

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

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств»
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Технология машиностроения
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления цапги

Обучающийся

А.А. Рябинин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент В.А. Гуляев

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

Консультанты

канд. экон. наук, доцент Е.Г. Смышляева

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

канд. физ.-мат. наук, доцент Д.А. Романов

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

Аннотация

В работе разработана технология изготовления цапги массой 12,69 килограмма из стали 56Г ГОСТ 4543-2016 в количестве 20000 деталей в год. Технология соответствует стандартам качества и безопасности производства, а все изменения базовой технологии учитывают требования по экономической эффективности. Предлагаемая технология включает в себя процессы штамповки, обработки на станках с ЧПУ (токарная, сверлильная, шлифовальная), термической обработки. Все процессы обработки цапги сопровождаются контролем качества. Выбранные технологические переходы осуществляются с применением современного оборудования с ЧПУ. Лимитирующая токарная операция выполнена с применением передовых технологических решений в конструировании оснащения. Конструкторская разработка направлена на усовершенствование станочного приспособления и инструментального оснащения для лимитирующей операции с целью повышения эффективности обработки материала и улучшения качества обработки поверхности. В работе показано, что уменьшение времени и затрат на обработку на токарных переходах, а также увеличение срока службы инструмента приводит к экономическому эффекту. Меры безопасности включают в себя проведение обязательного технического обслуживания инструментов. В результате усовершенствования средств технологического оснащения ожидается улучшение процесса обработки, снижение затрат на производство и повышение безопасности труда. Разработанная технология является высокопроизводительной, обеспечивает заданное качество детали, что позволяет снизить издержки производства.

Технология изготовления детали соответствует среднесерийным условиям производства. Она представляет собой оптимальное решение для производства цапги и соответствует требованиям задания на проектирование.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ технического объекта.....	6
1.1 Обоснование технологичности технического объекта	6
1.2 Постановка задач	9
2 Технология изготовления технического объекта	11
2.1 Получение заготовки, порядок и средства ее обработки.....	11
2.2 Расчет режимов резания и норм времени.....	29
3 Средства технического и технологического оснащения	32
3.1 Станочное приспособление	32
3.2 Инструментальное оснащение.....	35
4 Безопасность и экологичность технического объекта	37
5 Экономическая эффективность работы	42
Заключение	46
Список используемой литературы и используемых источников.....	47
Приложение А Технологическая документация.....	49

Введение

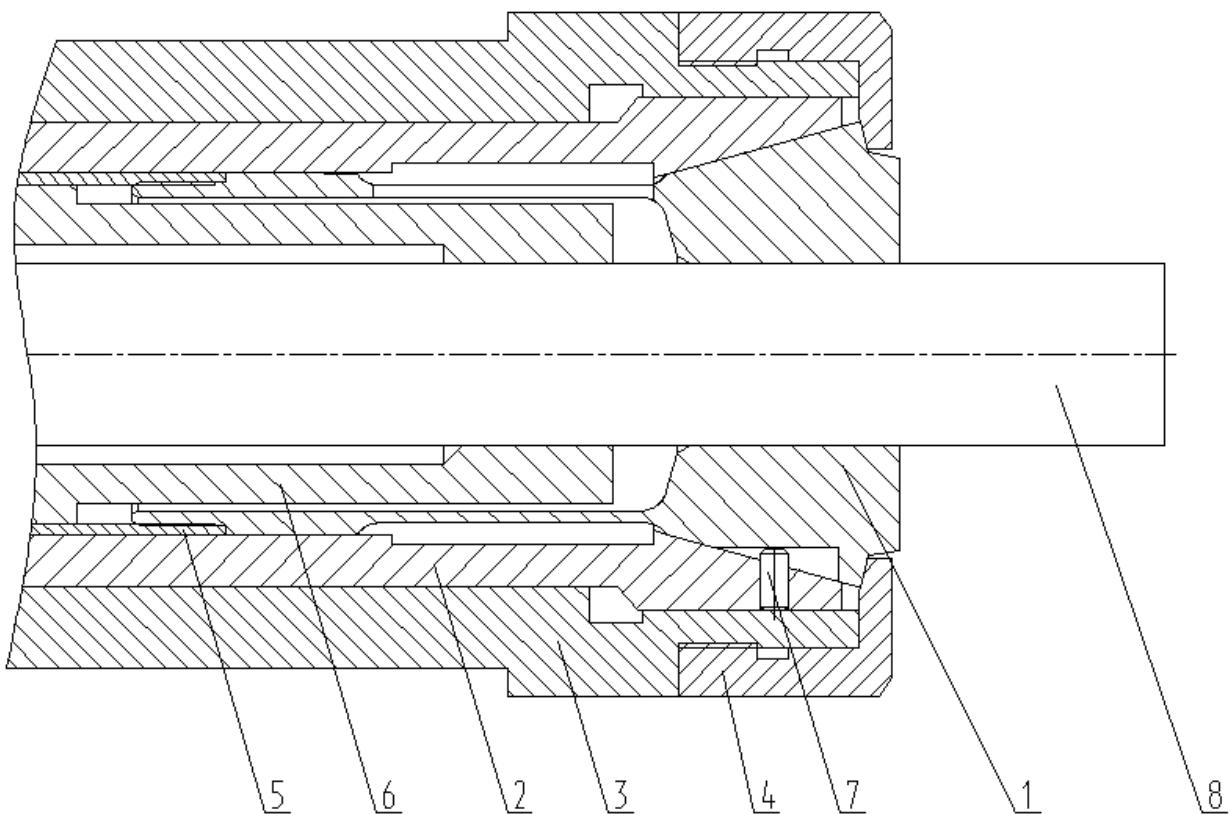
Механическая обработка металлов и любых других сплавов или материалов имеет огромное значение в мире и в промышленности, так как это основа всего производства в мире [20]. Для правильного изготовления той или иной детали создаются большие технологические карты, в которых подробно описываются все технологические процессы, операции и процедуры, которые должна пройти заготовка, чтобы превратиться в качественную и долговечную деталь, которая прослужила бы долгие годы [2]. Без этих подробных инструкций люди не смогли бы сконструировать или правильно изготовить деталь. В противном случае, деталь может оказаться бракованной и поломаться, что в свою очередь может стать причиной порой больших последствий [3]. Поэтому люди стремятся к тому, чтобы повысить качество любой продукции или процесса. Ведь высокое качество – это, в первую очередь, залог безопасности [18]. Для снижения затрат на производство необходимо повышать стойкость режущего инструмента. В этом случае снижается себестоимость продукции. Для этого необходимо учитывать и эксплуатационные и технологические параметры конструкций инструмента. Первые связаны с удобством работы, уменьшением времени на смену, наладку [10]. Вторые определяют повышение точности, качества при обработке. Главным фактором повышения стойкости режущего инструмента является выбор и оптимизация инструментального материала [4]. Использование современных композиционных материалов, полученных комбинированными способами обработки, приводит к повышению механических свойств. Главные из них, влияющие на износ, это повышенная твердость, прочность и устойчивость к износу. Эти параметры увеличивают стойкость инструмента, как за счет снижения интенсивности рабочего износа, так и за счет снижения вероятности поломки инструмента [15]. Главной операцией по формированию структуры и свойств материала является термическая операция. Оптимальный вид термической обработки и его параметры может значительно увеличить

твердость материала, улучшить его микроструктуру и повысить его сопротивляемость к износу [1]. Причем сделать максимально эффективно с точки зрения сочетания всех этих свойств. Например, закалка и отпуск позволяют получить заданные характеристики твердости и ударной прочности. «Современные материалы режущей части инструмента являются» [1], как правило, композитными. Покрытия, такие как алмазные, титановые или нитридные, создают защитный слой на режущей части инструмента [17]. Причем это многослойные покрытия. Это позволяет снизить трение за счет трибологических свойств поверхности. Выбор типа покрытия, его параметров, характеристик подложки могут обеспечить комплексную защиту от абразивного, адгезионного, диффузионного износа и коррозии [5]. Другим фактором, повышающим стойкость инструмента, являются условия эксплуатации. В первую очередь снижение температуры и силы резания при обработке. Это можно достичь за счет улучшения формы и конструкции режущей части. Оптимизация геометрических параметров конструкции режущей части позволяет снизить нагрузку на инструмент и равномерно распределять нагрузку по большей части поверхности. Это снижает вероятность появления трещин и микротрещин [11]. Способы повышения эффективности обработки инструментом приводят к комплексному эффекту. Это продление срока службы режущего инструмента, как между переточками или заменой пластин или вставок, так и общий срок службы корпусных деталей инструмента [7]. Повышение надежности операций за счет снижения вероятности поломки инструмента. Это приводит к росту стабильности и устойчивости технологической операции. Снижение трения кроме уменьшения износа режущего инструмента благоприятно сказывается на качестве обработанной поверхности из-за снижения влияния температурных воздействий [12]. В итоге, все это приводит к росту производительности и повышению экономической эффективности процесса механической обработки, доля которой все еще составляет подавляющую часть в трудоемкости изготовления изделий машиностроения.

