возвратная величина $C_{ОТХ}$ будет:

$$C_{ОТХ} = (m_{Ш} - m_{Д}) \cdot Ц_{ОТХ} \quad (11)$$

Расходы на отходы $Ц_{ОТХ}$ примем 0,45 руб./кг. Тогда» [7]:

$$C_{ОТХ} = (8,37 - 5,98) \cdot 0,45, \text{ руб.}$$

$$C_{ОТХ} = 1,08 \text{ руб.}$$

«Подставив соответствующие значения в (7) получим:

$$C_{Д} = 87,63 + 47,8 - 1,08, \text{ руб.}$$

$$C_{Д} = 134,39 \text{ руб.}$$

Расходы на прокат $C_{ЗПР}$ тогда будут:

$$C_{ЗПР} = C_{МПР} \cdot m_{ПР} + C_{ОЗ}, \quad (12)$$

где $C_{МПР}$ – расходы на один килограмм материала равны 15 руб./кг;

$C_{ОЗ}$ – расходы на отрезку, руб.

$$C_{ОЗ} = \frac{C_{ПЗ} \cdot T_{ШТ}}{60}, \quad (13)$$

где $C_{ПЗ}$ – затраты на рабочем месте равны 30,2 руб./ч.

Штучное время $T_{ШТ}$ определим по формуле:

$$T_{ШТ} = T_0 \cdot \Phi_K, \quad (14)$$

где T_0 – машинное время, мин;

ϕ_K – безразмерный параметр, отвечающий за оснастку равен 1,5.

T_0 определим по формуле:

$$T_0 = 0.19 \cdot d_{IP}^2 \cdot 10^{-3} \quad (15)$$

Далее получим следующие результаты вычислений» [7]:

$$\langle T_0 = 0,19 \cdot 100^2 \cdot 10^{-3}, \text{ мин};$$

$$T_0 = 1,90 \text{ мин};$$

$$T_{ШГ} = 1,90 \cdot 1,5, \text{ мин};$$

$$T_{ШГ} = 2,85 \text{ мин};$$

$$C_{OЗ} = \frac{30,2 \cdot 2,85}{60}, \text{ руб.};$$

$$C_{OЗ} = 1,43 \text{ руб.};$$

$$C_{ЗПР} = 15 \cdot 21,29 + 1,43, \text{ руб.};$$

$$C_{ЗПР} = 320,79 \text{ руб.};$$

$$C_{МО} = (21,29 - 5,98) \cdot (14,8 + 0,16 \cdot 32,5), \text{ руб.};$$

$$C_{МО} = 306,21 \text{ руб.};$$

$$C_{ОТХ} = (21,29 - 5,98) \cdot 0,45, \text{ руб.};$$

$$C_{ОТХ} = 6,89 \text{ руб.}$$

Определим коэффициент использования материала при штамповке и прокате по формуле:

$$K_{ИМ} = \frac{m_D}{m_3} \quad (16)$$

При штамповке:

$$K_{ИМ} = \frac{5,98}{8,37} = 0,71.$$

При прокате» [7]:

$$K_{ИМ} = \frac{5,98}{21,29} = 0,28.$$

«Результаты показывают, что штамповка выгоднее проката.

Годовой экономический эффект определим по формуле:

$$\mathcal{E}_Г = (C_{Д_{ПП}} - C_{Д_{Ш}}) \cdot N \quad (17)$$

где $C_{Д_{ПП}}$ – расходы на изготовление детали (заготовка – прокат);

$C_{Д_{Ш}}$ – расходы на изготовление детали (заготовка – штамповка).

После подстановки соответствующих значений в (17), получим» [7]:

$$\mathcal{E}_Г = (620,11 - 134,39) \cdot 10000, \text{ руб.}$$

$$\mathcal{E}_Г = 4857200 \text{ руб.}$$

Технологические переходы по поверхностям указаны в таблице 2.

Таблица 2 – Технологические переходы

Номер поверхности	Квалитет	Ra, мкм	Переход
«2, 4, 6-9, 11-14, 16, 18-20, 22, 24, 26-28, 30	14	12,5	обтачивание черновое
2, 4, 6-9, 11-14, 16, 18-20, 22, 24, 26-28, 30	10	6,3	обтачивание чистовое
25	13	12,5	обтачивание черновое
25	10	6,3	обтачивание чистовое
25	10	6,3	нарезание резьбы
17, 29	13	12,5	обтачивание черновое
17, 29	10	6,3	обтачивание чистовое
17, 29	6	1,25	шлифование чистовое
35	13	6,3	фрезерование черновое
3, 23	14	12,5	обтачивание черновое
3, 23	10	6,3	обтачивание чистовое
3, 23	9	3,2	шлифование черновое
3, 23	6	1,25	шлифование чистовое
5, 21	14	12,5	обтачивание черновое
5, 21	10	6,3	обтачивание чистовое
5, 21	9	3,2	шлифование черновое
5, 21	7	1,25	шлифовка чистовая» [3]
37	7A	1,25	фрезерование зубьев
37	7A	1,25	прикатывание зубьев
38	13	6,3	фрезерование зубьев
38	13	6,3	прикатывание зубьев
36	12	6,3	фрезерование черновое
33, 34	14	6,3	фрезерование черновое

Расчет припусков на размер 45j6 проведем табличным методом [13] и покажем в таблице 3 и на рисунке 3.

Таблица 3 – Расчет припусков

Переход	Элементы припуска, мкм			Допуск, мкм	Размер, мм		Припуск, мкм	
	R_z	T	ρ		d_{min}	d_{max}	$2z_{min}^{np}$	$2z_{max}^{np}$
«Штамповка	360	-	1110	2600	51,548	48,948	-	-
Токарная черновая	100	650	67	390	46,046	45,656	2,902	6,892
Токарная чистовая	50	39	44	100	45,401	45,301	0,255	0,745
Шлифование черновое» [2]	30	26	22	39	45,138	45,099	0,163	0,302
Шлифование чистовое	20	0	11	16	45,011	44,995	0,088	0,143

