

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 водила контрольного приспособления

Обучающийся

С.А. Милин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент В.А. Гуляев

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

Консультант(ы)

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)

Тольятти 2022

Аннотация

В предлагаемой работе разрабатывается технологический маршрут и план изготовления детали «Водила» контрольного приспособления для условий среднесерийного производства. По заданию объем выпуска принят в количестве 20000 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.....	21
3 Научные исследования средств оснащения.....	25
3.1 Геометрическое и силовое взаимодействие в процессе резания.....	25
3.2 Исследование силовых характеристик инструмента.....	29
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	33
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	33
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	34
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	35
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	36
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	37
5 Экономическая эффективность работы.....	38
Заключение.....	42
Список используемых источников.....	43
Приложение А. Технологическая документация.....	46

Введение

На данный момент в промышленности, связанной с металлообработкой, возможно использование множества различных режущих инструментов, имеющих совершенно различную конструкцию. К таким относятся и инструменты для резки для станков фрезерно-сверлильных групп, а также токарно-расточных, зубообрабатывающих и некоторых другие, которые имеют более узкое применение (например, строгальные и протяжные) [19].

Инструменты любого типа имеют свои тонкости. Эти особенности определены формообразованием детали и условиями и должны быть учтены при проектировании [4].

Выделяют несколько современных тенденции в направлении развития режущего инструмента: либо разработка новых, либо улучшение функций у уже имеющихся материалов, из которых создан инструмент, использование покрытий высоко износостойких, и метод их производства (например, создание монолитного инструмента с помощью вышлифовки, применение необходимых технологий и так далее) [10]. Новые решения в конструкции режущего инструмента. Например, конструкция с возможностью подвода по внутренним каналам инструмента смазочно-охлаждающих жидкостей напрямую в зону резки. Своеобразная конструкция также применяется для инструмента с высокой производительностью и высокой скоростью работы. Современный тренд отрасли является внедрение информационных технологий и коммуникации в конструкции инструмента [18]. Это делается для мониторинга и более защищенной и эффективной работы, повышение автономности процессов. Данные передаются в необходимое место, смартфон, компьютер, или любое другое средство сотрудников. На разработку и использование режущего инструмента влияет множество и других факторов, например, требования к экологичности производства [8].

Уровень компетенций сотрудников в металлообрабатывающем и инструментальном производстве является критической проблемой, особенно

в России. Цель задачи инструментальной отрасли, является повышение эффективности производства, оптимизации, а также качества обработки изделия. Особенно актуально это при работе из материалов, которые трудно обрабатывать, такие как стекло, керамика, закаленная сталь, титановые сплавы и так далее [9]. Такие материалы, которые тяжело обрабатывается используются в различных отраслях, медицинской, авиакосмической и других.

Требования к свойствам, качеству и точности режущего инструмента, важна при увеличении стойкости режущего инструмента, а также обработке таких материалов. Интеграция с системами автоматизированного управления предприятия сейчас становится все более и более важным аспектом [7]. Так же важным аспектом остается усовершенствование в плане экологичности производства.

Для производства режущих инструментов важны специализированные САМ-системы. Ими могут оснащаться шлифовально-заточные центры с ЧПУ, которые предназначены для переточки широкого перечня инструментов [6]. Узкоспециализированные САМ-системы для производства инструментов поставляются вместе со станком в комплекте и работают только на нем. Для них не бывает бесплатных учебных или открытых версий. Это создает дополнительные трудности для персонала, работающего с инструментом или сотрудником обучающегося для работы с оборудованием. Так же это является проблемой для студентов, которым необходимы практические навыки. Вместе с тем, такое программное обеспечение имеет большие возможности и мощную систему, которая достаточна для производства различных типов. САМ-системы можно эмулировать графически, для просмотра процесса изготовления. Также имеется возможность обновления через интернет [15].

В рассматриваемом технологическом процессе необходимо использовать станки с числовым программным управлением и современный инструмент, которые дают возможность использовать высокоскоростную обработку, что снижает трудоемкость и технологическую себестоимость [12].

1 Анализ объекта проектирования

1.1 Анализ технологичности объекта проектирования

Рассматриваемая деталь «Водило» используется для крепления сопрягаемых составляющих элементов контрольного приспособления, передает крутящий момент в планетарной передаче узла контрольного приспособления. На рисунке 1 представлен фрагмент контрольного приспособления, в который входит водило.

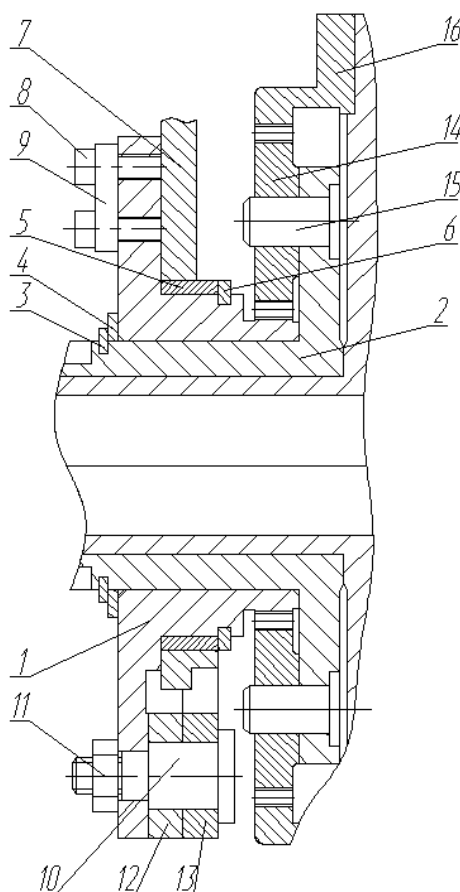


Рисунок 1 – Фрагмент контрольного приспособления

Деталь не испытывает циклических нагрузок на зубьях. Деталь передает крутящий момент в установившемся равномерном режиме. Деталь испытывает действие знакопеременной радиальной сосредоточенной нагрузки

во время работы, вследствие чего нагревается. Нагрев приводит к тепловым деформациям зубьев, которые поэтому испытывают нагрузку, приводящую к смятию детали. Нагрузка на смятие направлена в основном на стенки бокового отверстия и боковые поверхности зубьев. Условия работы тяжелые.

На рисунке 1 показаны: 1 – водило; 2, 5 – втулки; 3, 4 и 6 – стопорные кольца; 7 – планка; 8 – винты; 9 – пластина; 10 и 15 – оси; 11 – гайка; 12 и 13 – шайбы; 14 – сателлиты; 16 – центральное колесо.

На шейке втулки 2 с помощью стопорных колец 3 и 4 происходит фиксация водила 1. Планка 7 располагается во втулке 5, расположенной на шейке водила 1 и фиксируется с помощью стопорного кольца 6. Пластина 9 закрепляется к рассматриваемой детали 1 с помощью винтов 8. Шайбы 12 и 13 устанавливаются на оси 10 и фиксируются гайкой 11. Во втулке 2 на оси 15 располагаются сателлиты 14, которые находятся с зубчатым венцом водила 1 в зацеплении. Сателлиты 14 с другой стороны находятся в зацеплении с колесом центральным 16.

В качестве материала для изготовления вала выбрана сталь 20Х ГОСТ 4543-2016. Заложено по чертежу требование по твердости HRC 58-62 после цементации [16]. 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 водило имеет достаточно простую геометрическую форму.

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

Все поверхности сгруппированы по своему назначению.

Основные конструкторские базы – это торцы 1 и 12, отверстие 14.

Исполнительные поверхности – это эвольвента зубьев 16 и отверстие 18.

Вспомогательные конструкторские базы – это шейки 7 и 9, торцы 10 и 25, канавка 8, отверстие 19, поверхность 22.