1 Анализ технического объекта

1.1 Обоснование технологичности технического объекта

Предлагается разработка технологического процесса изготовления детали «Цанга». Часть цангового механизма, в состав которой входит деталь, показана на рисунке 1. Предназначение цангового механизма – это закрепление заготовки в токарном автомате для последующей механической обработки [8].



1 – цанга; 2 – втулка; 3 – корпус; 4 – гайка упорная; 5 – тяга; 6 – цанга подающая; 7 – штифт; 8 – заготовка (пруток)

Рисунок 1 – Фрагмент цангового механизма

Для материала, из которого целесообразнее изготовить предлагаемую деталь определим сталь 56Г ГОСТ 4543-2016. Присутствие легирующего элемента марганца в соответствии с ГОСТ обозначено буквой Г (источник: <https://vashnozh.com/stal/65g>). Материал обладает высокой ударной устойчивостью и стойкостью к деформации. Присутствует повышенная твердость, которая препятствует разрушению, ломкости и хрупкости при довольно больших внешних нагрузках. Также присутствует высокая сопротивляемость к разрыву. Но имеет низкую стойкость к коррозии. Сталь 65Г в машиностроении применяется довольно широко. Ее пластичные свойства позволяют претендовать на эталонное положение в производстве упорных шайб, пружин, рессор. Твердость предлагаемого материала дает возможность изготовления из него деталей с повышенной износостойкостью

В состав материала детали входят следующие химические элементы: процентное содержание углерода определяется как соотношение от 0,62 до 0,7 к единице; процентное содержание марганца определяется как соотношение от 0,9 до 1,2 к единице; процентное содержание фосфора определяется как соотношение менее 0,035 к единице; процентное содержание серы определяется как соотношение менее 0,035 к единице; процентное содержание никеля определяется как соотношение до 0,26 к единице; процентное содержание кремния определяется как соотношение от 0,16 до 0,34 к единице и процентное содержание хрома определяется как соотношение до 0,26 к единице. Твердость материала до 200 единиц [9].

Для соблюдения технических требований, указанных на чертеже детали в обязательном порядке необходимо провести систематизацию и классификацию всех поверхностей. Результат этой процедуры показан на рисунке 2, а сама классификация представлена в таблице 1.

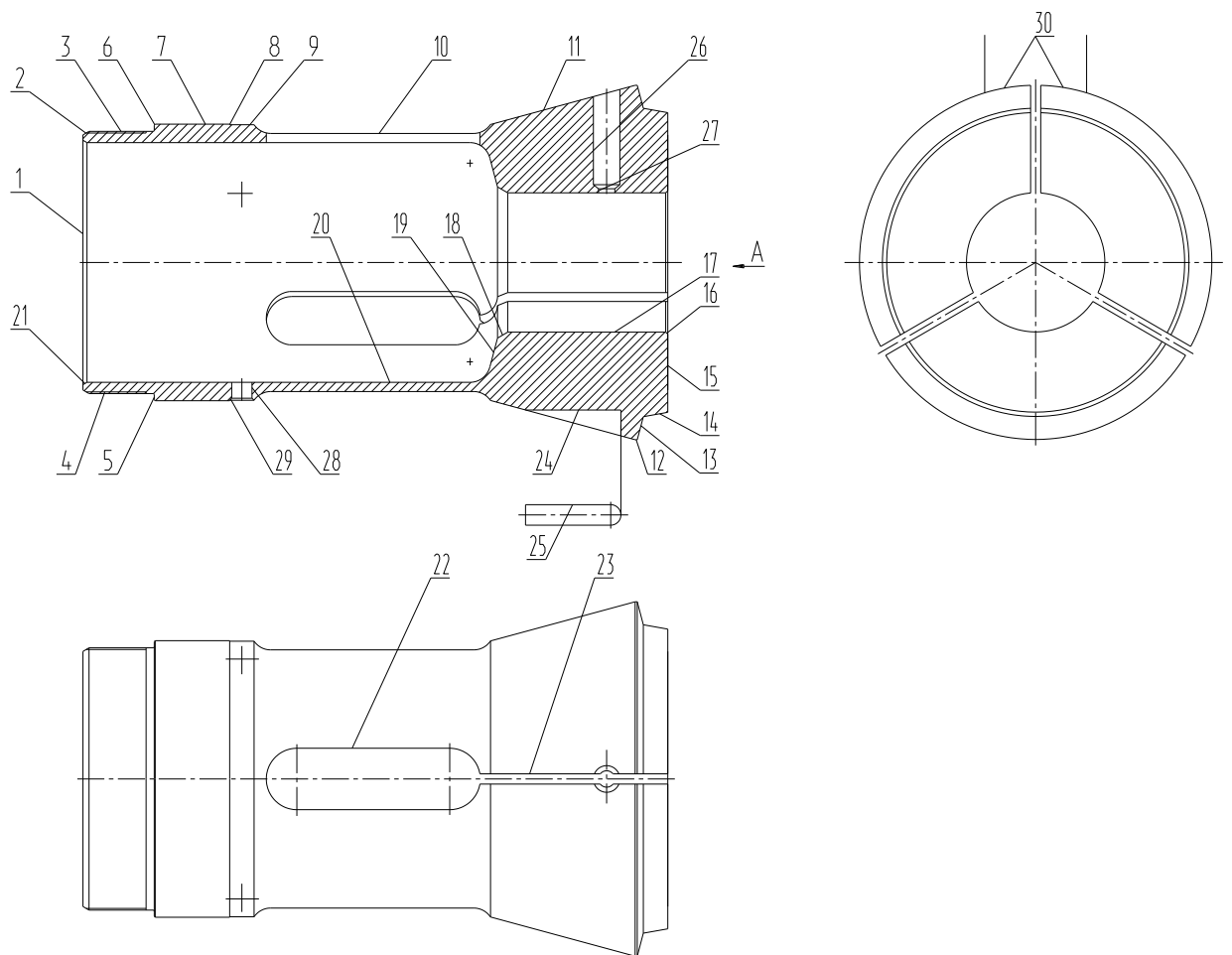


Рисунок 2 – Систематизация поверхностей

Таблица 1 – Классификация поверхностей

Тип поверхностей	Обозначения на рисунке 2
«основные конструкторские базы (ОКБ)	11, 7
вспомогательные конструкторские базы ВКБ)	4, 5, 13, 18, 25 и 26
исполнительные (ИП)	17
свободные (СП)	все остальные» [16]

При изучении процесса обработки детали были обнаружены недостатки. Оборудование морально устарело, в следствии чего, снижается производительность труда. Для устранения выявленных проблем в исходном технологическом процессе предлагается следующий план мероприятий: замена устаревшего оборудования.

Современное оборудование должно соответствовать следующим техническим и технологическим требованиям: точность: оборудование

должно обеспечивать точность обработки, чтобы соответствовать требованиям к качеству продукции; автоматизация: оборудование должно быть полностью автоматизировано для выполнения технологических задач без постоянного присутствия оператора; программируемость: оборудование должно поддерживать программирование для выполнения различных задач обработки; безопасность: оборудование должно быть безопасным в использовании и обеспечивать безопасность; эффективность: оборудование должно быть энергоэффективным и способным работать в течение длительного времени без перегрева и износа; техническое обслуживание: Оборудование должно быть простым в обслуживании, с возможностью замены изношенных или поврежденных компонентов; совместимость: оборудование должно быть совместимо с другими схемами и технологиями, используемыми в производстве.