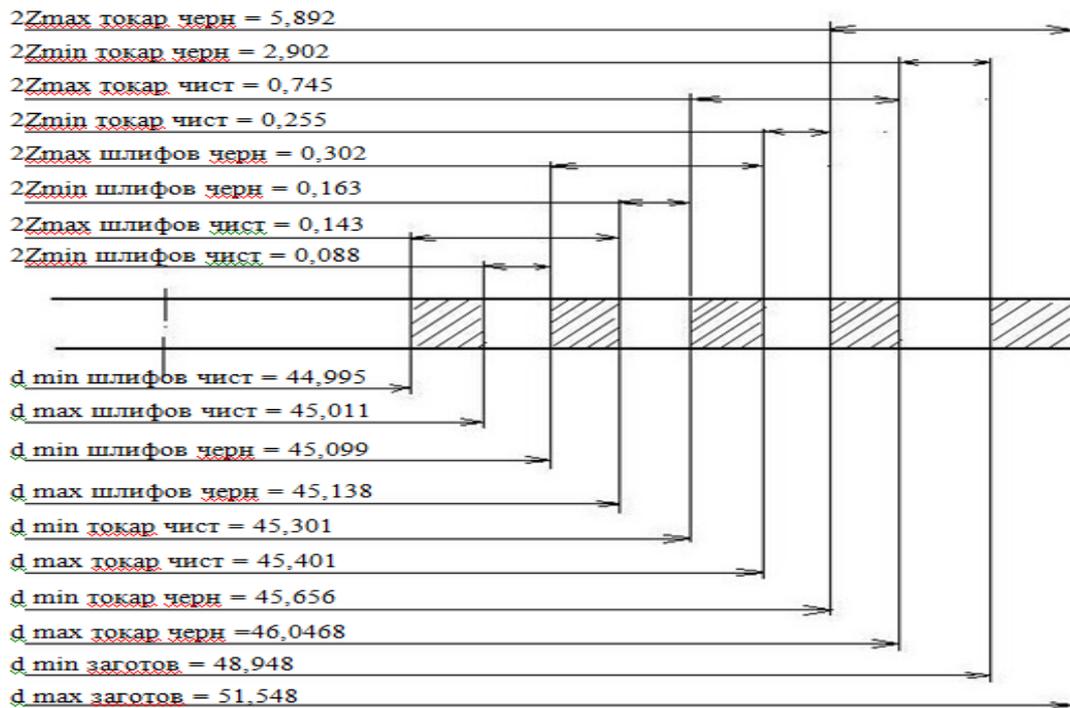


Рисунок 3 – Расчетные припуски

Припуски на обработку по операциям представлены в таблице 4.

предназначением детали и потребностью поменять требования так, чтобы они соответствовали технологическим возможностям и особенностям производственной деятельности завода-производителя. Требования, напрямую обусловленные технологией производства таких деталей, ориентированы на уменьшение себестоимости и трудоёмкости, использование прогрессивных методов выполнения обработки и улучшения качества. Они образуют главную группу требований, выдвинутых производством и изучаемых во время технологической обработки чертежей.

Предусмотрены две методики шлифования зубьев венца: обкатки и копирования [20]. При использовании копирования происходит повторение шлифовальным кругом профиля впадины подлежащего обработке зубчатого колеса. Во время обкатки боковыми поверхностями круга воспроизводится зуб венца.

Самыми точными и производительными оказываются станки, функционирующие на основе методики обкатки с применением в виде инструмента абразивного червячного круга. Высокая производительность наблюдается и в станках, функционирующих с использованием методики копирования. В то же время наладка отличается высокой сложностью. Пользуются ими в первую очередь с целью выполнения обработки зубьев венца вал-шестерни.

В таблице 6 показаны средства технологического оснащения в виде используемого приспособления и оборудования. В основном используются станки с числовым программным управлением, автоматы и полуавтоматы.

Таблица 6 – Оборудование и технологическая оснастка

Номер операции	Содержание опции	Оборудование; технологическая оснастка
005	«центровально-подрезная	СНП с самоцентрирующими призмами и пневмоприводом ГОСТ 12195-66; центровально-подрезной п/а 2А923» [13]

Продолжение таблицы 6

Номер операции	Содержание опции	Оборудование; технологическая оснастка
010	токарная черновая	«патрон поводковый с центром ГОСТ 2571-71; токарный с ЧПУ RAIS T500» [13]
015	токарная чистовая	«центр вращающийся тип А ГОСТ 8742-75; токарный с ЧПУ RAIS T500» [13]
020	токарная черновая	«патрон поводковый с центром ГОСТ 2571-71; токарный с ЧПУ RAIS T500» [13]
025	токарная чистовая	«центр вращающийся тип А ГОСТ 8742-75; токарный с ЧПУ RAIS T500» [13]
030	круглошлифовальная черновая	«патрон поводковый с центром ГОСТ 2571-71, центр упорный ГОСТ 18259-72; круглошлифовальный с ЧПУ КШ-3CNC» [13]
035	фрезерная	«СНП с призмами и пневмоприводом ГОСТ 12195-66; вертикально-фрезерный с ЧПУ ГФ5171М» [13]
040	зубофрезерная	«патрон поводковый с центром ГОСТ 2571-71, центр упорный ГОСТ 18259-72; зубофрезерный станок 53A20» [13]
050	зубопрокатная	«патрон поводковый с центром ГОСТ 2571-71, центр упорный ГОСТ 18259-72; зубопрокатной п/а 5965» [13]
070	центрошлифовальная	«СНП с самоцентрирующими призмами и пневмоприводом ГОСТ 12195-66; центрошлифовальный станок с ЧПУ ZS 2000» [13]
075	круглошлифовальная чистовая	«патрон поводковый с центром ГОСТ 2571-71; круглошлифовальный с ЧПУ КШ-3CNC» [13]
080	круглошлифовальная чистовая	«центр упорный ГОСТ 18259-72; круглошлифовальный с ЧПУ КШ-3CNC» [13]

В таблице 7 показаны средства технологического оснащения в виде используемого инструмента и мерительного приспособления. Некоторые виды технологических обработок, применяемых к деталям, например, из стали, используют комплекс металлорежущих инструментов (сборные), разработанных еще в прошлом веке, хотя необходимо отметить –

определенное совершенствование инструментов обеспечивает увеличение конкурентоспособности на рынке.

Таблица 7 – Инструмент и мерительное оборудование

Номер операции	Содержание опции	Инструмент; мерительное приспособление
005	центровально-подрезная	«калибр-пробка ГОСТ14827-69, шаблон ГОСТ 2534-79; пластина для подрезки ГОСТ 19052-80 Т5К10, сверло центровочное диаметр 4 мм тип А ГОСТ 14952-75 Р6М5» [9]
010	токарная черновая	«шаблон ГОСТ 2534-73, калибр-скоба ГОСТ18355-73; резец проходной с механическим креплением, пластина трехгранная, Т5К10 $\varphi=97^\circ$, $\varphi_1=8^\circ$, $\lambda=0$, $\alpha=11^\circ$, $h=25$, $b=25$, $L=125$ ОСТ 2И.101-83» [9]
015	токарная чистовая	«шаблон ГОСТ 2534-73, калибр-скоба ГОСТ18355-73; резец проходной с механическим креплением, пластина трехгранная, Т5К10 $\varphi=97^\circ$, $\varphi_1=8^\circ$, $\lambda=0$, $\alpha=11^\circ$, $h=25$, $b=25$, $L=125$ ОСТ 2И.101-83» [9]
020	токарная черновая	«калибр-скоба ГОСТ18355-73, шаблон ГОСТ 2534-79; резец проходной с механическим креплением, пластина Т15К6 $\varphi=97^\circ$, $\varphi_1=27^\circ$, $\lambda=-2^\circ$, $\alpha=11^\circ$, $h=25$, $b=25$, $L=125$ ОСТ 2И.101-83» [9]
025	токарная чистовая	«калибр-скоба ГОСТ18355-73, шаблон ГОСТ 2534-79; резец резьбовой с механическим креплением, пластина Sandvik Coromant R166.0G-22MM01, материал - сплав GC4125 $\varphi=60^\circ$, $h=25$, $b=25$, $L=125$ » [9]
030	круглошлифовальная черновая	«калибр-скоба ГОСТ 18355-73, шаблон ГОСТ 2534-79, приспособление мерительное с индикатором; шлифовальный круг 1 450x20x203 91A F46 P 4 V A 35 м/с 2 класс ГОСТ Р 52781-2007» [9]
035	фрезерная	«шаблон ГОСТ 2534-73; фреза шпоночная диаметр 6,5 мм, диаметр 10 мм ГОСТ 9140-78 Р6М5К5