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

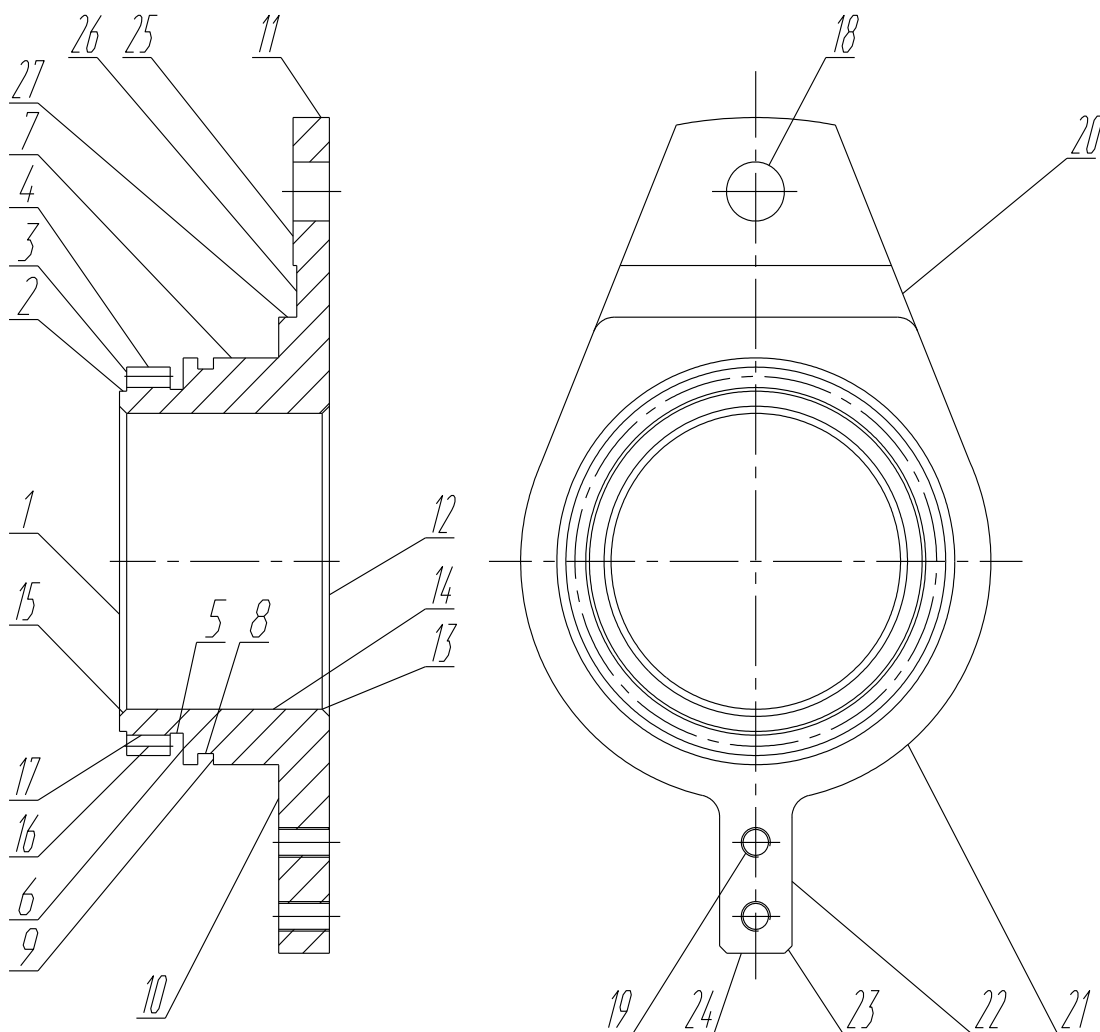


Рисунок 2 – Систематизация поверхностей

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 – зубодолбежная операция. Его можно сделать фасонным инструментом или с помощью обкатки.

Базирование данной детали может проводиться стандартным способом при обработке крайних шеек: в патроне и центрах [22].

Форму конструктивных элементов можно считать стандартизированной. 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 водила по требованиям чертежа в указанном в задании объеме 20000 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 водила 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. Полученные результаты анализа имеют перспективные предпосылки для дальнейшего проектирования.

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, издалека 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:

$$n = 20000 \cdot \frac{24}{254} = 2000 \text{ дет.}$$

«Для определения массы заготовки $M_{Ш}$ при штамповке будем пользоваться формулой

$$M_{Ш} = M_{Д} \cdot K_{Р}, \quad (2)$$

где $M_{Д}$ – масса детали, кг;

$K_{Р}$ равен 1,6.

$$M_{Ш} = 0,3 \cdot 1,6 = 0,48 \text{ кг} \text{ [3].}$$

«Массу заготовки, полученной с помощью проката, получим, используя формулу:

$$M_{ПР} = V \cdot \gamma, \quad (3)$$

где V – объем заготовки, мм³;

γ – плотность материала заготовки, кг/мм³» [3].

«Объем всех цилиндрических частей детали будет равен:

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

$$V = \frac{3,14}{4} \cdot (122,8^2 \cdot 10,2 + 58,2^2 \cdot 22 - 37^2 \cdot 26,2 - 30^2 \cdot 6) = 146846$$

мм³

Масса заготовки из проката будет

$$M_{IP} = 146846 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 4,7 \text{ кг} \text{ [3].}$$

«Принимаем штамповку.

Оптимальный метод получения заготовки будем определять по минимальной себестоимости:

$$C_D = C_3 + C_{MO} - C_{OTX}, \quad (5)$$

где стоимость C_3 – заготовки;

C_{MO} – механической обработки;

C_{OTX} – стружки» [3].

«При штамповке стоимость заготовки определяем по формуле:

$$C_3 = C_B \cdot M_{Ш} \cdot K_T \cdot K_{СЛ} \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{II}, \quad (6)$$

где C_B – цена 1 кг заготовки, руб./кг;

$M_{Ш}$ – масса заготовки, кг;

Коэффициенты, которые учитывают:

K_T – точность;

$K_{СЛ}$ – сложность;

K_B – массу;

K_M – материал;

K_{II} – серийность» [3].

«Примем C_B равным 10 руб./кг, K_T равным 1,0, $K_{СЛ}$ равным 1,0, K_B равным 2,0, K_M равным 1,5 и K_{II} равным 1,0

Тогда

$$C_3 = 10 \cdot 0,48 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2 \cdot 1,5 \cdot 1,0 = 28,75 \text{ руб.}$$

Стоимость обработки будем определять по формуле:

$$C_{MO} = (M_{Ш} - M_D) \cdot C_{УД} \quad (7)$$

где $C_{уд}$ – цена съема 1 кг материала, руб./кг» [3].

«Удельные затраты будем определять по формуле:

$$C_{уд} = C_C + E_H \cdot C_K. \quad (8)$$

Принимаем E_H равным 0,16, C_C равным 14,8 руб./кг и C_K равным 32,5 руб./кг.

$$C_{МО} = (M_{Ш} - M_D) \cdot C_{уд} = (0,48 - 0,3) \cdot (14,8 + 0,16 \cdot 32,5) = 17 \text{ руб.}$$

Так как $C_{ОТХ}$ является возвратной величиной, то

$$C_{ОТХ} = (M_{Ш} - M_D) \cdot Ц_{ОТХ} \quad (9)$$

$Ц_{ОТХ}$ равна 0,35 руб./кг. Тогда

$$C_{ОТХ} = (0,48 - 0,3) \cdot 0,35 = 0,063 \text{ руб.} \text{» [3].}$$

«Далее

$$C_D = 45,75 \text{ руб.}$$

Прокат определяется по формуле:

$$C_{ПР} = C_{МПР} \cdot M_{ПР} + C_{ОЗ}, \quad (10)$$

где $C_{МПР}$ – стоимость 1 кг материала 13,5 руб./кг;

$C_{ОЗ}$ – отрезка, руб.» [3].

$$\text{«}C_{ОЗ} = \frac{C_{ПЗ} \cdot T_{ШТ}}{60}, \quad (11)$$

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

$T_{ШТ}$ определяется по формуле:

$$T_{ШТ} = T_0 \cdot \phi_K, \quad (12)$$

где T_0 – машинное время, мин;

ϕ_K – коэффициент, учитывающий оснастку» [3].

«Примем ϕ_K равным 1,5, а T_0 будем определять по формуле:

$$T_0 = 0,19 \cdot d_{IP}^2 \cdot 10^{-3} \quad (13)$$

Штамповка:

$$K_{ИМ} = \frac{0,3}{0,48} = 0,625.$$

Прокат:

$$K_{ИМ} = \frac{0,3}{4,7} = 0,064.$$

Исходя из полученного результата, делаем вывод: штамповка выгоднее проката» [3].