Возможность изготовления детали является достижимой в виду ее технологичности. Таким образом реализация проектирования технологического процесса является реальной.

1.2 Постановка задач

Необходимо спроектировать технологический процесс изготовления цапги, который включает широкое использование автоматизированных систем, высокопроизводительных средств оснащения и инструмент. Необходимо применить программное управление процессом обработки, особенно для переходов по точению. На высокоточные операции необходимо предусмотреть системы контроля.

Предложить технологию, которая должна включать в себя процессы штамповки, обработки на станках с ЧПУ, термическую обработку. Все процессы обработки цапги сопровождать контролем качества. Технологические переходы осуществить с применением современного оборудования с ЧПУ. Лимитирующую токарную операцию выполнить с применением передовых

технологических решений в конструировании оснащения. Конструкторскую разработку направить на усовершенствование станочного приспособления и инструментального оснащения для лимитирующей операции с целью повышения эффективности обработки материала и улучшения качества обработки поверхности. Доказать, что уменьшение времени и затрат на обработку на токарных переходах, а также увеличение срока службы инструмента приводит к экономическому эффекту. Для этого требуется спроектировать соответствующие приспособление и инструментальное оснащение. Предложить меры безопасности, которые в обязательном порядке должны включать в себя проведение обязательного технического обслуживания инструментов. Усовершенствовать средства технологического оснащения для улучшения процесса обработки, снижения затрат на производство и повышения безопасности труда. Разработать высокопроизводительную технологию, которая должна обеспечить заданное качество детали, что позволит в итоге снизить издержки производства.

В разделе созданы все предпосылки для разработки технологии изготовления детали, которая соответствует среднесерийным условиям производства. Поставлены задачи для работы, решение которых в последующих разделах приведет к созданию условий производства цанги, соответствующим требованиям задания на проектирование.

2 Технология изготовления технического объекта

2.1 Получение заготовки, порядок и средства ее обработки

В таблице 2 представлены исходные данные для выбора типа производства и проектирования заготовки.

Таблица 2 – Проектирование заготовки (исходные данные)

Масса детали, кг	Материал заготовки	Тип производства	Выпуск, шт.	Сравниваемые методы
12,69	сталь 65Г	среднесерийный	20000	поковка (штамповка) и прокат

«Масса заготовки при штамповке:

$$M_{Ш} = M_{Д} \cdot K_{Р}, \quad (1)$$

где $M_{Ш}$ – масса заготовки при штамповке;

$M_{Д}$ – масса детали, кг;

$K_{Р}$ равен 2» [21].

«После расчета получим массу заготовки при штамповке:

$$M_{Ш} = 12,69 \cdot 2 = 25,4 \text{ кг.}$$

Масса заготовки при прокате:

$$M_{ПР} = V \cdot \gamma, \quad (2)$$

где $M_{ПР}$ – масса заготовки, кг;

V – объем заготовки, мм³;

γ – плотность стали, кг/м³» [16].

У «проката основными параметрами являются его диаметр сечения и длина:

$$d_{\text{ПР}} = d_{\text{Д}}^{\text{МАХ}} \cdot 1,05 \text{ мм}, \quad (3)$$

где $d_{\text{Д}}^{\text{МАХ}}$ – максимальный диаметральный размер детали, мм» [16].

Тогда $d_{\text{ПР}} = 173 \cdot 1,05 = 181,6$ мм. Принимаем $d_{\text{ПР}} = 185$ мм

$$\langle l_{\text{ПР}} = l_{\text{Д}}^{\text{МАХ}} \cdot 1,05 \text{ мм}, \quad (4)$$

где $l_{\text{Д}}^{\text{МАХ}}$ – максимальный осевой размер детали, мм» [16].

«Тогда $l_{\text{ПР}} = 287 \cdot 1,05 = 301,3$ мм. Принимаем $l_{\text{ПР}} = 301,3$ мм

Объем цилиндрической фигуры определяется по формуле:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{ПР}}^2 \cdot l_{\text{ПР}} \text{ мм}^3 \quad (5) \text{» [16]}$$

«Учитывая принятые максимальный диаметральный и линейный размеры:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{ПР}}^2 \cdot l_{\text{ПР}} = \frac{3,14}{4} \cdot 185^2 \cdot 301,3 = 8094914 \text{ мм}^3.$$

Массу заготовки при прокате получим из формулы (2)

$$M_{\text{ПР}} = 8094914 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 63,5 \text{ кг}.$$

По ГОСТ 2590-2006 выбираем нужный размер горячекатанного проката обычной точности:

$$\text{Круг } \frac{185\text{-В-ГОСТ } \square 2590\text{-2006}}{65\text{Г-ГОСТ } \square 4543\text{-71}} \text{» [16].}$$

«Стоимость заготовки при штамповке будем определять по формуле:

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

где C_3 – стоимость штампованной заготовки;

$M_{\text{Ш}}$ – масса штампованной заготовки, кг;

C_B – сумма 1 кг материала, примем 11,20 руб./кг;

K_T – коэффициент, показывающий точность, равный 1,0;
 $K_{СЛ}$ – коэффициент, показывающий сложность, равный 1,0;
 K_B – коэффициент, который зависит от $M_{Ш}$, равный 0,8;
 K_M – коэффициент материала, примем равным 1,13;
 $K_{П}$ – коэффициент количества выпуска, равный 1,0» [13].

«Следовательно, получаем стоимость заготовки

$$C_3 = 11,20 \cdot 25,4 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,13 \cdot 1,0 = 257,2 \text{ руб.}$$

Найдем затраты на механическую обработку, используя формулу:

$$C_{МО} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{УД}, \quad (7)$$

где $C_{УД}$ – цена за 1 кг материала, руб./кг, принимаем равным 20 руб.

Тогда, подставив все данные в формулу, получаем:

$$C_{МО} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{УД} = (25,4 - 12,69) \cdot 20 = 254,2 \text{ руб.} \text{» [16].}$$

«Рассчитаем стоимость отходов (стружки) от производства:

$$C_{ОТХ} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{ОТХ}, \quad (8)$$

где $C_{ОТХ}$ – стоимость за 1 кг стружки.

Примем $C_{ОТХ}$ равной 0,4 руб./кг» [16].

«Получаем:

$$C_{ОТХ} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{ОТХ} = (25,4 - 12,69) \cdot 0,4 = 5,1 \text{ руб.}$$

$$C_{ДШ} = C_3 + C_{МО} - C_{ОТХ} = 257,2 + 254,2 - 5,1 = 506,3 \text{ руб.}$$

Стоимость прокатной заготовки найдем:

$$C_{ПР} = C_{МПР} \cdot M_{ПР} + C_{ОЗ}, \quad (9)$$

где $C_{ОЗ}$ – отрезка, найдем как:

$$C_{O3} = \frac{C_{ПЗ} \cdot T_{ШТ}}{60}, \quad (10)$$

где $C_{ПЗ}$ примем равным 30,20 руб./ч

$T_{ШТ}$ – норма штучного времени» [16]:

$$\langle T_{ШТ} = T_0 \cdot \phi_K, \quad (11)$$

где T_0 – основное время, мин

ϕ_K – коэффициент оснастки, равный 1,5 [13].

T_0 определим:

$$T_0 = 0,19 \cdot d_{ПР}^2 \cdot 10^{-3}. \quad (12) \gg [16]$$

«Тогда $T_0 = 0,19 \cdot d_{ПР}^2 \cdot 10^{-3} = 0,19 \cdot 185^2 \cdot 10^{-3} = 6,503$ мин.

И из (9-11):

$$T_{ШТ} = T_0 \cdot \phi_K = 6,503 \cdot 1,5 = 9,754 \text{ мин.}$$

$$C_{O3} = \frac{C_{ПЗ} \cdot T_{ШТ}}{60} = \frac{30,2 \cdot 9,754}{60} = 4,91 \text{ руб.}$$

$$C_{ПР} = C_{МПР} \cdot M_{ПР} + C_{O3} = 13 \cdot 63,5 + 4,91 = 830,41 \text{ руб.}$$

Найдём затраты на механическую обработку проката:

$$C_{МО} = (M_{ПР} - M_{Д}) \cdot C_{УД} = (63,5 - 12,69) \cdot 20 = 1016,2 \text{ руб.}$$

Затраты на отходы:

$$C_{ОТХ} = (M_{ПР} - M_{Д}) \cdot Ц_{ОТХ} = (63,5 - 12,69) \cdot 0,4 = 20,324 \text{ руб.}$$

Тогда

$$C_{ДПР} = C_{ПР} + C_{МО} - C_{ОТХ} = 830,42 + 1016,2 - 20,324 = 1826,3 \text{ руб.}$$

Оптимальным методом получения заготовки является штамповка» [16].