Продолжение таблицы 7

Номер операции	Содержание опции	Инструмент; мерительное приспособление
040	«зубофрезерная	«шаблон ГОСТ 2534-73, приспособление мерительное с индикатором; фреза червячная модульная сборная с рейками из стали Р6М5К5 диаметр 109 мм m=3» [9]
050	зубопрокатная	«приспособление мерительное с индикатором; прикатник зубчатый специальный Р6М5К5 диаметр 310 мм, 58; шаблон ГОСТ 2534-73» [9]
070	центрошлифовальная	«шаблон ГОСТ 2534-73, приспособление мерительное с индикатором; шлифовальная головка EW10x15 91A F60 M 7 V A 20 м/с ГОСТ 2447-82» [9]
075	круглошлифовальная чистовая	«калибр-скоба ГОСТ 18355-73, шаблон ГОСТ 2534-79, приспособление мерительное с индикатором; шлифовальный круг 1 450x20x203; 1 450x30x203 91A F60 L 6 V A 35 м/с 2 класс ГОСТ Р 52781-2007» [9]
080	круглошлифовальная чистовая	«калибр-скоба ГОСТ 18355-73, шаблон ГОСТ 2534-79, приспособление мерительное с индикатором; шлифовальный круг 1 450x20x203; 1 450x30x203 91A F60 L 6 V A 35 м/с 2 класс ГОСТ Р 52781-2007» [9]

В таблицах 6 и 7 представлены средства технического оснащения для получения в результате механической обработки заготовки детали вал-шестерня.

2.2 Расчет технологических операций

В расчете технологических операций присутствует несколько составляющих – это расчет операционных размеров, расчет технологических допусков, расчет режимов резания и расчет норм времени [19]. Расчет может выполняться с помощью применения статистических методов либо расчетно-

аналитических. Расчеты производятся на основе известных алгоритмов и подходов к решению [4]:

«Скорость резания определяется:

$$V = \frac{C_U}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_U, \quad (18)$$

где C_U – коэффициент обработки;

T – нормируемая стойкость резца, мин;

t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об» [18];

m, x, y – показатели степени;

K_U – коэффициент условий обработки.

$$K_U = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}, \quad (19)$$

где K_{mv} – учитывает свойства 40ХН;

K_{pv} – учитывает поверхность;

K_{iv} – учитывает инструментальный материал.

Учет свойств материала заготовки

$$\ll K_{mv} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (20)$$

где K_Γ, n_v – коэффициент и показатель степени.

Частота вращения инструмента:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (21)$$

где V – скорость из (10), м/мин;

D – диаметр обрабатываемой поверхности, мм» [17].

«Минутная подача:

$$S_m = S \cdot n. \quad (22)$$

Тангенциальная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (23)$$

где C_p – коэффициент обработки;

t, s, V – режим резания;

x, y, n – показатели степени;

K_p – поправочный коэффициент» [17].

«Последний равен:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (24)$$

где K_{mp} – поправочный коэффициент для материала;

$K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}$ – коэффициенты, учитывающие» [17]

соответствующие углы инструмента.

Мощность резания будет:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}. \quad (25)$$

Режимы резания заносятся в операционную карту в приложении А. Технологическая документация. Численные значения расчетов норм времени на выполнение операций и расчетов режимов резания будем определять с помощью онлайн калькулятора «Sandvik Coromant» и представим их в виде таблицы 8.

Таблица 8 – Режимы выполнения операций и их нормирование

«Номер операции	Номер перехода	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Глубина резания, об/мин	Основное время, мин» [11]
005	1	0,1	11	875	2,0	0,605
	2	0,1	70	518	2,3	
010	1	0,5	110,7	1130	1,9	0,796
	2	0,5	110,7	908	1,9	
	3	0,5	110,7	375	1,9	
015	1	0,5	110,7	901	1,9	1,362
	2	0,5	110,7	763	1,9	
	3	0,5	110,7	631	1,9	
	4	0,5	110,7	533	1,9	
	5	0,5	110,7	498	1,9	
020	1	0,25	210	2199	0,4	0,953
	2	0,25	210	1760	0,4	
	3	0,25	210	719	0,4	
025	1	0,25	210	1746	0,4	1,574
	2	0,25	210	1473	0,4	
	3	0,25	210	1216	0,4	
	4	0,25	210	1024	0,4	
	5	0,25	210	955	0,4	
	6	1,5	160	1132	1,5	
030	1	0,008	35	370	0,13	1,024
	2	6	35	247	0,13	
040	1	2,8	75,6	220	6,6	3,798
075	1	0,005	35	371	0,07	1,204
	2	6	35	247	0,07	
080	1	0,006	35	293	0,15	1,683
	2	8	35	171	0,15	

В разделе была спроектирована технология изготовления детали. Для этого были решены следующие задачи. Произведен выбор и проектирование заготовки на основе экономического сравнения двух методов. Учтены результаты анализа технологичности материала детали и определения характеристик типа производства. Разработан план изготовления детали с учетом характеристик и требований типа производства на основе анализа типовых технологических процессов. Затем выбраны средства технологического оснащения. Выполнен расчет операций технологического процесса.

3 Научные исследования средств оснащения

3.1 Определение элементов режима резания

В зависимости от конкретного вида обработки (точение, фрезерование цилиндрической фрезой, шлифование) при решении задачи геометрического взаимодействия необходимо получить те параметры срезаемого слоя припуска, которые используются в дальнейшем, при расчете силы резания. Поэтому следующим этапом, в соответствии со структурой модуля управления резанием САМ-системы, является решение геометрической задачи с целью определения формы срезаемого слоя припуска для расчета элементов режима резания.

Для двухкоординатной обработки предполагаются два основных случая: обработка инструментом с прямолинейной режущей кромкой и цилиндрической исходной инструментальной поверхностью.

На рисунке 5 представлена обобщенная схема обработки заготовки 1 произвольной формы инструментом с прямолинейным лезвием 2 при произвольном формообразующем движении вдоль траектории 3, которое определяется направлением вектора контурной подачи S .