«Определим годовой экономический эффект по формуле:

$$\mathcal{E}_Г = (C_{Д_{ПР}} - C_{Д_{Ш}}) \cdot N_Г \quad (14)$$

где $C_{Д_{ПР}}$ – стоимость детали, если заготовка получена прокатом;

$C_{Д_{Ш}}$ – стоимость детали, если заготовка получена штамповкой.

Тогда

$$\mathcal{E}_Г = (139,7 - 45,75) \cdot 20000 = 1579000 \text{ руб.} \text{» [3].}$$

Технологические переходы по поверхностям указаны в таблице 2.

Порядок обработки представим в виде последовательности переходов, а номера поверхности укажем в порядке возрастания их номеров. Также в таблице 2 укажем параметры поверхностей.

Таблица 2 – Методы и порядок обработки

Поверхность	Ra, мкм	Длина, мм	Диаметр, мм	Переходы (квалитет)
1	1,25	3	40/46	«Т(13)-Тч(10)-то-шч(8)
2	6,3	6	52,5	Т(13)-Тч(10)-то
3	6,3	1,8	46,5	Тч(11)-то
4	6,3	1	46	Т(13)-Тч(10)-то
5	6,3	3,25	46/52,5	Т(13)-Тч(10)-то
6	6,3	2,2	52	Тч(11)-то
7	6,3	1,5	55/52	Тч(11)-то
8	6,3	4,25	55/46,5	Тч(11)-то
9	1,25	12,2	55	Т(13)-Тч(10)-то-шч(7)
10	1,25	15,5	86/55	Т(13)-Тч(10)-то-шч(8)
11	1,25	40	120/40	Т(13)-Тч(10)-ш(9)-то-шч(8)
12	6,3	7	120	Т(13)-Тч(10)-то
13	6,3	1	1×45°	рч(11)-то
14	2,5	6	50	зд(7-с)-то
15	6,3	6	47	зд(13)-то» [2]
16	1,25	29	40	р(13)-рч(10)-ш(8)-то-шч(7)
17	6,3	1	1×45°	рч(11)-то
18	3,2	7	M4	с(12)-р(10)-то
19	2,5	5	8	с(14)-з(11)-р(9)-то-шч(7)
20	6,3	55	10	ф(13)-то

Расчет припусков на размер 40Н7 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	
	Rz	T	ρ		d_{min}	d_{max}	$2z_{min}^{np}$	$2z_{max}^{np}$
Штамповка	160	392	200	1000	37,568	36,568	-	-
Токарная черновая	50	24	50	390	39,380	38,990	2,422	1,812
Токарная чистовая	25	16	25	100	39,727	39,627	0,637	0,347
Шлифование черновое	10	8	20	39	39,913	39,874	0,247	0,186
Шлифование чистовое	5	3	10	25	40,025	40,000	0,126	0,112

Припуски на обработку по операциям представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Припуски на обработку

«Переход	Операция	Поверхности	Припуск, мм
обточить	005, 010	1-4, 6, 7, 10-12, 14	1,0
обточить	015, 020	1-4, 6, 7, 10-14	0,4
шлифовать	025	12, 14	0,13
шлифовать	060	1, 7, 10	0,18
шлифовать	065	12, 14	0,07
шлифовать	070	22,25	0,15
шлифовать	070	18	0,05

Параметры при получении заготовки сведем в таблицу 5 и эскиз заготовки покажем на рисунке 4.

Таблица 5 – Параметры штамповки

Оборудование	Нагрев	Класс	Группа	Степень	Конфигурация	Индекс
КГШП	индукционный	Т3	М1	С2	П	11

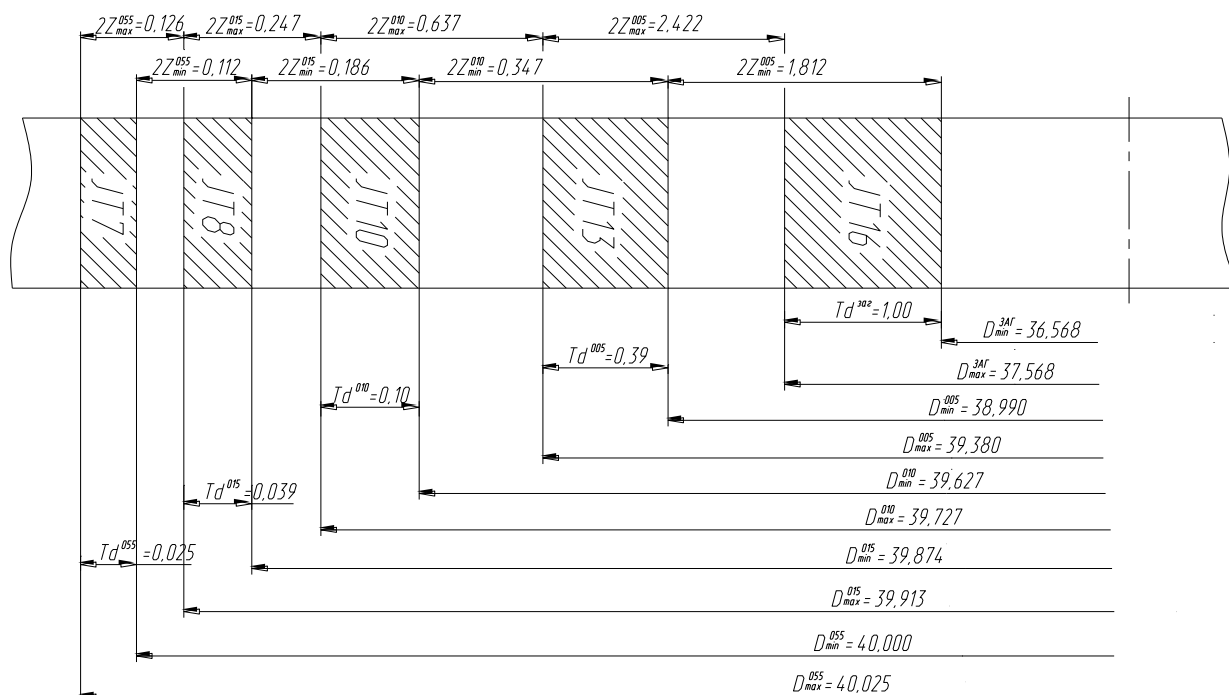


Рисунок 3 – Схема припусков на размер 40H7

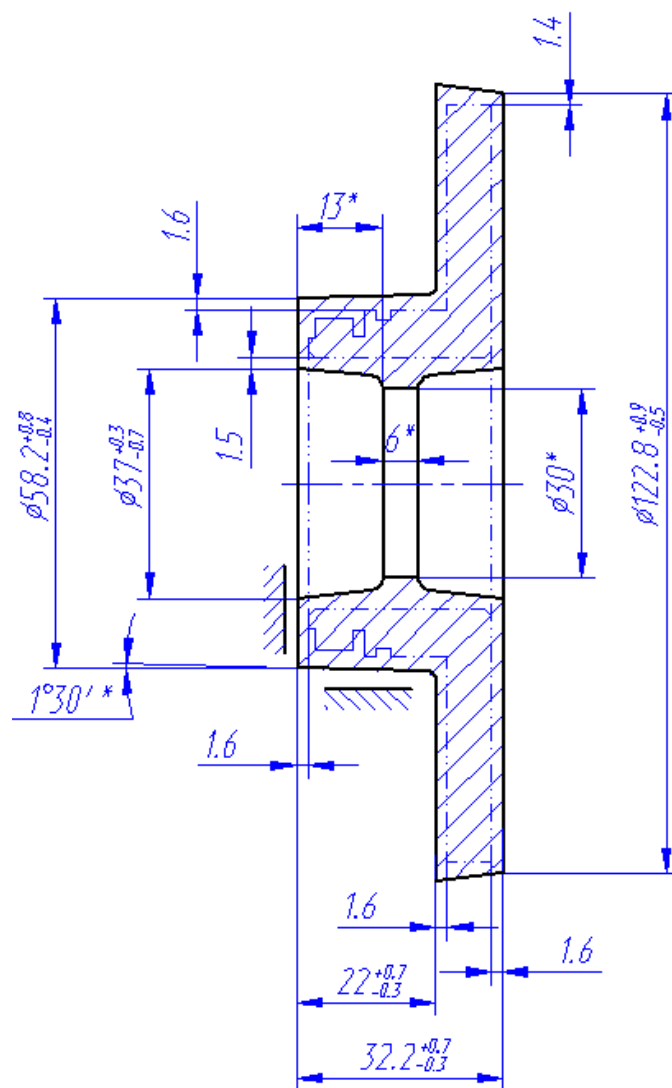


Рисунок 4 – Эскиз заготовки

При выборе средств технического оснащения остановимся на обосновании двух технологических операций. Для водила, которое в рабочем состоянии находится в зацеплении зубчатого венца с зубчатым колесом предусматривается совокупность производственных и конструктивно-технологических требований, обусловленных рабочим назначением 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 водила.