«Коэффициент использования материала:

$$K_{ИМ} = \frac{M_{Д}}{M_{З}} \quad (13)$$

Штамповка: $K_{ИМ} = \frac{12,69}{25,4} = 0,5$.

Прокат: $K_{ИМ} = \frac{12,69}{65,3} = 0,2$.

Вывод: заготовка из штамповки выгоднее проката» [16].

«Тогда годовой экономический эффект рассчитаем по формуле:

$$\mathcal{E}_Г = (C_{Д.ПР.} - C_{Д.Ш.}) \cdot N_G, \quad (14)$$

где $C_{Д.ПР.}$ – стоимость проката;

$C_{Д.Ш.}$ – стоимость штамповки;

N_G – годовая программа выпуска детали в год, равная 20000 шт.

Получаем: $\mathcal{E}_Г = (1826,3 - 506,3) \cdot 20000 = 26400000$ руб.

Рассчитаем припуски (таблица 3) на наиболее точную цилиндрическую поверхность $\varnothing 135f7(-0,043_{-0,083})$ и покажем графически (рисунок 3)» [16].

Таблица 3 – Припуски на $\varnothing 135f7(-0,043_{-0,083})$

«Переход	Припуск, мкм			2Z min мкм	Td/IT	Размеры, мм		Припуски, мм	
	a	ρ^{i-1}	$\epsilon_{угр}^{i-1}$			d ⁱ min	d ⁱ max	2Z max	2Z min
штамповка	360	1186	-	-	$\frac{3200}{16}$	138,920	$\frac{142,12}{0}$	-	-
обтачивание	100	71	400	3223	$\frac{630}{13}$	135,697	$\frac{136,32}{7}$	5,793	3,223
обтачивание	50	47	100	445	$\frac{160}{10}$	135,252	$\frac{135,41}{2}$	0,915	0,445
шлифование	25	24	40	223	$\frac{63}{8}$	135,029	$\frac{135,09}{2}$	0,320	0,223
шлифование	15	12	20	112	$\frac{22}{7}$	134,917	$\frac{134,95}{7}$	0,153	0,112» [7]

Рисунок 3 – Припуски

«Объем заготовки определим по формуле (5):

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot (132,8^2 \cdot 34,9 - 54^2 \cdot 22 + 192,7 \cdot (70,1^2 + 70,1 \cdot 76,7 + 76,72^2) + \\ + 48,6 \cdot (89,9^2 + 89,9 \cdot 76,7 + 76,72^2) + 3,6 \cdot (89,9^2 + 89,9 \cdot 77,4 + \\ + 77,4^2) + 12,1 \cdot (77,4^2 + 31,4 \cdot 27 + 27^2)) = 3342607 \text{ мм}^3.$$

Массу штамповки определим по формуле (2):

$$M_3 = 3342607 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 26,24 \text{ кг.}$$

Коэффициент использования материала определим по (13):

$$K_{ИМ} = \frac{12,69}{26,24} = 0,48 \text{ [16].}$$

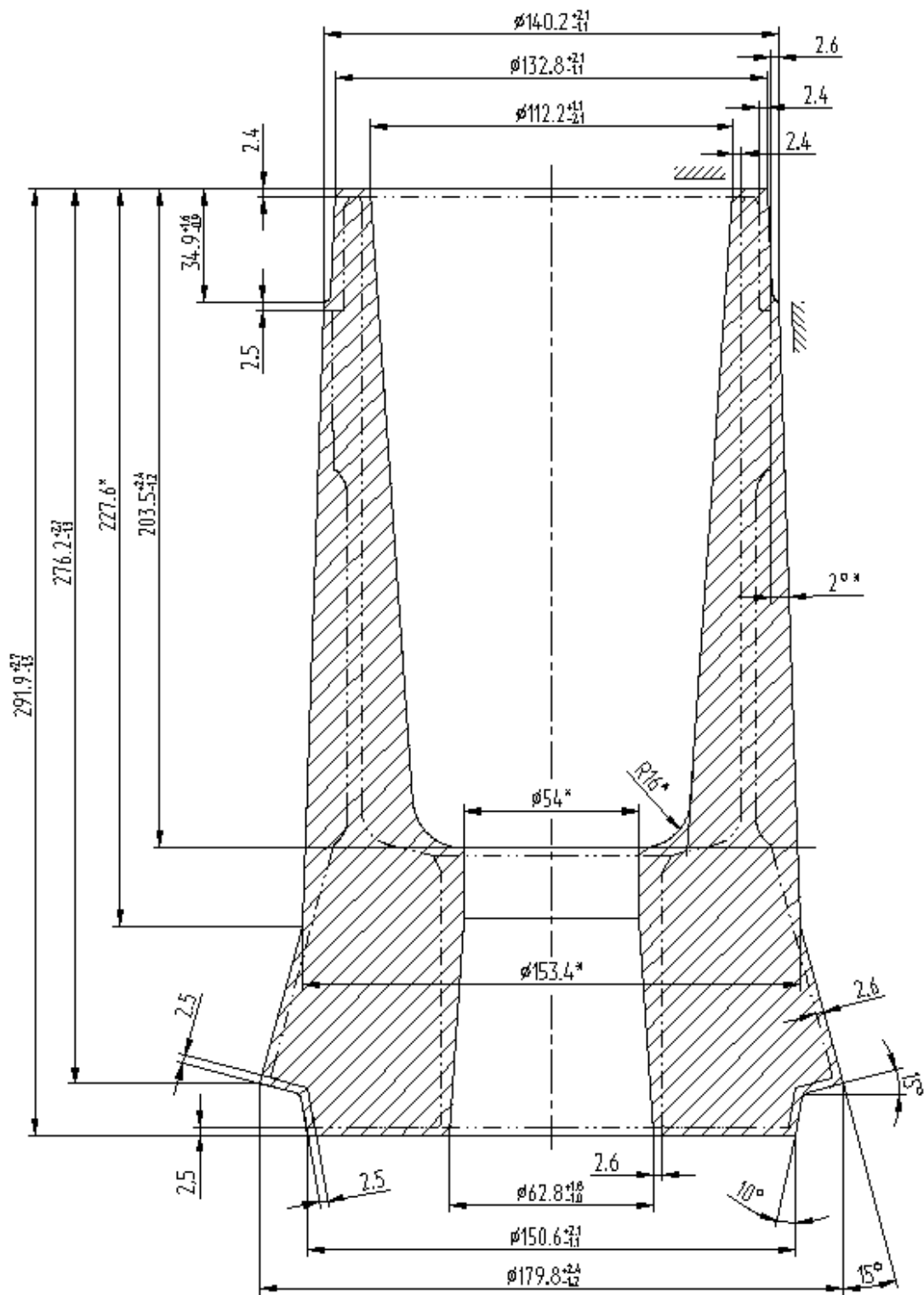


Рисунок 4 – Заготовка

Далее покажем в какой последовательности обрабатываются поверхности детали.

Плоскую поверхность 1 с техническими требованиями к шероховатости (R_a равна 6,3 микрометра) и десятому качеству точности (IT) будем получать, выполняя следующий порядок технологических операций. Точить начерно на операции 010 токарно-черновой, базируя по поверхностям 17 и 15, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 12,5 микрометров и тринадцатого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 2 миллиметра; точить начисто на операции 020 токарно-чистовой, базируя по «поверхностям 17 и 15, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 6,3 микрометров и десятого качества» [16] точности (IT) с припуском на сторону равным 0,5 миллиметра; провести термическую обработку.

Конусную поверхность 2 с техническими требованиями к шероховатости (R_a равна 6,3 микрометра) и десятому качеству точности (IT) будем получать, выполняя следующий порядок технологических операций. Точить начерно на операции 010 токарно-черновой, базируя по поверхностям 17 и 15, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 12,5 микрометров и тринадцатого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 2 миллиметра; точить начисто на операции 020 токарно-чистовой, базируя по «поверхностям 17 и 15, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 6,3 микрометров и десятого качества» [16] точности (IT) с припуском на сторону равным 0,5 миллиметра; провести термическую обработку.