Алгоритм расчета построен аналогично общему алгоритму и основан на определении глубины резания h , соответствующей текущему положению инструмента (точка C_1 на рисунке 5 – радиусом округления вершины резца пренебрегаем). Поскольку моделирование выполняется дискретно, по шагам, положение резца на предыдущем элементарном шаге (точка C_0) формирует участок сечения контура заготовки EF . Вершина резца перемещается в направлении вектора контурной подачи S , которое на чистовом проходе должно совпадать с направлением, определяемым углом наклона контура в точке обработки, а на черновых проходах зависит от принятой схемы съема припуска.

В процессе работы алгоритма определяются точки A и B пересечения

режущей кромки инструмента с контуром заготовки, который сформировался на предыдущем шаге.

Эта задача решается последовательным перебором и сравнением между собой координат z , принадлежащих контуру заготовки и режущей кромке при соответствующей координате x :

$$\delta = z_{ii} - z_{zi}, \quad (26)$$

где z_{ii} – главный угол в плане.

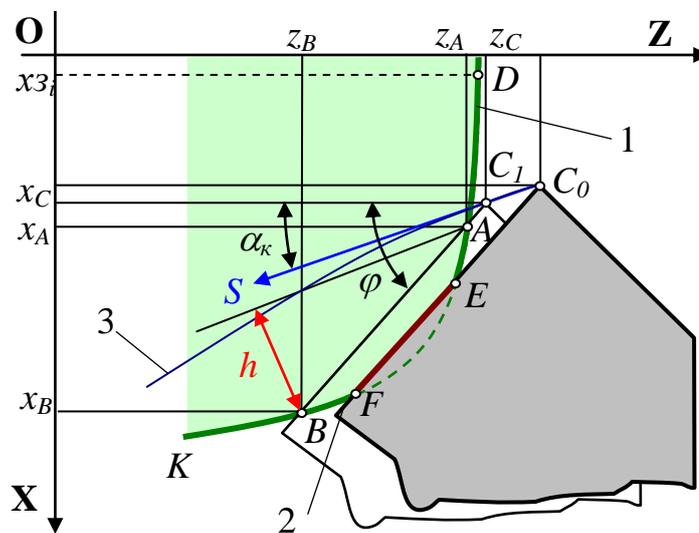


Рисунок 5 – Схема образования элементарного сечения срезаемого припуска прямолинейным лезвием

Сравнения выполняются до тех пор, пока разность δ не поменяет свой знак. Координаты x и z , отвечающие этому моменту, определяют точку A начала линии контакта.

При дальнейшем выполнении этой процедуры изменение знака разности δ следующий раз определяет координаты точки B конца линии контакта.

Глубина резания рассчитывается по формуле, которая получена из геометрических соотношений на рисунке 5:

$$H = \sqrt{(z_B - z_A)^2 + (x_B - x_A)^2} \sin(\phi - \alpha_k). \quad (27)$$

Обобщенная схема обработки заготовки 1 инструментом 2 с исходной цилиндрической поверхностью при движении его центра по заданной произвольной траектории 3 представлена на рисунке 6.

В этом случае для решения задачи определения глубины резания используется подход при прямолинейной режущей кромке с некоторыми особенностями, определяемыми другой исходной инструментальной поверхностью. Здесь также частью поверхности (дуга DE) заготовки есть поверхность, которая сформировалась инструментом на предыдущем шаге моделирования.

Алгоритм предусматривает последовательное вычисление длины луча, который соединяет i -ую точку контура заготовки с текущим положением центра инструмента:

$$\delta r = \sqrt{(x_{zi} - x_o)^2 + (y_{zi} - y_o)^2}. \quad (28)$$

В результате сравнения длины этого луча δr с радиусом инструмента устанавливаются координаты точки A начала дуги контакта и точки B конца дуги контакта.

После этого, по координатам найденных точек определяются углы наклона α_1 и α_2 соответствующих радиусов инструмента в исходной системе координат и вычисляется глубина резания:

$$H = R_{\text{и}}[1 - \text{Cos}(\alpha_1 - \alpha_2)]. \quad (29)$$

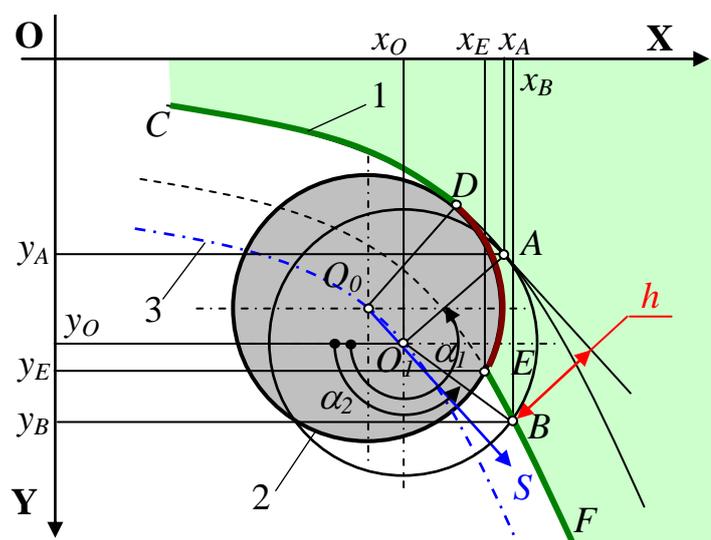


Рисунок 6 – Схема образования элементарного сечения срезаемого припуска цилиндрическим инструментом

Кроме того, в обоих алгоритмах предусмотрено определение всех необходимых параметров для расчета дискретной модели заготовки, которая сформировалась на текущем шаге моделирования.

3.2 Исследование силовых характеристик инструмента

На 035 фрезерной операции используется фреза шпоночная диаметр 6,5 мм, диаметр 10 мм ГОСТ 9140-78 P6M5K5, чертеж которой приведен на рисунке 7. Проведем исследование силовых характеристик работы данного инструмента.

Различные факторы, такие как стратегия фрезерования, шаг фрезы, угол наклона, режима резанья и так далее влияют на эффективность фрезерной обработки. Одним из важнейших факторов является качественно подобранная фреза. На выбор правильной фрезы учитываются различные факторы, жесткость, материал, мощность и другие важные характеристики.