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, 010	токарная	ТС16А20Ф3 с ЧПУ, патрон токарный ГОСТ 2675-80
015, 020	токарная	ТС16А20Ф3 с ЧПУ, патрон токарный ГОСТ 2675-80
025	внутришлифовальная	полуавтомат 3К227В, патрон мембранный
030	зубодолбежная	полуавтомат 3К227В, СП ГОСТ 17205-71

Продолжение таблицы 6

Номер операции	Содержание опции	Оборудование; технологическая оснастка
035	фрезерная	2С150ПМФ4 с ЧПУ, СП ГОСТ 17205-71
060	круглошлифовальная	полуавтомат 3Б153Т, цанговый патрон ГОСТ 17200-71
065	внутришлифовальная	полуавтомат 3К227В, мембранный патрон.

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, 010	токарная	проходной резец. пластина Т5К10 ОСТ 2И.101-83. расточной резец. калибр-скоба ГОСТ 18355-73. калибр-пробка ГОСТ 14807-69. шаблон ГОСТ 2534-79.
015, 020	токарная	проходной резец. пластина Т5К10 ОСТ 2И.101-83. расточной резец. калибр-скоба ГОСТ 18355-73. калибр-пробка ГОСТ 14807-69. шаблон ГОСТ 2534-79.
025	внутришлифовальная	шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007. калибр-пробка ГОСТ 14807-69. шаблон ГОСТ 2534-79. мерительное приспособление с индикатором.
030	зубодолбежная	долбяк ГОСТ 9323-79 Р6М5К5. шаблон ГОСТ 2534-79. мерительное приспособление с индикатором» [1].

Продолжение таблицы 7

Номер операции	Содержание опции	«Инструмент; мерительное приспособление
035	фрезерная	центровочное сверло ГОСТ 14952-75 Р6М5. спиральное сверло ГОСТ 10903-77 Р6М5К5. цельный зенкер ГОСТ 12489-71 Р6М5К5. машинная развертка ГОСТ 1672-80 Р6М5К5. концевая фреза ГОСТ 17025-71 Р6М5К5. машинный метчик ГОСТ 3266-81 Р6М5К5. шаблон ГОСТ 2534-79. мерительное приспособление с индикатором.
060	круглошлифовальная	шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007. шаблон ГОСТ 2534-79. калибр-пробка ГОСТ 14827-69.
065	внутришлифовальная	шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007. шаблон ГОСТ 2534-79. калибр-пробка ГОСТ 14827-69» [1].

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

2.2 Проектирование технологических операций

В расчете технологических операций присутствует несколько составляющих – это расчет операционных размеров, расчет технологических допусков, расчет режимов резания и расчет норм времени [18]. Расчет может выполняться с помощью применения статистических методов либо расчетно-аналитических. Расчеты производятся на основе известных алгоритмов и подходов к решению [3]:

«Определяем скорость резания:

$$V = \frac{C_U}{T^{m \cdot t^x \cdot S^y}} \cdot K_U, \quad (15)$$

где выберем базовую величину C_U равную 420;

время работы одной пластины T равное 60 мин;

табличные величины степеней: t равно 0,2, x равно 0,15, y равно 0,35;

коэффициент, обеспечивающий условия обработки K_U примем равным 1,74» [17].

«Тогда для точения:

$$V_T = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,4^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 1,74 = 487,8 \text{ м/мин.}$$

Для расточки:

$$V_P = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,4^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 1,74 \cdot 0,9 = 439,0 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (16)$$

Тогда при точении поверхности диаметром 120 мм на первом переходе:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 487,8}{3,14 \cdot 120} = 1294 \text{ мин}^{-1}.$$

При растачивании поверхности диаметром 39,9 мм на втором переходе:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 439}{3,14 \cdot 39,9} = 3503 \text{ мин}^{-1} \text{» [17].}$$

«При корректировке частоты вращения получим для первого перехода скорость резания равную 471 м/мин, а для второго перехода – 250,5 м/мин.

Определим составляющие силы резания по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P, \quad (17)$$

где C_P – коэффициент обработки равный 300 [17];

x, y, n – табличные значения соответственно равные 1,0, 0,75, 0,15;

K_P – коэффициент коррекции» [17].

$$\text{«} K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (18)$$

где $K_{MP}, K_{\phi P}, K_{\gamma P}, K_{\lambda P}$ и K_{rP} равны 0,65, 0,89, 1,0, 1,0 и 1,0.

Тогда

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,4^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 471^{-0,15} \cdot 0,65 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 =$$

97 Н.

Определим требуемую мощность по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (19)$$

Тогда

$$N = \frac{97 \cdot 471}{1020 \cdot 60} = 0,75 \text{ кВт} \text{ [17].}$$

Режимы резания заносятся в операционную карту в приложении А. Технологическая документация в таблице А.1. Численные значения расчетов норм времени на выполнение операций и расчетов режимов резания будем определять с помощью онлайн калькулятора «Sandvik Coromant» [21] 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	0,50	189,6	587	1,00	0,584
	2	0,50	194,9	1649	0,90	
010	1	0,50	220,5	1263	1,00	0,581
	2	0,50	189,6	587	1,00	
015	1	0,25	471,0	1294	0,40	0,597
	2	0,25	250,5	3503	0,40	
020	1	0,25	347,6	2790	0,42	0,789
	2	0,25	471,0	1287	0,42	
	3	0,10	116,8	890	4,30	
	4	0,10	130,6	796	1,70	
025	1	6000 0,007	45,0	359	0,13	1,011
	2	6000 0,007	45,0	119	0,13	
030	1	0,20 0,036	15,3	2500	2,75	1,544

Продолжение таблицы 8

«Номер операции	Номер перехода	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Глубина резания, об/мин	Основное время, мин» [11]
035	1	0,60	25,1	414	7,00	5,140
	2	0,30	39,5	716	0,40	
	3	0,30	15,1	955	7,00	
	4	0,15	30,1	1857	0,40	
	5	0,10	15,7	2866	1,00	
	6	0,20	22,6	1150	3,60	
	7	0,50	15,2	620	0,25	
	8	0,90	9,9	443	0,10	
	9	0,10	18,2	1819	1,75	
	10	0,50	6,3	557	0,50	
060	1	0,18	45,0	119	0,18	1,121
065	1	0,07	45,0	358	0,07	0,966
	2	0,07	45,0	119	0,07	
070	1	1000 0,005	25 м/с	-	0,150	1,461
	2	1000 0,005	25 м/с	-	0,05	

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. Детальные результаты представлены в Приложении А. Технологическая документация в таблице А.1.

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Геометрическое и силовое взаимодействие в процессе резания

Одним из основных блоков обобщенной функциональной схемы процесса резания является блок геометрического взаимодействия. Математическая модель этого блока должна однозначно связывать входные величины (форма заготовки, инструмента и формообразующая траектория) с выходной характеристикой Q , определяющей основные геометрические параметры удаляемого слоя припуска. Очевидно, что при выполнении булевых операций вычитания из формы заготовки формы удаленного припуска получается форма обработанной детали, причем как макро, так и микро геометрия. Кроме того, эта характеристика является входной величиной блока силового взаимодействия и поэтому должна быть ориентирована на используемые там математические модели.