Цилиндрическую поверхность 3 с техническими требованиями к шероховатости (R_a равна 6,3 микрометра) и десятому качеству точности (IT) будем получать, выполняя следующий порядок технологических операций. Точить начерно на операции 010 токарно-черновой, базируя по поверхностям 17 и 15, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 12,5 микрометров и тринадцатого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 2 миллиметра; точить начисто на операции 020 токарно-чистовой, базируя по поверхностям 17 и 15, при этом достигая значение шероховатости

(R_a) равного 6,3 микрон и десятого качества точности (IT) с допуском на сторону равным 0,5 мм; провести термическую обработку.

Цилиндрическую поверхность 4 с техническими требованиями к шероховатости (R_a равна 1,6 микрон) и 6g качеству точности (IT) будем получать, выполняя следующий порядок технологических операций. Нарезать резьбу на операции 020 токарно-чистовой, базируя по «поверхностям 17 и 15, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 3,2 микрон и десятого качества» [16] точности (IT) с допуском на сторону равным 0,5 мм; шлифовать резьбу на операции 070 резьбошлифовальной, базируя по поверхностям 17 и 15, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 1,6 микрон и 6g качества точности (IT) с допуском на сторону равным 0,15 мм.

«Плоскую поверхность 5 с техническими требованиями к шероховатости (R_a равна 1,6 микрон) и девятому качеству» [16] точности (IT) будем получать, выполняя следующий порядок технологических операций. Точить начерно на операции 010 токарно-черновой, базируя по поверхностям 17 и 15, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 12,5 микрон и тринадцатого качества точности (IT) с допуском на сторону равным 2 мм; точить начисто на операции 020 токарно-чистовой, базируя по «поверхностям 17 и 15, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 6,3 микрон и десятого качества» [16] точности (IT) с допуском на сторону равным 0,5 мм; провести термическую обработку; шлифовать начисто на операции 060 кругло-шлифовальной, базируя по поверхностям 17 и 15, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 1,6 микрон и девятого качества точности (IT) с допуском на сторону равным 0,05 мм.

Цилиндрическую поверхность 6 с техническими требованиями к шероховатости (R_a равна 6,3 микрон) и десятому качеству точности (IT) будем получать, выполняя следующий порядок технологических операций.

Точить начерно на операции 010 токарно-черновой, базируя по поверхностям 17 и 15, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 12,5 микрометров и тринадцатого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 2 миллиметра; точить начисто на операции 020 токарно-чистовой, базируя по «поверхностям 17 и 15, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 6,3 микрометров и десятого качества» [16] точности (IT) с припуском на сторону равным 0,5 миллиметра; провести термическую «обработку».

Цилиндрическую поверхность 7 с техническими требованиями к шероховатости (R_a равна 1,6 микрометра) и девятому качеству» [16] точности (IT) будем получать, выполняя следующий порядок технологических операций. Точить начерно на операции 010 токарно-черновой, базируя по поверхностям 17 и 15, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 12,5 микрометров и тринадцатого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 2 миллиметра; точить начисто на операции 020 токарно-чистовой, базируя по «поверхностям 17 и 15, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 6,3 микрометров и десятого качества» [16] точности (IT) с припуском на сторону равным 0,5 миллиметра; шлифовать начерно на операции 025 кругло-шлифовальной, базируя по «поверхностям 17 и 15, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 6,3 микрометров и десятого качества» [16] точности (IT) с припуском на сторону равным 0,15 миллиметра; провести термическую обработку; шлифовать начисто на операции 060 кругло-шлифовальной, базируя по поверхностям 17 и 15, при этом достигая значение «шероховатости (R_a) равного 1,6 микрометров и девятого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 0,05 миллиметра».

Конусную поверхность 11 с техническими требованиями к шероховатости (R_a равна 1,6 микрометра) и девятому качеству» [16] точности (IT) будем получать, выполняя следующий порядок технологических операций. Точить начерно на операции 010 токарно-

черновой, базируя по поверхностям 17 и 15, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 12,5 микрометров и тринадцатого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 2 миллиметра; точить начисто на операции 020 токарно-чистовой, базируя по «поверхностям 17 и 15, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 6,3 микрометров и десятого качества» [16] точности (IT) с припуском на сторону равным 0,5 миллиметра; шлифовать начерно на операции 025 кругло-шлифовальной, базируя по «поверхностям 17 и 15, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 6,3 микрометров и десятого качества» [16] точности (IT) с припуском на сторону равным 0,15 миллиметра; провести термическую обработку; шлифовать начисто на операции 060 кругло-шлифовальной, базируя по поверхностям 17 и 15, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 1,6 микрометров и девятого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 0,05 миллиметра.

«Плоскую поверхность 12 с техническими требованиями к шероховатости (R_a равна 1,6 микрометра) и девятому качеству» [16] точности (IT) будем получать, выполняя следующий порядок технологических операций. Точить начерно на операции 010 токарно-черновой, базируя по поверхностям 17 и 15, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 12,5 микрометров и тринадцатого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 2 миллиметра; точить начисто на операции 020 токарно-чистовой, базируя по поверхностям 17 и 15, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 6,3 микрометров и десятого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 0,5 миллиметра; провести термическую обработку; шлифовать начисто на операции 060 кругло-шлифовальной, базируя по поверхностям 17 и 15, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 1,6 микрометров и девятого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 0,05 миллиметра.

Конусную поверхность 13 с техническими требованиями к шероховатости (R_a равна 3,2 микрометра) и десятому качеству точности (IT)

будем получать, выполняя следующий порядок технологических операций. Точить начерно на операции 005 токарно-черновой, базируя по поверхностям 1 и 7, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 12,5 микрон и тринадцатого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 2 миллиметра; точить начисто на операции 015 токарно-чистовой, базируя по поверхностям 1 и 7, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 3,2 микрон и десятого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 0,5 миллиметра; провести термическую обработку.

Конусную поверхность 14 с техническими требованиями к шероховатости (R_a равна 3,2 микрон) и десятому качеству точности (IT) будем получать, выполняя следующий порядок технологических операций. Точить начерно на операции 005 токарно-черновой, базируя по поверхностям 1 и 7, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 12,5 микрон и тринадцатого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 2 миллиметра; точить начисто на операции 015 токарно-чистовой, базируя по поверхностям 1 и 7, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 3,2 микрон и десятого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 0,5 миллиметра; провести термическую обработку.

Плоскую поверхность 15 с техническими требованиями к шероховатости (R_a равна 3,2 микрон) и десятому качеству точности (IT) будем получать, выполняя следующий порядок технологических операций. Точить начерно на операции 005 токарно-черновой, базируя по поверхностям 1 и 7, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 12,5 микрон и тринадцатого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 2 миллиметра; точить начисто на операции 015 токарно-чистовой, базируя по поверхностям 1 и 7, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 3,2 микрон и десятого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 0,5 миллиметра; провести термическую обработку.

Цилиндрическую поверхность 16 с техническими требованиями к шероховатости (R_a равна 6,3 микрон) и четырнадцатому качеству

точности (IT) будем получать, выполняя следующий порядок технологических операций. Расточить начерно на операции 005 токарно-черновой, базируя по поверхностям 1 и 7, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 12,5 микрон и тринадцатого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 2 мм; расточить начисто на операции 015 токарно-чистовой, базируя по поверхностям 1 и 7, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 6,3 микрон и четырнадцатого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 0,5 мм; провести термическую обработку.

Цилиндрическую поверхность 17 с техническими требованиями к шероховатости (R_a равна 0,8 микрон) и восьмому качеству точности (IT) будем получать, выполняя следующий порядок технологических операций. Расточить начерно на операции 005 токарно-черновой, базируя по поверхностям 1 и 7, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 12,5 микрон и тринадцатого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 2 мм; расточить начисто на операции 015 токарно-чистовой, базируя по поверхностям 1 и 7, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 3,2 микрон и десятого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 0,5 мм; шлифовать начисто на операции 055 внутришлифовальной, базируя по поверхностям 1 и 7, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 0,8 микрон и восьмого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 0,15 мм; провести термическую «обработку».