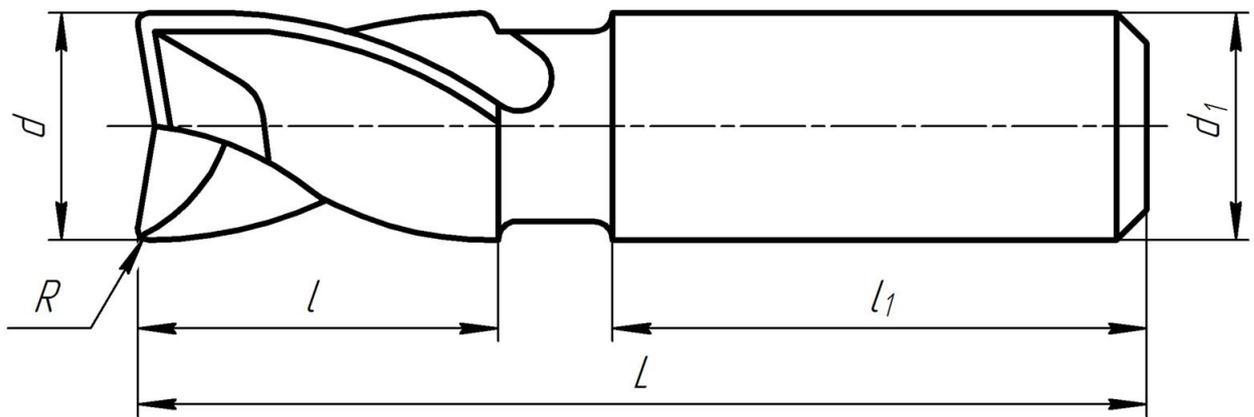


Рисунок 7 – Шпоночная фреза

Главные свойства фрезы: шаг фрезы, длина режущей и рабочей части, диаметр, покрытие, наличие зубьев, угол наклона винтовой канавки и другие.

Шаг фрезы бывает двух типов: неравномерный и равномерный.

Равномерное расположение фрезы вызывает большее количество вибраций, в отличие от неравномерного. Неравномерный шаг фрезы рекомендован при большой ширине резания и при большом вылете. Большое количество зубьев уменьшает количество стружки и стружечной канавки. При множестве зубьев тяжело сделать их неравномерными, в связи с этим такие фрезы имеют располагают зубья равномерно.

Шаг фрезы влияет на: производительность, энергопотребление, стабильность, возможность обработки определенного материала.

Равномерность работы определяется углом наклона режущей кромки.

Термические, механические и термические нагрузки испытывает инструмент, что приводит к разрушению инструмента, которое очень отличается от стационарного резания [15].

Колебания в системе происходят из-за силового взаимодействия при фрезеровании и любом другом процессе резки. Колебания разделяют в зависимости от источника и природы возникновения на первый и второй род

автоколебания. При фрезеровании, благодаря его нестационарности, всегда сопровождают колебания.

Режим резки влияет на колебания. При автоколебаниях частота обычно одинакова при широком выборе скорости нарезки, в отличие от вынужденных колебаний. По данному признаку и различают автоколебания от вынужденных.

Автоколебания появляются вследствие нароста, наклева, изменяема толщина слоя срезки и другие. Вынужденные колебания возникают при чистовом фрезеровании. Вынужденные колебания существенно влияют на шероховатость и точность. Автоколебания в основном появляются при черновой врезке, в связи того, что глубина и ширина фрезерования максимальна.

Данное колебание определяет стойкость инструмента. Колебания при фрезеровании и резке влияют и положительно, и в тоже время отрицательно. Облегчение пластической деформации, улучшение отвода стружки, уменьшение трения на поверхностях спереди и сзади лезвия инструмента, ко всему к этому приводит определенная амплитуда колебания. Это приводит к уменьшению силы нарезки, что влечет за собой уменьшения изнашивания инструмента.

В то же время, увеличении амплитуды автоколебания при циклическом нагружении, постепенно увеличивает разрушение режущих кромок, которые находятся в контакте с стружкой и изделием. В связи с этим стойкость инструмента при превышении определенного значения амплитуды колебаний быстро снижается. Также, необходимо помнить, что длина пути увеличивается при увеличении амплитуды, что приводит к более быстрому износу инструмента. Двойное влияния колебания приводят к экстремальной зависимости стойкости фрезы от амплитуды автоколебаний. Положительное влияние в основном происходит в зоны маленькой амплитуды. Отрицательное влияние в основном происходят при больших амплитудах.

Колебания с большой амплитудой движения соответственно приводят к уменьшению производительности, потому что для их устранения принято уменьшить скорость, ширину и глубину резания [15]. Вибрация фрезы с частотой близкой к вибрации детали создает серьезную проблему при механической обработке, это приводит к появлению резонанса. Увеличенная амплитуда мешает для выполнения работы, звук в основном не выносимый. Данная проблема может привести к слому фрезы или отправки детали в брак. Для устранения резонанса необходимо использовать более жесткую фрезу, и дополнительные опоры, но это не всегда доступно при производстве.

В разделе проведены научные исследования режимов резания при токарной и фрезерной обработке заготовки. Получены зависимости элементарного сечения срезаемого припуска прямолинейным лезвием от геометрических параметров используемого инструмента и элементарного сечения срезаемого припуска цилиндрическим инструментом от его геометрических параметров. Также проведено исследование силовых характеристик шпоночной фрезы, используемой в качестве инструмента на 035 фрезерной операции разработанного технологического процесса.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта

«Техническим объектом, относительно которого будем рассматривать вопросы обеспечения безопасности и экологичности является технологический процесс изготовления вал-шестерни» [2]. Актуальность исследования обоснована тем, что процесс изготовления вал-шестерни имеет определенное вредное и опасное действие на условия труда сотрудников предприятия, что чревато вредным влиянием на их здоровье, снижением производительности труда. Функционал системы управления человеческими ресурсами невозможно себе представить без такого важного раздела, как охрана труда. Поэтому в настоящем исследовании предпринята попытка решить проблему по улучшению обеспечения безопасности процесса изготовления масляных насосов с целью изменить в лучшую сторону условия труда работающего персонала, повысить качество и производительность работ.

Для проведения анализа опасного технологического процесса на производстве вначале необходимо изучить, какой тип производства применяется на предприятии, технологическое оснащение и производственные мощности организации. По результатам анализа было выявлено, что организация имеет возможность применять у себя как единичный тип производства, так и мелко и среднесерийный тип производства, исходя из потребностей заказчика.

Технический объект в своей реализации использует следующее оборудование: центровально-подрезной полуавтомат 2А923, токарный станок с ЧПУ RAIS T500. круглошлифовальный станок с ЧПУ КШ-3СНС, вертикально-фрезерный станок с ЧПУ ГФ5171М, зубофрезерный станок 53А20, электрохимический станок 4407, зубопркатной полуавтомат 5965 и

центрошлифовальный станок с ЧПУ ZS 2000. Приспособления: СНП с самоцентрирующими призмами и пневмоприводом ГОСТ 12195-66, патрон поводковый с центром ГОСТ 2571-71, центр вращающийся тип А ГОСТ 8742-75, СНП с призмами и пневмоприводом ГОСТ 12195-66 и центр упорный ГОСТ 18259-72. Инструмент: пластина для подрезки ГОСТ 19052-80 Т5К10, сверло центровочное диаметром 4 мм тип А ГОСТ 14952-75 Р6М5, резец проходной с механическим креплением, резец резьбовой с механическим креплением, фреза шпоночная ГОСТ 9140-78 Р6М5К5, фреза червячная модульная сборная с рейками из стали Р6М5К5, прикатник зубчатый специальный Р6М5К5, шлифовальная головка и шлифовальный круг. Проводить анализ будем на потенциально опасных технологических операциях: токарная, фрезерная и зубофрезерная. Материал заготовки 20Х ГОСТ 4543-2016. Вспомогательные материалы: смазывающая охлаждающая жидкость, ветошь и другие.