Математическое содержание блока силового взаимодействия может создаваться на базе силовых зависимостей теории резания. Однако, подавляющее большинство моделей силовых зависимостей имеют эмпирический характер, в них входят параметры процесса резания которые, в общем случае, не определяются настройками станка. В результате такие модели не отражают физику процесса резания, в частности, его динамические характеристики. Например, при цилиндрическом фрезеровании сложной поверхности (контурное фрезерование) не смотря на постоянные установки на станке (минутная подача, глубина резания) в процессе формообразования контура фактические параметры срезаемого слоя припуска меняются в зависимости от участка обрабатываемой поверхности даже при абсолютно эквидистантном припуске. То же можно заметить и при шлифовании даже поверхностей постоянной кривизны. Например, при одинаковых заданных глубине резания и подаче условия резания и параметры срезаемого слоя припуска существенно меняются при наружном и внутреннем шлифовании

даже при одинаковых размерах заготовки и шлифовального круга. Естественно такие зависимости не могут отражать и динамические явления, связанные с текущими изменениями параметров срезаемого слоя.

Следовательно, эти математические модели не могут использоваться в блоке силового взаимодействия функциональной схемы, которая должна обладать универсальностью, т.е. адекватно представлять любые виды обработки резанием.

При решении вопроса создания математической модели процесса резания в целом, немаловажную роль играет то, что все расчеты по общей модели возможны только при моделировании на ЭВМ, которая позволяет использовать численные методы. Ориентация на такие методы является существенной предпосылкой к использованию подходящих моделей, лишенных приведенных выше недостатков и позволяющих значительно расширить область адекватности модели процесса резания.

Проведенный анализ показывает, что наилучшим образом отвечает поставленным задачам модели, которые позволяют: для блока геометрического взаимодействия - модель, позволяющая определять на каждом шаге моделирования текущие параметры срезаемого слоя припуска; для блока силового взаимодействия – модель, ориентированная на использование удельной силы резания с дифференциацией по видам обработки, обрабатываемым материалам, скоростям резания и тому подобное.

В результате применения таких моделей выходная величина Q содержит информацию о текущих параметрах срезаемого слоя припуска на любом шаге моделирования, а сила резания зависит от площади среза.

Моделирование процессов, представленных блоком геометрического «взаимодействия целесообразно проводить по цикловому алгоритму, укрупненная блок-схема которого показана на рисунке 5. Алгоритм предусматривает представление геометрических образов формообразующей траектории, исходной инструментальной поверхности и заготовки в виде дискретных геометрических моделей, а проще говоря, в виде цифровых

массивов. За счет этого обеспечивается универсальность алгоритма при любых геометрических формах» [22].

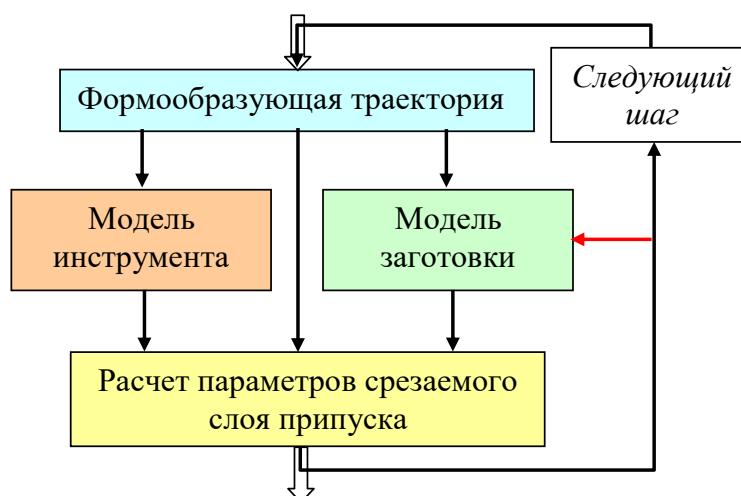


Рисунок 5 – Алгоритм моделирования геометрического взаимодействия

«Алгоритм составляет часть общей процедуры моделирования всего процесса резания и может правильно функционировать только внутри такой процедуры. Это объясняется тем, что на каждом шаге моделирования по рассчитанным параметрам срезаемого слоя припуска вычисляется сила резания, которая, в силу замкнутости процесса, вызывает упругие деформации, приводящие на следующем шаге к изменению формообразующей траектории» [22]. Кроме того, в самом алгоритме по рисунку 5 предусмотрено изменение заготовки по рассчитанным параметрам удаленного материала, а на последнем проходе, вычисляемая в процедуре поверхность заготовки и будет представлять поверхность обработанной детали.

Проиллюстрируем функционирование алгоритма для решения плоской задачи контурной 2-D обработки инструментом с цилиндрической исходной инструментальной поверхностью. На рисунке 6 представлено геометрическое взаимодействие инструмента 1 с заготовкой 2 при его движении по формообразующей траектории 3, а на рисунке 7 – блок-схема алгоритма

процедуры расчета координат необходимых точек, определяющих параметры среза на каждом шаге моделирования.

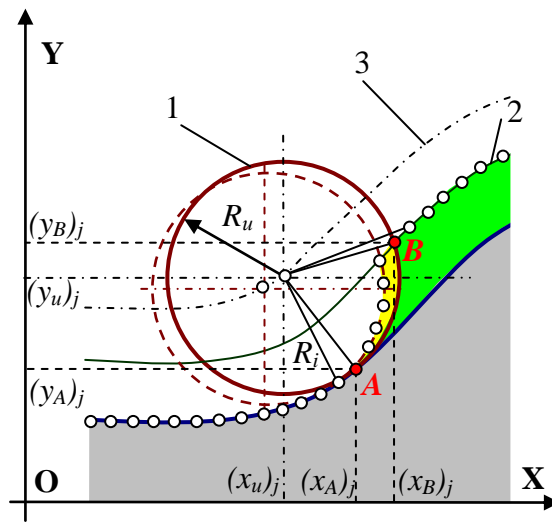


Рисунок 6 – Схема взаимодействия

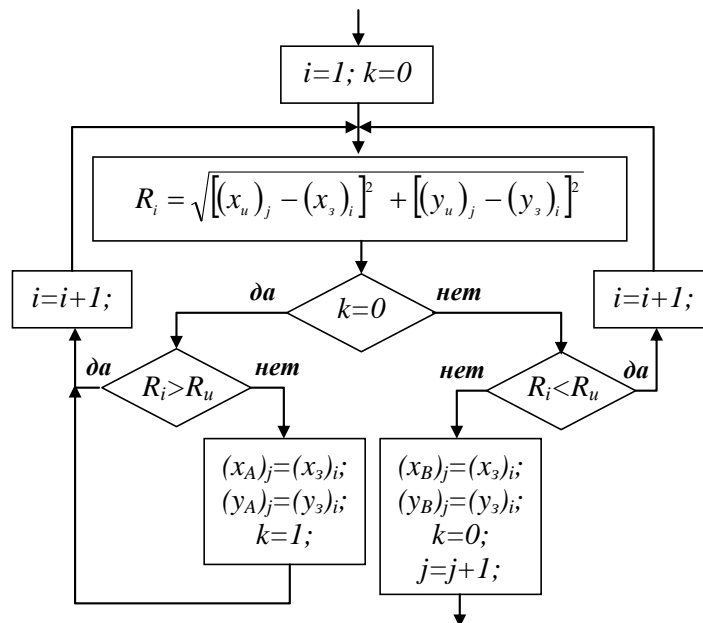


Рисунок 7 – Блок-схема алгоритма

В «соответствии с предложенным численным методом весь контур заготовки представляется дискретной геометрической моделью в виде массивов $[x_i]$ и $[y_i]$. Для каждого шага моделирования необходимо определить

координаты точки A (начало линии контакта инструмента с заготовкой) и точки B – окончание линии контакта» [20] (рисунок 6). На самом деле, ввиду постоянного трансформирования заготовки, ее контур на каждом шаге моделирования представляется линией, состоящей из обработанного контура, контура части инструментальной поверхности и собственно контура заготовки, обработанного на предыдущем проходе. На рисунке 6 этот контур условно обозначен кружками, символизирующими дискретную геометрическую модель заготовки. По вычисленным значениям координат точек A и B можно рассчитать необходимые для каждого вида обработки параметры, которые будут определять силу резания.

3.2 Исследование силовых характеристик инструмента

На 035 фрезерной операции используется фрезы концевые диаметром 20 мм и 6 мм ГОСТ 17025-71 P6M5K5 с покрытием (TiCr)C, чертеж одной приведен на рисунке 8. 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.

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.