Плоскую поверхность 18 с техническими требованиями к шероховатости (R_a равна 1,6 микрон) и девятому качеству» [16] точности (IT) будем получать, выполняя следующий порядок технологических операций. Расточить начерно на операции 005 токарно-черновой, базируя по поверхностям 1 и 7, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 12,5 микрон и тринадцатого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 2 мм; расточить

начисто на операции 015 токарно-чистовой, базируя по поверхностям 1 и 7, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 3,2 микрометра и десятого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 0,5 миллиметра; шлифовать начисто на операции 055 внутришлифовальной, базируя по поверхностям 1 и 7, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 1,6 микрометра и девятого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 0,15 миллиметра; провести термическую обработку.

Конусную поверхность 19 с техническими требованиями к шероховатости (R_a равна 6,3 микрометра) и четырнадцатому качеству точности (IT) будем получать, выполняя следующий порядок технологических операций. Расточить начерно на операции 005 токарно-черновой, базируя по поверхностям 1 и 7, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 12,5 микрометра и тринадцатого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 2 миллиметра; расточить начисто на операции 015 токарно-чистовой, базируя по поверхностям 1 и 7, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 6,3 микрометра и четырнадцатого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 0,5 миллиметра; провести термическую «обработку».

Цилиндрическую поверхность 20 с техническими требованиями к шероховатости (R_a равна 3,2 микрометра) и одиннадцатому качеству точности (IT) будем получать, выполняя следующий порядок технологических операций. Расточить начерно на операции 005 токарно-черновой, базируя по поверхностям 1 и 7, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 12,5 микрометра и тринадцатого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 2 миллиметра; расточить начисто на операции 015 токарно-чистовой, базируя по поверхностям 1 и 7, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 3,2 микрометра и одиннадцатого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 0,5 миллиметра; провести термическую обработку.

Конусную поверхность 21 с техническими требованиями к шероховатости (R_a равна 6,3 микрометра) и четырнадцатому качеству точности (IT) будем получать, выполняя следующий порядок технологических операций. Расточить начерно на операции 005 токарно-черновой, базируя по поверхностям 1 и 7, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 12,5 микрометров и тринадцатого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 2 миллиметра; расточить начисто на операции 015 токарно-чистовой, базируя по поверхностям 1 и 7, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 6,3 микрометров и четырнадцатого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 0,5 миллиметра; провести термическую обработку.

Поверхность сложной формы 22 с техническими требованиями к шероховатости (R_a равна 6,3 микрометра) и тринадцатому качеству точности (IT) будем получать, выполняя следующий порядок технологических операций. Фрезеровать на операции 030 фрезерной, базируя по поверхностям 1 и 7, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 6,3 микрометров и тринадцатого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 0,5 миллиметра; провести термическую обработку.

Цилиндрическую поверхность 23 с техническими требованиями к шероховатости (R_a равна 3,2 микрометра) и двенадцатому качеству точности (IT) будем получать, выполняя следующий порядок технологических операций. Фрезеровать на операции 030 фрезерной, базируя по поверхностям 1 и 7, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 6,3 микрометров и тринадцатого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 0,5 миллиметра; провести термическую обработку; разрезать на операции 075 разрезной, базируя по поверхностям 17 и 15, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 3,2 микрометров и двенадцатого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 0,5 миллиметра.

«Цилиндрическую поверхность 24 с техническими требованиями к шероховатости (R_a равна 6,3 микрометра) и тринадцатому качеству» [16]

точности (*IT*) будем получать, выполняя следующий порядок технологических операций. Фрезеровать на операции 030 фрезерной, базируя по поверхностям 1 и 7, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 6,3 микрон и тринадцатого качества точности (*IT*) с припуском на сторону равным 0,5 мм; провести термическую обработку.

Цилиндрическую поверхность 25 с техническими требованиями к шероховатости (R_a равна 1,6 микрон) и девятому качеству точности (*IT*) будем получать, выполняя следующий порядок технологических операций. Фрезеровать на операции 030 фрезерной, базируя по поверхностям 1 и 7, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 1,6 микрон и девятого качества точности (*IT*) с припуском на сторону равным 0,5 мм; провести термическую «обработку».

Цилиндрическую поверхность 26 с техническими требованиями к шероховатости (R_a равна 6,3 микрон) и тринадцатому качеству» [16] точности (*IT*) будем получать, выполняя следующий порядок технологических операций. Фрезеровать на операции 030 фрезерной, базируя по поверхностям 1 и 7, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 6,3 микрон и тринадцатого качества точности (*IT*) с припуском на сторону равным 0,5 мм; провести термическую «обработку».

Цилиндрическую поверхность 27 с техническими требованиями к шероховатости (R_a равна 6,3 микрон) и тринадцатому качеству» [16] точности (*IT*) будем получать, выполняя следующий порядок технологических операций. Фрезеровать на операции 030 фрезерной, базируя по поверхностям 1 и 7, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 6,3 микрон и тринадцатого качества точности (*IT*) с припуском на сторону равным 0,5 мм; провести термическую «обработку».

Цилиндрическую поверхность 28 с техническими требованиями к шероховатости (R_a равна 6,3 микрон) и тринадцатому качеству» [16] точности (*IT*) будем получать, выполняя следующий порядок технологических операций. Фрезеровать на операции 030 фрезерной, базируя

по поверхностям 1 и 7, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 6,3 микрометров и тринадцатого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 0,5 миллиметра; провести термическую обработку.

Цилиндрическую поверхность 29 с техническими требованиями к шероховатости (R_a равна 6,3 микрометра) и тринадцатому качеству точности (IT) будем получать, выполняя следующий порядок технологических операций. Фрезеровать на операции 030 фрезерной, базируя по поверхностям 1 и 7, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 6,3 микрометров и тринадцатого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 0,5 миллиметра; провести термическую обработку.

Цилиндрическую поверхность 30 с техническими требованиями к шероховатости (R_a равна 6,3 микрометра) и тринадцатому качеству точности (IT) будем получать, выполняя следующий порядок технологических операций. Заточить на операции 065 заточной, базируя по поверхностям 17 и 15, при этом достигая значение шероховатости (R_a) равного 6,3 микрометров и тринадцатого качества точности (IT) с припуском на сторону равным 0,2 миллиметра; провести термическую обработку.

На слесарной операции снять заусенцы, помыть полученную деталь и провести контрольную операцию.

«Для реализации предлагаемой последовательности обработки поверхностей детали и получения готового изделия необходим определенный состав средств технологического оснащения, который приведен в таблице 4» [19].

Таблица 4 – СТО

«Операция	Оборудование	Приспособление	Инструмент	Мерительный инструмент
005, 010	16ГС25Ф3С1	патрон токарный трех-кулачковый люнет	резец токарный проходной с механическим креплением. пластина трехгранная» [3]	калибр-скоба ГОСТ 18355-73 шаблон ГОСТ 2534-79 калибр-пробка ГОСТ14827-69

Продолжение таблицы 4

«Операция	Оборудование	Приспособление	Инструмент	Мерительный инструмент
015, 020			резец токарный проходной с механическим креплением. резец токарный расточной с механическим креплением. пластина Т15К6, резец токарный резьбовой с механическим креплением. пластина резьбовая Т15К6.	калибр-скоба ГОСТ 18355-73 шаблон ГОСТ 2534-79 калибр-пробка ГОСТ14827-69
025	п/а 3Т153F1	патрон клиновый плунжерный люнет	шлифовальный круг 3 500х80х203, 3 400х40х203 ГОСТ Р 52781-2007	калибр-скоба ГОСТ 18355-73 шаблон ГОСТ 2534-79
030	станок с ЧПУ S500	приспособление специальное поворотное	сверла спиральные комбинированные ОСТ 2И21-1-76 Р6М5К5, фреза концевая ГОСТ 15162-82 Р6М5К5, фреза шпоночная ГОСТ 9140-78 Р6М5К5, фреза дисковая отрезная В=4,5 ГОСТ 3964-69 Р6М5К5	
055	STUDER S131	патрон цанговый люнет	круг 5 50х50х15 91А F60 М 7 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	калибр-скоба ГОСТ 18355-73 шаблон ГОСТ 2534-79
060	п/а 3Т153F1			приспособление мерительное с индикатором калибр-скоба ГОСТ 18355-73 шаблон ГОСТ 2534-79
065	ВЗ-392Ф4			шаблон ГОСТ 2534-79
070	5К822В			шаблон ГОСТ 2534-79 приспособление контрольное с индикатором
075	3Е653			шаблон ГОСТ 2534-79» [3]

В таблице 4 для каждой технологической операции указан выбор СТО: необходимое оборудование, приспособления, инструмент и средства контроля [14].