В качестве рабочего места выберем рабочее место оператора станков с ЧПУ. Производственная схема размещения технологического оборудования и план изготовления корпуса представлены на соответствующих листах графической части. Для оценки и идентификации основных источников опасностей в рабочей зоне оператора станков с ЧПУ необходимо проанализировать следующие ключевые объекты:

- производственное технологическое оборудование;
- специальные станочные приспособления и режущие инструменты;
- обеспеченность средствами обучения и инструктажа.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

«Идентификация опасностей, а также экологических аспектов на производственном участке проводится по локальному нормативному документу, устанавливающему порядок идентификации экологических аспектов, промышленных опасностей и потенциальных рисков.

Использование метода предполагает построение показателей с помощью математических моделей и репрезентативных статистических данных.

Идентификация и оценка рисков осуществляется путем сбора сведений о процессе деятельности. В процессе идентификации и оценки рисков учитывают:

- проблемы (источники как внешние, так и внутренние), связанные с качеством процессов деятельности/продукции;
- обычную и нерегулярную деятельность;
- оптимальный технологический режим, режимы останова и пуска, инциденты, аварии;
- инфраструктуру, сырье, материалы;
- деятельность соседних подразделений/предприятий, подрядчиков и потребителей;
- условия труда (шум, вибрация, вредные вещества в рабочей зоне);
- воздействие на окружающую среду (стоки, выбросы, отходы);
- происшествия (инциденты, несчастные случаи, аварии), как уже имевшие место на предприятии, так и реально прогнозируемые» [5].

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Отсутствие перерывов для отдыха вызывает чрезмерное утомление, напряжение и потерю внимания. Это становится причиной производственного травматизма. Необходимо правильно организовать режим труда и отдыха на предприятии, чтобы свести к минимуму риск несчастных случаев. На основе анализа проведенной идентификации опасных и вредных производственных факторов на конкретном рабочем месте оператора станков с ЧПУ установлено, что потенциальную опасность получения травм представляет фрезерная обработка, а именно разрушение режущих кромок инструмента для фрезерной обработки и износ элементов станочных приспособлений. Режущая кромка содержит первую подкромку, проходящую назад от режущей концевой

поверхности и вторую подкромку, проходящую назад от первой подкромки. Пересечение перехода угла определяет, где заканчивается первая подкромка и начинается вторая подкромка. Приведены конструктивные особенности выполнения каждой режущей кромки. Повышается стойкость фрезы.

В результате проведенного анализа существующих технических решений, можно сделать рекомендацию к внедрению в существующее производство режущий инструмент – фреза шпоночная, аналогом которого служит техническое решение, предложенное в предыдущем разделе.

Данный режущий инструмент является более износостойким и менее хрупким, что способствует устранению выявленных в разделе причин производственных травм и повышения безопасности на рабочем месте оператора станков с ЧПУ.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Практическая значимость исследований – сбор и анализ разрозненных информационных данных относительно организации нормативного противопожарного режима на объекте исследований, с последующей разработкой медианного алгоритма, который включает формирование локальных условий пожарообразования и разработку соответствующих тактико-технологических решений по тушению вероятного пожара, что может быть примерено для объектов аналогичного назначения.

«Организация тушения пожара регламентируется приказом № 444 МЧС России от 16 октября 2017 года. Таким образом опасный фактор возможного пожара на техническом объекте можно отнести к классу D и E соответственно горение металлов, металлосодержащих веществ и горение технического объекта пожара, который находится под напряжением электрического тока» [5]. «Все помещения в производственном участке оборудованы пожарной сигнализацией, состоящая из дымовых пожарных извещателей ИП 212-41М. Извещатели подключены последовательно в один шлейф. Дополнительно все

эвакуационные пути оснащены ручными пожарными извещателями ИПР. Все автоматические извещатели закреплены на перекрытиях, а ручные на стенах и конструкциях на высоте 1,5 метра от пола. Оборудованием, которое считывает показания извещателей является приемно-контрольный прибор Сигнал – 20» [5].

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

«Наиболее вероятным источником возникновения чрезвычайных ситуаций экологического характера является выделение токсических испарений, масляного тумана, металлической стружки.

Для снижения рисков экологического характера на атмосферу необходимо создание и использование фильтрационных систем вентиляции производственного участка; на гидросферу необходимо создание и использование локальной многоступенчатой очистки сточных вод; на литосферу необходимо разделение, сортировка и утилизация на полигонах отходов» [5].

В разделе проведен детальный анализ по выявлению опасных и вредных производственных факторов при реализации и функционировании технического объекта в виде технологического процесса изготовления вал-шестерни.

Выбранные в разделе мероприятия и средства по снижению профессиональных рисков позволяют снизить их общий уровень, сократить производственный травматизм и уровень производственной заболеваемости.

Выбранные в разделе мероприятия и технические средства оснащения по пожарной безопасности и снижению негативного экологического воздействия выбранные в разделе соответствуют уровням опасности. Но требуют постоянного контроля за их исполнением.

5 Экономическая эффективность работы

Основной задачей данного раздела является экономическое обоснование предложенного совершенствования технологического процесса.

Для выполнения данной задачи необходимо проанализировать только отличия между совершенствованиями технического решения. Основываясь на подробном описании технологического процесса из предыдущих разделов бакалаврской работы, на рисунке 8, представлено описание изменившейся операции.

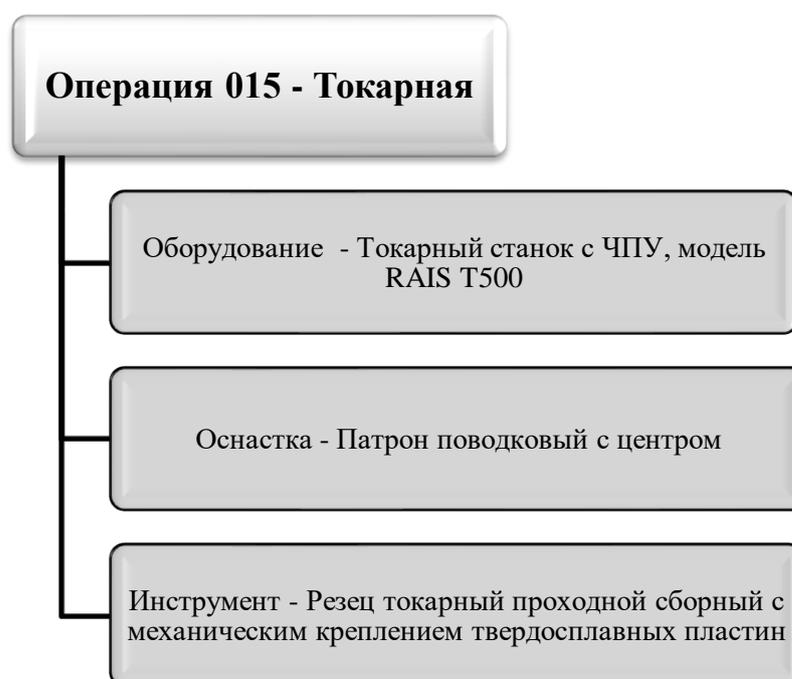


Рисунок 8 – Описание изменившейся операции в результате совершенствования

На рисунке 8 представлены предлагаемые изменения на токарной операции. В результате этих изменений снизилась трудоемкость ее выполнения, это относится и к основному и к штучному времени.