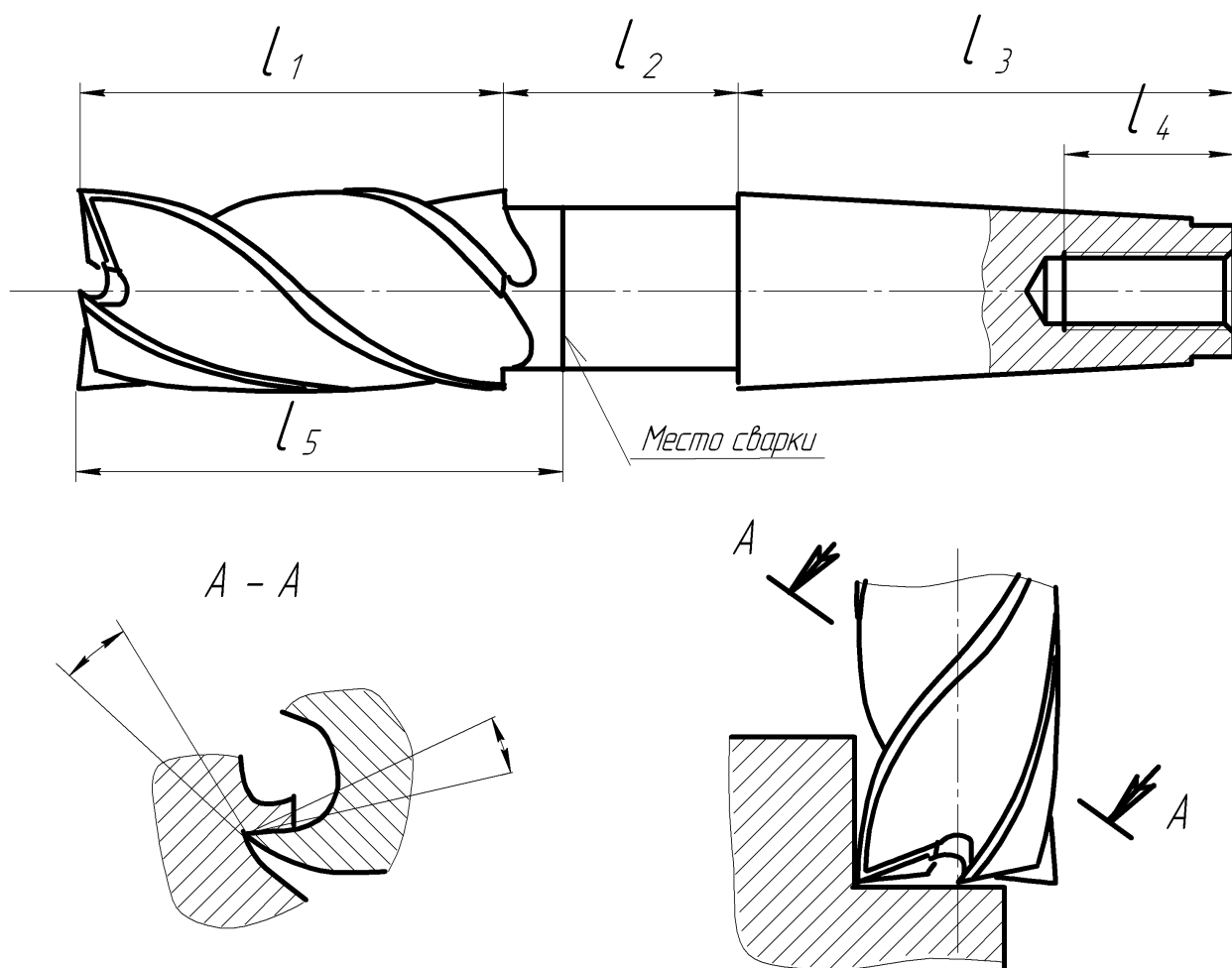


Рисунок 8 – Концевая фреза

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 равномерно расположенные зубья.

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 геометрического и силового взаимодействия в процессе резания и силовых характеристик инструмента. Получены алгоритмы геометрического и силового взаимодействия инструмента и заготовки в процессе резания. Также проведено исследование силовых характеристик концевой 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 водила контрольного приспособления» [2]. Актуальность исследования обоснована тем, что процесс изготовления водила 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: токарно-винторезный с ЧПУ ТС16А20Ф3, торцевнутришлифовальный полуавтомат 3К227В, зубодолбежный п/а 5140, вертикальный сверлильно-фрезерно-расточной станок с ЧПУ 2С150ПМФ4, торцекруглошлифовальный полуавтомат 3Б153Т и электрохимический станок

для снятия заусенцев 4407. Приспособления: патрон токарный 3-х кулачковый клиновым ГОСТ 2675-80, патрон мембранный, приспособление специальное самоцентрирующее ГОСТ 17205-71 и патрон цанговый ГОСТ 17200-71. Инструмент: резец токарный проходной сборный с механическим креплением твердосплавных пластин, резец токарный расточной сборный с механическим креплением твердосплавных пластин, резец токарный канавочный сборный с механическим креплением твердосплавных пластин, круг шлифовальный, долбяк дисковый прямозубый, сверло центровочное, сверла спиральные, развертка машинная цельная, фрезы концевые, метчик машинный, зенкер цельный и головка шлифовальная. Проводить анализ будем на потенциально опасных технологических операциях: токарная, зубодолбежная и фрезерная. 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 концевая, 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 водила контрольного приспособления.

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 9, представлено описание изменившейся операции.

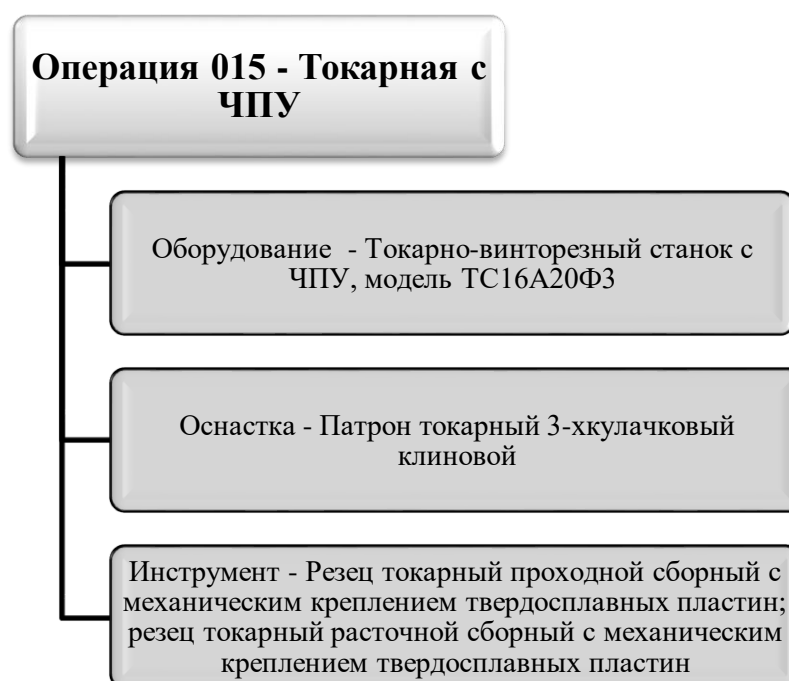


Рисунок 9 – Описание изменившейся операции в результате совершенствования

На рисунке 9 представлены предлагаемые изменения на токарной операции с ЧПУ. 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 [14]. Более детальное описание материалов и информации представлено на рисунке 10.