Более подробная информация находится в технологической документации, которая показана в приложении А в таблице А.1.

Конструкторско-технологическая документация – это документация с графической и текстовой информацией, определяющей состав изделия.

Конструкторская документация делится на проектную, рабочую и технологическую. Проектная документация: техническое предложение; технический проект; чертёж общего вида; эскизный проект. Рабочая документация: графическая; рабочие чертежи (деталей, сборочные): текстовая (спецификация, пояснительная записка). Технологическая документация: маршрутно-комплектовочная карта; карта технологического процесса; ведомость деталей; операционная карта; инструкция; карта эскизов.

2.2 Расчет режимов резания и норм времени

Проведем результаты расчета режимов резания для технологических операций аналитическим методом. В таблице 5 показаны режимы резания.

Таблица 5 – Режимы резания

«Операция»	Переход	Глубина, мм	Подача, мм/об	Табличная скорость, м/мин	Частота вращения шпинделя, об/мин	Принятая частота, об/мин	Действительная скорость, м/мин
005	точить Ø62,8/179,8	2,0	0,5	98	496/173	200	39,4/112,9
	расточить Ø66,7	2,0	0,5	88	420	400	83,8
010	точить Ø129	2,0	0,5	98	241	200	81,0
	точить Ø136,4	2,0	0,5	98	228	200	85,6
	точить Ø174,2	2,0	0,5	98	179	200	109,4
	расточить Ø116	2,0	0,5	88	241	250	91,1
015	точить Ø66,7/173,2	0,50	0,15	255,2	1218/469	500	104,7/271,9
	расточить Ø67,7	0,50	0,15	229,7	1080	1000	212,6» [13]

Продолжение таблицы 5

«Операция	Переход	Глубина, мм	Подача, мм/об	Табличная скорость, м/мин	Частота вращения шпинделя, об/мин	Принятая частота, об/мин	Действительная скорость, м/мин
020	точить Ø128	0,50	0,25	231,1	574	500	201,0
	точить Ø135,4	0,50	0,25	231,1	543	500	212,6
	точить Ø173,2	0,50	0,25	231,1	424	500	271,9
	точить Ø126	0,50	0,15	255,2	645	630	249,2
	расточить Ø117	0,50	0,15	229,7	625	630	231,4
	нарезать резьбу М128х1,5	1,5	1,5	180	447	400	160,8
025	шлифовать Ø173,1	0,15	1,0/0,22*	35	64	64	35
	шлифовать Ø135,1	0,15	1,0/0,22*	35	82	64	27,1
030	сверлить Ø10	5,0	0,25	23	732	630	19,8
	сверлить Ø8/13	4/6,5	0,25	22	538	500	20,4
	фрезеровать паз Ø10	4,0-3	0,02-2	16	509	500	15,7
	фрезеровать паз Ø30	4,5	0,1-6	45	477	500	47,1
	фрезеровать паз 4,5	15-3	0,04-64	50	79	80	50,2
055	шлифовать Ø68	0,15	5400*	35	164	164	35
	шлифовать конус 30°	0,15	0,005**	35	164	164	35
060	шлифовать Ø173	0,05	0,8/0,15*	35	64	64	35
	шлифовать Ø135	0,05	0,8/0,15*	35	82	64	27,1
065	затыловать конус	0,20	3* 0,04**	25	-	-	25
070	шлифовать резьбу	0,15	-	0,8	1,9	2	0,85
075	разрезать лепестки цанги	2,5	500*	35 м/с	-	-	35 м/с» [13]

Примечание: * – подача в мм/мин, ** – в мм/ход стола. «Нормы времени на технологические операции приведем» [13] в таблице 6.

Таблица 6 – Нормы времени (в минутах)

Операция	T_0	T_B	T_{OP}	$T_{ШТ-К}$	$T_{П-3}$	$T_{ШТ}$	n	$T_{OB,O-T}$
«005	1,165	0,447	1,612	0,097	25	1,709	472	1,762
010	4,812	0,655	5,467	0,328	25	5,795	472	5,848
015	1,492	0,536	2,028	0,121	25	2,149	472	2,202
020	5,365	0,814	6,179	0,370	28	6,549	472	6,608
025	0,538	0,555	1,093	0,096	21	1,272	472	1,316
030	14,919	0,703	15,622	0,937	36	16,559	472	16,635
055	1,149	0,522	1,671	0,232	21	1,903	472	1,947
060	0,327	0,555	0,882	0,097	21	0,979	472	1,023
065	0,600	0,462	1,062	0,063	18	1,125	472	1,163
070	0,800	0,488	1,288	0,195	21	1,483	472	1,527
075	1,020	0,444	1,464	0,024	18	1,488	472» [13]	1,526

В разделе проведен комплексный анализ технологических операций, который включает в себя «расчет режимов резания и норм времени на» [16] основе самых современных методик с использованием автоматизированных средств инженерных расчетов таких, как MatLab и MathCad их приложений Simulink. Исходные данные соответствуют предлагаемому заданию, а используемая методология соответствует самым современным справочным данным. Результаты раздела также представлены в Приложении А «Технологическая документация» в таблице А.1, где представлена проектная документация: техническое предложение; технический проект; чертёж общего вида; эскизный проект; рабочая документация: графическая; рабочие чертежи (деталей, сборочные): текстовая (спецификация, пояснительная записка); технологическая документация: маршрутно-комплектовочная карта; карта технологического процесса; ведомость деталей; операционная карта; инструкция; карта эскизов.

3 Средства технического и технологического оснащения

3.1 Станочное приспособление

Ключевыми элементами, на которые следует опираться при «разработке инструментального оборудования, служат следующие: детализированный чертеж цанги, план производства, а также специально адаптированный под условия ограниченного тиража технологического процесса для выполнения необходимых операций. Основным методом обработки цилиндрических поверхностей деталей» [16], которые фиксируются в трех-кулачковом патроне, является использование токарного станка. Создаваемое устройство представляет собой уникальный трех-кулачковый клиновой патрон с самоцентрированием. Этот патрон обеспечивает надежное закрепление обрабатываемой заготовки и может быть легко адаптирован к фланцу станка. В зависимости от используемых сменных кулачков, диаметр заготовки для установки в патрон может варьироваться от 50 до 550 мм. Для выбора наиболее подходящего типа приспособления предлагается использовать рекомендации Единой Системы Технологической Подготовки Производства (ЕСТПП), учитывая такие параметры, как коэффициент загрузки оборудования (КЗ) и продолжительность серии выпускаемых изделий (ТИ). Таким образом, данный подход позволяет не только эффективно проектировать необходимую оснастку, но и оптимизировать процесс производства, обеспечивая высокую точность и качество изготавливаемых деталей.

«Необходимо рассчитать усилие зажима заготовки в проектируемом приспособлении, учитывая систему сил, схема которых представлена на рисунке 5.

Проведем расчет силы зажима заготовки с помощью трех кулачков:

$$W_z = \frac{K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2}, \quad (15)$$

где K – запас;

P_z – тангенциальная составляющая силы резания;

d_1 – диаметр обрабатываемой поверхности равен 173,2 мм;

d_2 – диаметр зажимаемой поверхности равен 136,4 мм;

f – параметр подвижности для кулачков с кольцевыми канавками, который равен 0,15» [16].