Чтобы дать компетентное заключение по предложенному совершенствованию, необходимо воспользоваться определенными

материалами и информацией, которые позволят сделать необходимый вывод. Более детальное описание материалов и информации представлено на рисунке 9.

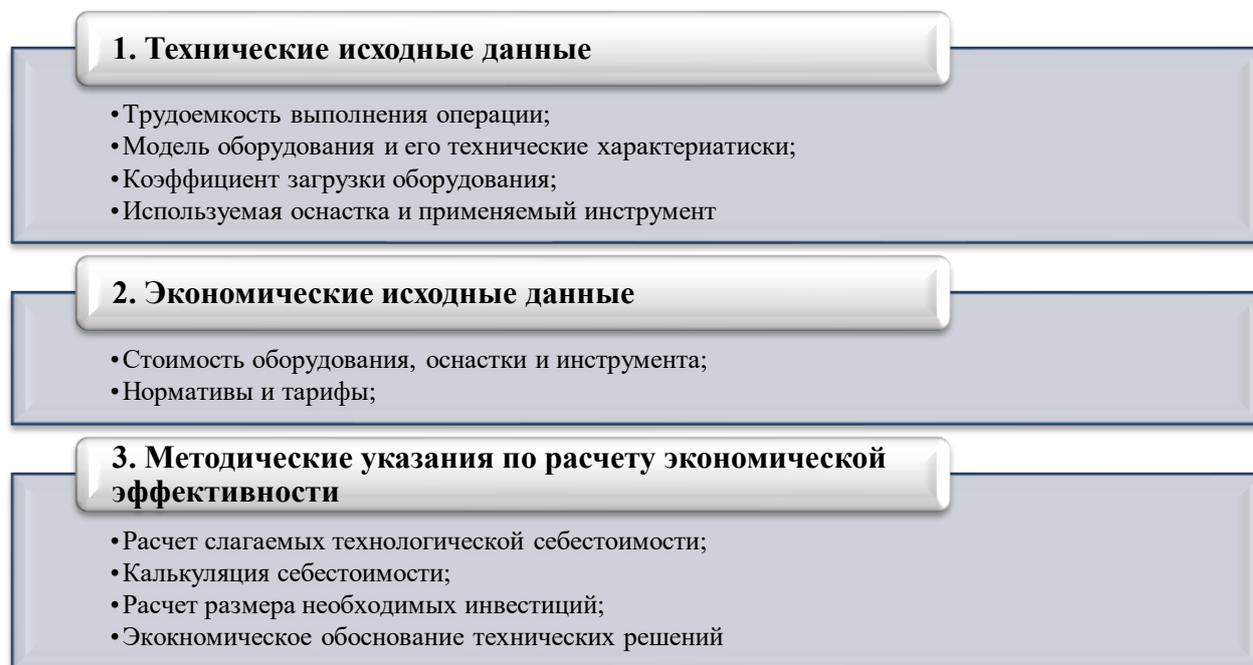


Рисунок 9 – Детальное описание материалов и информации, необходимых для проведения соответствующих экономических расчетов

Информация и материалы, представленные на рисунке 9, описывают совокупность необходимых данных для проведения всех соответствующих расчетов. А также показывают направление на источник, для этой информации, а именно: Технические исходные данные – это тот материал, который можно найти в технической части бакалаврской работы. При разработке технологического процесса описывают используемое оборудование, оснастка и инструмент, рассчитывается трудоемкость выполнения предложенных операций и коэффициент загрузки этих операций. Естественно оборудование подбираю исходя из серийности производства, которые напрямую зависит от программы выпуска изделия. Что касается технических параметров используемого оборудования, то это общедоступная

информация из справочной литературы. Экономические исходные данные – это стоимостные значения оборудования, оснастки и инструмента, то есть его цена, тарифы на энергоносители, тарифные ставки по оплате труда и всевозможные экономические коэффициенты. Эти данные, как правило, предоставляются предприятиями, соответствующими министерствами и регулируются правительством РФ. Методические указания по расчету экономической эффективности – это методики по расчету всех необходимых экономических показателей [14]. По их значениям можно сделать вывод о необходимости внедрения или, наоборот, об отказе вкладывать денежные средства в данный проект. Зная методику и используя соответствующее программное обеспечение, например такое, как Microsoft Excel, можно рассчитать все итоговые показатели и сделать заключение.

Если первые два пункта: технические и экономические исходные данные, это только источники информации, а вот третий – является объектом пристального внимания [14]. Поэтому, далее будут представлены результаты расчетов всех необходимых экономических показателей, по результатам которых будут сделаны выводы, на которые и нацелен данный раздел.

На рисунке 10 представлены значения всех слагаемых технологической себестоимости, которая является основой для всех дальнейших расчетов.

Из рисунка 10 видно, что все значения совершенствованного варианта значительно меньше исходного. Такое изменение привело к итоговой разнице между вариантами значения величины технологической себестоимости в размере 2,29 рублей, что составило 16,5%. Максимальное влияние на такой результат оказал такой показатель, как расходы на содержание и эксплуатацию оборудования ($P_{Э.ОБ}$). Его доля в величине технологической себестоимости составляет 54,38% в исходном варианте, и 56,3% – в совершенствованном.

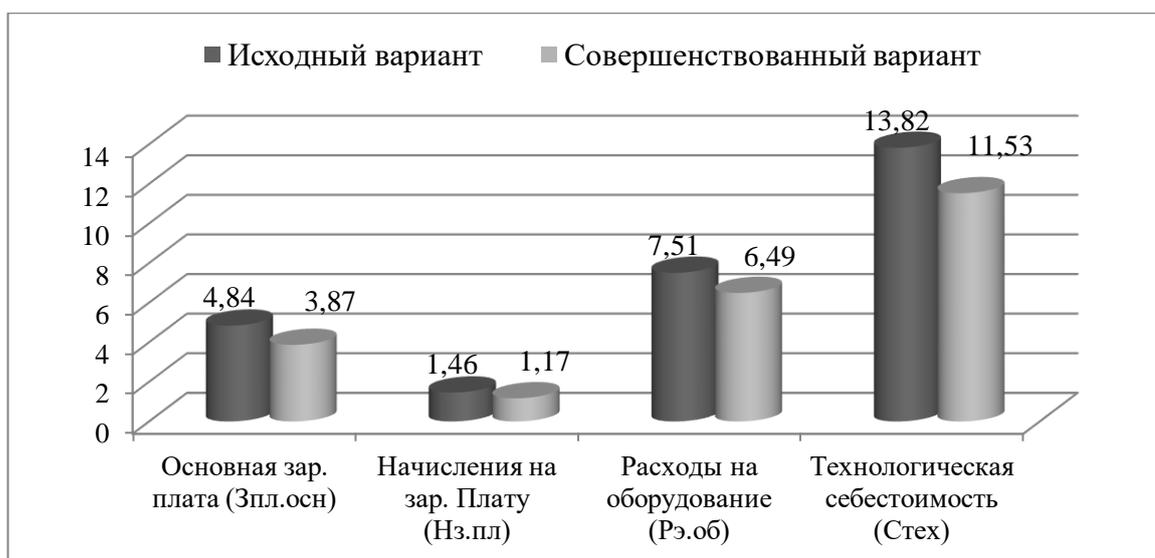


Рисунок 10 – Величина технологической себестоимости выполнения операции и значения ее слагаемых