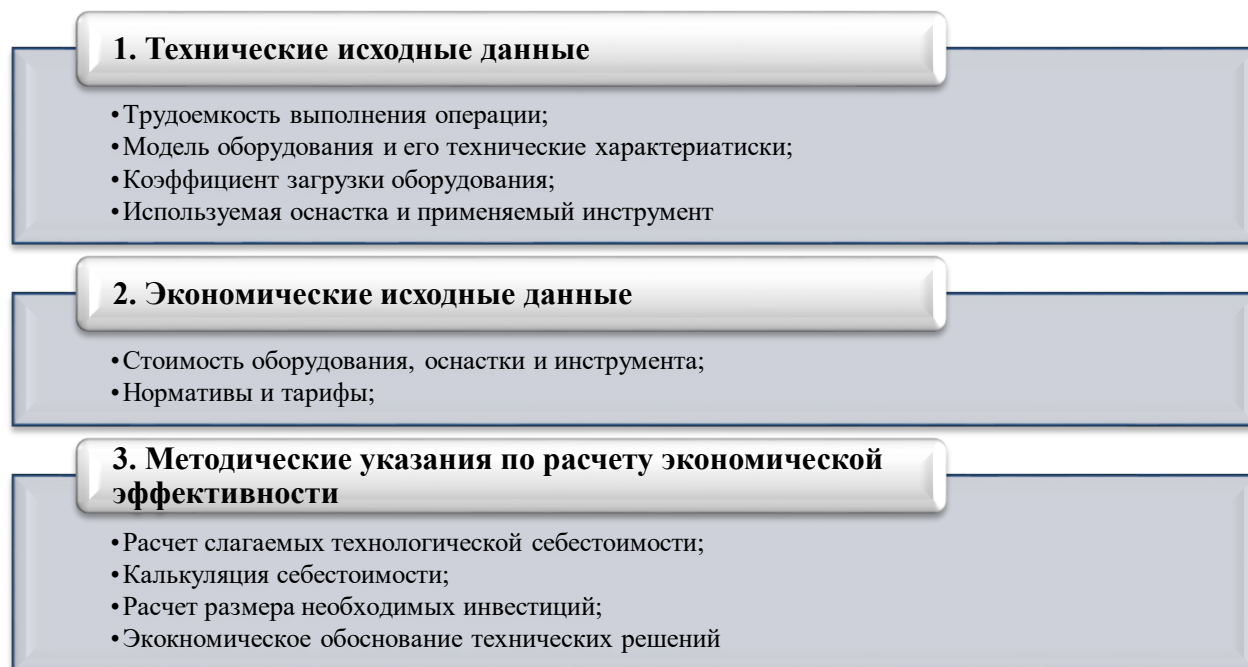


Рисунок 10 – Детальное описание материалов и информации, необходимых для проведения соответствующих экономических расчетов

Информация и материалы, представленные на рисунке 10, 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. Поэтому, далее будут представлены результаты расчетов всех необходимых экономических показателей, по результатам которых будут сделаны выводы, на которые и нацелен данный раздел.

На рисунке 11 представлены значения всех слагаемых технологической себестоимости, которая является основой для всех дальнейших расчетов.

Из рисунка 11 видно, что все значения совершенствованного варианта значительно меньше исходного. Такое изменение привело к итоговой разнице между вариантами значения величины технологической себестоимости в размере 1,08 рублей, что составило 16,95%. 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 56,58% в исходном варианте, и 58,16% – в совершенствованном.

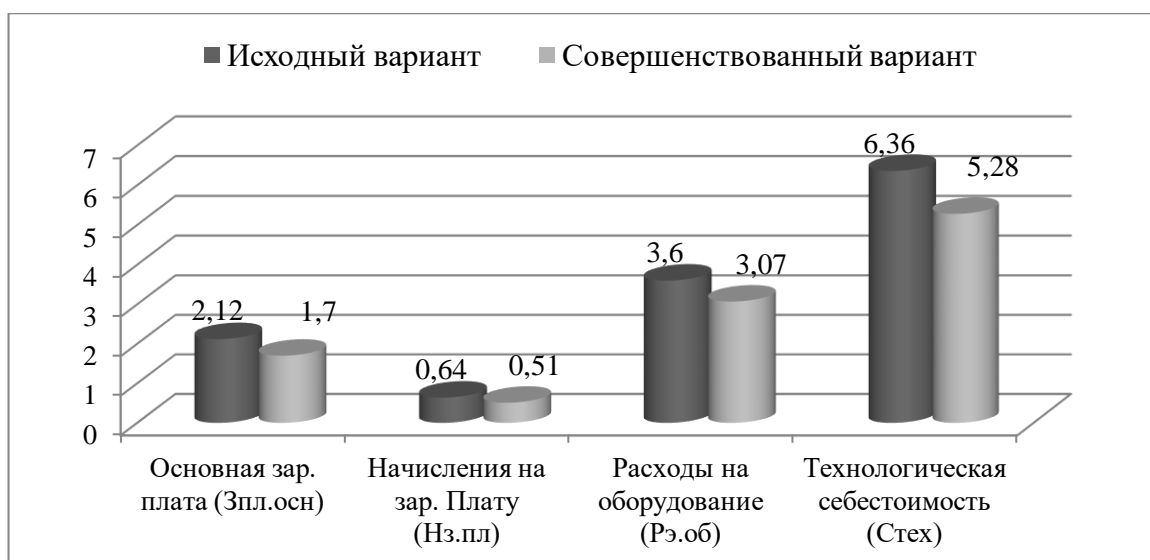


Рисунок 11 – Величина технологической себестоимости выполнения операции и значения ее слагаемых

На рисунке 12 представлены значения итоговых показателей, по которым формируется вывод об эффективности предложенных совершенствований.

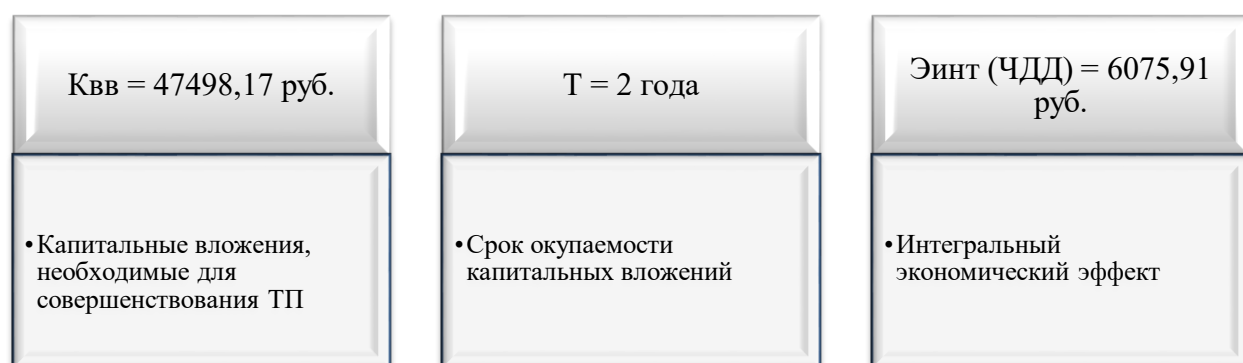


Рисунок 12 – Значения итоговых показателей

В результате выполнения раздела, исходя из представленных на рисунке 12 данных, 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 «Водила» контрольного приспособления для условий среднесерийного производства. По заданию объем выпуска был выбран в количестве 20000 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 геометрического и силового взаимодействия в процессе резания и силовых характеристик инструмента. Получены алгоритмы геометрического и силового взаимодействия инструмента и заготовки в процессе резания. Также проведено исследование силовых характеристик концевой фрезы. 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: 22.09.2022).
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: 12.09.2022).
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: 17.09.2022).
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: 23.09.2022).

22. Химический состав и физико-механические свойства стали 40X [Электронный ресурс]. – https://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40X? (дата обращения: 16.09.2022).

Приложение А Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

Дубл.																	
Взам.																	
Подп.																	
											01101.25225	1	3				
Разраб.	Милин				ТГУ					XXXX.XXXX							
Пров.	Гуляев									10141.00001							
											Водило						
Н. Контр.	Гуляев																
М01	Сталь 20Х ГОСТ 4543-2016																
М02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код.загот.	Профиль и размеры				КД	МЗ				
	-	166	0,3			0,26	41211XXX	Ø128,8х32,2				1	1,15				
А	цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа								
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.	
01А	XXXXXX 005 4110 Токарная ИОТ И 37.101.7034-93																
02Б	391148XXX		ТС16А20Ф3			2	15929	411	1Р	1	1	1	945	1	21	0,562	
03																	
04А	XXXXXX 010 4110 Токарная ИОТ И 37.101.7034-93																
05Б	391148XXX		ТС16А20Ф3			2	15929	411	1Р	1	1	1	945	1	32	0,563	
06																	
07А	XXXXXX 015 4110 Токарная ИОТ И 37.101.7034-93																
08Б	391148XXX		ТС16А20Ф3			2	15929	411	1Р	1	1	1	945	1	32	0,575	
09																	
10А	XXXXXX 020 4110 Токарная программная ИОТ И 37.101.7034-93																
11Б	391148XXX		ТС16А20Ф3			2	15929	411	1Р	1	1	1	945	1	32	0,763	
12																	
13А	XXXXXX 025 4132 Внутришлифовальная ИОТ И 37.101.7419-85																
14Б	38132XXX		3К227В			2	18873	411	1Р	1	1	1	945	1	21	0,922	
МК																	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

Дубл.																
Взам.																
Подп.																
										2		3				
А	цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа							
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.	
01А	XXXXXX	030	4152	Зубодолбежная	ИОТ И 37.101.7111-89											
02Б	381572XXX			5140	2	18632	411	1Р	1	1	1	945	1	26	1,434	
03																
04А	XXXXXX	035	4260	Фрезерная	ИОТ И 37.101.7026-89											
05Б	3816XXX			2С150ПМФ4	2	18632	411	1Р	1	1	1	945	1	42	4,962	
06																
07А	XXXXXX	040	0190	Слесарная												
08Б	XXXXXX			4407												
09																
10А	XXXXXX	045	0130	Моечная												
11Б	375698XXX			КММ												
12																
13А	XXXXXX	050	0200	Контрольная												
14																
15А	XXXXXX	055	0511	Термическая												
16																
17А	XXXXXX	060	4131	Круглошлифовальная	ИОТ И 37.101.7419-85											
18Б	38132XXX			ЗБ153Т	2	18873	411	1Р	1	1	1	945	1	22	1,028	
МК																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

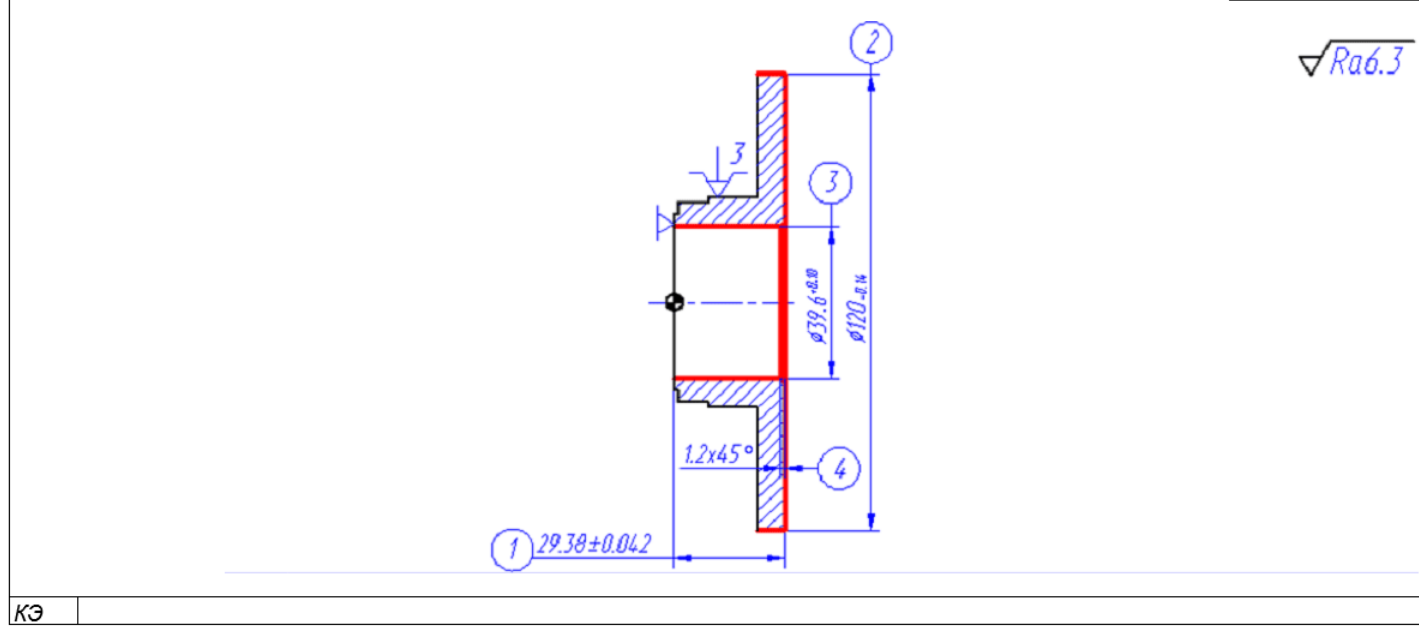
ГОСТ 3.1118-82 Форма 1															
Дубл.															
Взам.															
Подп.															
											3	3			
А	цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа						
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.
01А	XXXXXX	065	4112	Внутришлифовальная	ИОТ И 37.101.7419-85										
02Б	38132XXX			3К227В	2	18873	411	1Р	1	1	1	945	1	21	0,877
03															
04А	XXXXXX	070	4142	Координатно-шлифовальная	ИОТ И 37.101.7419-85										
05Б	38132XXX			32К84СФ4	2	18873	411	1Р	1	1	1	945	1	21	1,327
06															
07А	XXXXXX	075	0130	Моечная											
08Б	XXXXXXXX	КММ													
09															
10А	XXXXXX	080	0200	Контрольная											
11															
12А	XXXXXX	085	0300	Маркировочная											
13															
14															
15															
16															
17															
18															
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1404-86 Форма 7

Дубл.																				
Взам.																				
Подп.																				
										01101.25225		1		3						
Разраб.	Милин						ТГУ			XXXX.XXXX										
Пров.	Гуляев									10141.00001										
										Водило				Цех	Уч.	РМ	Опер			
Н. Контр.	Гуляев															025				



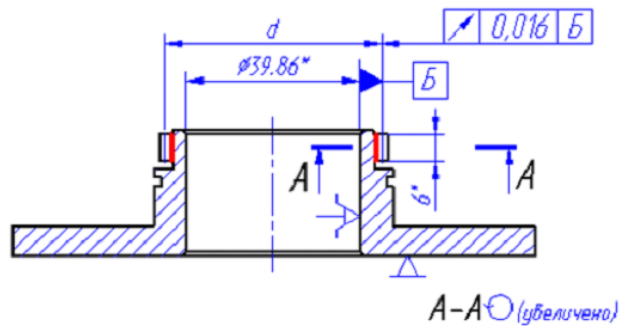
КЭ

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

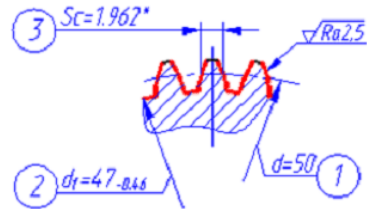
ГОСТ 3.1404-86 Форма 7

Дубл.																					
Взам.																					
Подп.																					
										01101.25225		2		3							
Разраб.	Милин																				
Пров.	Гуляев																				
										ТГУ				XXXX.XXXX							
														10141.00001							
																Водило		Цех	Уч.	PM	Опер
																					035



A-A (увеличено)

Модуль	m	1,25
Число зубьев	z	40
Нормальный исходный контур	-	ГОСТ 13755-81
Коэффициент смещения	x	0
Степень точности по ГОСТ 5006-83	-	7-C
Длина общей нормали	W	17.306
Делительный диаметр	d	50



КЭ

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3

Дубл.																						
Взам.																						
Подп.																						
														01101.25225				3		3		
Разраб.	Милин						ТГУ						XXXX.XXXX									
Пров.	Гуляев												10141.00001									
Н. Контр.	Гуляев						Водило					Цех	Уч.	PM	Опер		030					
Наименование операции				Материал				твердость		ЕВ	МД	Профиль и размеры				МЗ	КОИД					
4154 Зубодолбежная				Сталь 20Х				180 НВ		166	0,3	Ø128,8x32,2				1,15	1					
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы				To	Tв	Tпз	Tшт	СОЖ										
5140				XXXXXX				1,013	0,340	26	1,434	Укринол- 1										
P							ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V								
01							мм	мм	мм			мм/дв.х	дв.х/мин	м/мин								
002	1. Установить и снять заготовку																					
T03	396131XXX- приспособление специальное																					
004	2. Долбить зубья, выдерж. разм.1-3																					
T05	391810XXX- долбяк дисковый прямозубый тип 1 т=1.25 Ø75 ГОСТ 9323-79																					
T06	393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83; 393120XXX- приспособление контрольное с индикатором																					
P07							XX	50	6	5,9	1	0,036	850	15,3								
08																						
09																						
10																						
11																						
12																						
ОКП																						