На рисунке 11 представлены значения итоговых показателей, по которым формируется вывод об эффективности предложенных совершенствований.

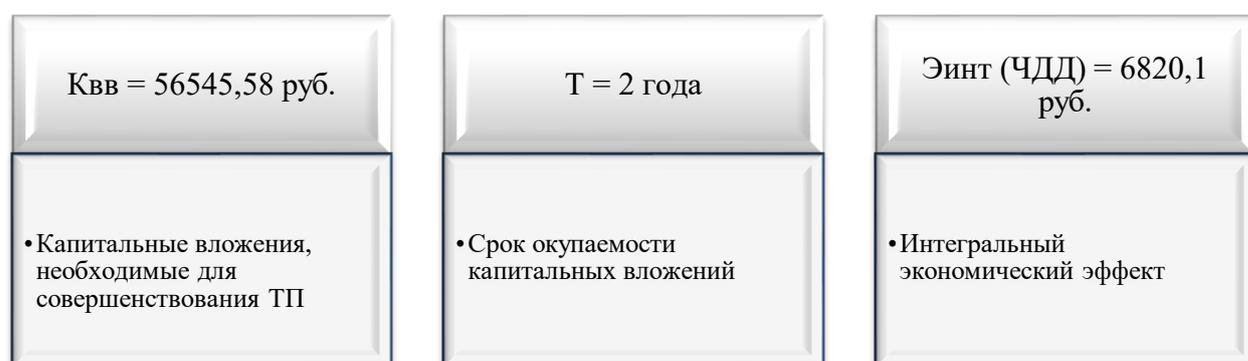


Рисунок 11 – Значения итоговых показателей

В итоге выполнения раздела, учитывая представленные на рисунке 11 данные, можно сделать вывод об эффективности предлагаемых совершенствований, так как экономический эффект в результате расчетов получился положительным.

Заключение

В выпускной квалификационной работе разработан технологический маршрут и план изготовления детали «Вал-шестерни» для условий среднесерийного производства. По заданию объем выпуска был выбран в количестве 10000 деталей в год.

Проведен анализ служебного назначения и технологичности детали. Для проектирования технологии выбран тип производства. Представленная технология по всем признакам соответствует необходимым характеристикам среднесерийного типа производства. Для спроектированной детали назначены по стандартам требования с учетом обеспечения технологичности по всем группам показателей. Спроектирована для выбранного метода исходная заготовка в виде штамповки. С учетом штамповки минимальной точности и среднесерийного производства разработана операционная технология. Разработан технологический маршрут обработки, выбор и проектирование заготовки. Разработана операционная технология. Выбраны станочное оборудование и станочные приспособления. Разработаны технологические наладки, операционные карты, а также составлена маршрутная карта, содержащая полное описание техпроцесса. Проведены научные исследования силовых характеристик используемого оборудования и инструмента, а также получены и проведены исследования зависимостей срезаемого слоя в процессе резания от геометрических параметров используемого инструмента. В качестве инструмента рассмотрены резец с прямолинейным лезвием и фреза с цилиндрическим лезвием. Проектирование технологического процесса сопровождается разработкой мероприятий по защите охраны труда и обеспечению экологичности спроектированного маршрута. Все внесенные изменения в технологический процесс подтверждены соответствующими экономическими расчетами, которые показали положительный эффект, что позволяет иметь возможность внедрения его в реальный производственный процесс изготовления детали.

Список используемых источников

1. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов. – М. : Машиностроение, 2005. 736 с.
2. Безъязычный В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебник. – М. : Инновационное машиностроение, 2016. 568 с.
3. Воронов Д.Ю. Проектирование и производство заготовок изделий машиностроительного производства : учебно-методическое пособие / Д.Ю. Воронов, В.М. Боровков, И.В. Кузьмич. – Тольятти : ТГУ, 2018. –203 с. [Электронный ресурс]. –URL: <https://e.lanbook.com/book/140032> (дата обращения: 26.03.2022).
4. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. – М. : Альянс, 2015. 256 с.
5. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: учебно- методическое пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти : изд-во ТГУ, 2018. 41 с.
6. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.
7. Иванов А.С. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие / А.С. Иванов, П.А. Давыденко, Н.П. Шамов. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 276 с.
8. Иванов И.С. Технология машиностроения: учеб. пособие / И.С. Иванов. - 2-е изд., перераб. и доп. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. – 240 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/504931> (дата обращения: 12.09.2022).
9. Иванов И.С. Расчёт и проектирование технологической оснастки в машиностроении: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2015. 198 с.

10. Иванов И.С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2014. 223 с.
11. Клепиков В.В. Технологическая оснастка: станочные приспособления: учеб. пособие / В.В. Клепиков. – Москва. : ИНФРА-М, 2019. – 345 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/765631> (дата обращения: 19.09.2022).
12. Кондаков А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : КНОРУС, 2012. 400 с.
13. Косов Н.П. Технологическая оснастка: вопросы и ответы: учебное пособие / Н.П. Косов, А.Н. Исаев, А.Г. Схиртладзе. – М. : Машиностроение, 2005. 304 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. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13> (дата обращения: 07.09.2022).
15. Приходько И.Л. Проектирование заготовок: учебное пособие / И.Л. Приходько, В.Н. Байкалова. – М. : Издательство РГАУ–МСХА, 2016. 171 с.
16. Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2016. 330 с.
17. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2-е изд. Высш. шк. 2007 г.
18. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А.М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение-1, 2003. – 910 с.
19. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А.М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение-1, 2003. – 941 с.

20. Схиртладзе А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в". Т. 2 / А.Г. Схиртладзе, С.Н. Григорьев, В.П. Борискин. - 4-е изд., перераб. и доп. ; гриф УМО. - Старый Оскол. : ТНТ, 2016. – 517 с.

21. Технология машиностроения: учебник / В.В. Клепиков [и др.]. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 387 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/545572> (дата обращения: 15.09.2022).

22. Химический состав и физико-механические свойства стали 40Х [Электронный ресурс]. – https://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40X? (дата обращения: 01.09.2022).