«Коэффициент запаса K определим согласно [16] равным 2,5. Тогда сила зажима:

$$W_z = \frac{2,5 \cdot 156 \cdot 173,2}{0,15 \cdot 136,4} = 3301 \text{ Н} \text{ [16].}$$

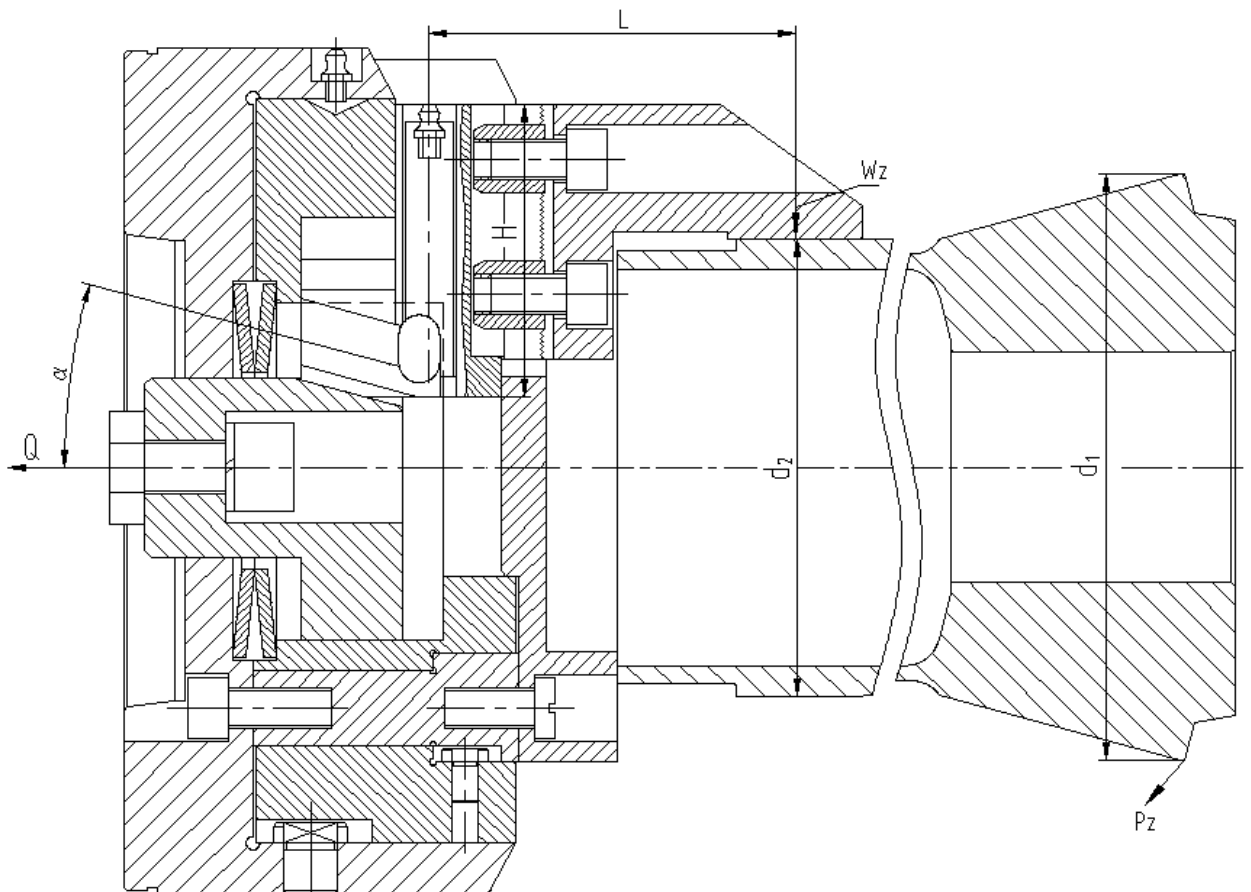


Рисунок 5 – Расчетная схема

«Для определения силы зажима, которая осуществляется сменными кулачками, в отличие от постоянных кулачков, используем выражение:

$$W_1 = \frac{W}{1-3 \cdot f_1 \cdot (L/H)}, \quad (16)$$

где f_1 – препятствующий коэффициент скольжению равен 0,1 [16];

L – плечо между точкой приложения силы резания и кулачка равное 108 мм;

H – параметр поверхности по перемещению кулачка равный 86 мм» [16].

«Тогда получим

$$W_1 = \frac{3301}{1-3 \cdot 0,1 \cdot (108/86)} = 5296 \text{ Н.}$$

Далее определим усилие, которое должен обеспечивать силовой привод для реализации такой силы зажима заготовки:

$$Q = W_1 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \phi), \quad (17)$$

где α – скашивающий угол направляющих;

ϕ – угол трения» [16].

«Тогда получим:

$$Q = 5296 \cdot \operatorname{tg}(15^\circ + 5^\circ 43') = 2002 \text{ Н.}$$

Для обеспечения усилия в 2002 Н можно использовать как пневматический привод, так и гидравлический привод. Выбор вида привода согласно условиям обработки отдадим в пользу пневматического привода двустороннего действия с рабочим давлением 0,4 МПа» [16].

«Диаметр штока привода, который будет обеспечивать исходную силу определяется, как:

$$D = 1,17 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}}, \quad (18)$$

где p – необходимое давление;

η – КПД привода равное 0,9» [16].

«Тогда получим:

$$D = 1,17 \cdot \sqrt{\frac{2002}{0,4 \cdot 0,9}} = 87,2 \text{ мм.}$$

В заключении расчета станочного приспособления согласно ГОСТ 15608-81 примем ближайшее к расчетному значению для диаметра штока 100 мм, ход кулачков патрона 3 мм и ход штока цилиндра 12 мм» [16].

Таким образом, представленная конструкция обеспечивает высокую степень гибкости и эффективности при обработке деталей, позволяя быстро и удобно проводить настройку оборудования под различные задачи и типы заготовок.

3.2 Инструментальное оснащение

Примем основные параметры для резца токарного проходного для контурного точения и пластины, которые указаны в таблице 7.

Таблица 7 – Параметры резца

«Параметры резца						
Материал	HRC	$\varphi, ^\circ$	h, мм	b, мм	h ₁ , мм	L, мм
40X	40...45	93	25	25	25	115
Параметры пластины						
Твердый сплав		Передний угол $\gamma, ^\circ$		Задний угол $\alpha, ^\circ$		
T15K6		10		5» [14]		

В таблице 7 указаны: твердость (HRC), главный угол в плане (φ), рабочая высота (h), ширина державки (b), высота державки (h₁), длина (L).

Резка - наиболее распространенный способ обработки материала. Нужная форма и размер деталей получаются путем удаления слоев материала (стружки) с заготовки. Широкое применение резки в машинном производстве объясняется такими преимуществами как: возможностью достижения высокой точности обработки; универсальностью и высокой технологической гибкостью (подходит для получения заготовок любой формы и размера); относительно низким энергопотреблением; дешевизной.

«Расчет показал, что величина вылета резца составляет 31 мм. Учитывая, полученное значение составляющей силы резания 92 Н, величина изгибающего момента будет составлять 2852 Н, величина момента сопротивления изгибу 2604 мм^3 , величина напряжения изгиба в державке 1,1 МПа и величина допустимого напряжения на изгиб 1,1 МПа» [16].

«Результаты, полученные в разделе, помогут в разработке принятых процедур, параметров резания и материалов, применяемых при точении деталей. В настоящее время точение считается одним из основных процессов производства деталей сложной и разнообразной геометрии с точки зрения формы и размеров, получаемых с помощью ряда операций. В этой группе операций инструмент отвечает за продольные и поперечные движения подачи, а закрепленная в патроне заготовка вращается. Результаты предлагается использовать при реализации технологического процесса изготовления цанги подачи прутка» [16].

В разделе были представлены результаты проектирования станочного и инструментального оснащения для реализации предлагаемой технологии изготовления цанги. Сборочные единицы в виде отдельных деталей и элементов приспособлений представлены в Приложении А в таблице А.1.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

В «предлагаемом разделе техническим объектом, в отношении которого будут решаться вопросы безопасности, экологичности и охраны труда и в работе в целом является технологический процесс изготовления» [6] цапги.

«Технологические операции: заготовительная, токарная, термообработка, шлифовальная, сверлильная.

Рабочие места: литейщик, оператор станков с ЧПУ, термист, контролёр ОТК, шлифовщик, оператор моечной установки.

Оборудование: литейная машина, токарный станок 16ГС25Ф3С1, шлифовальный станок с ЧПУ STUDER S131, фрезерный станок S500, муфельная печь установка для цементации, стол контролёра.

Материалы: сталь 56Г, вода, смазывающая охлаждающая жидкость, масло, керосин, поверхностно активные вещества» [16].

Выбранные «средства технологического оснащения технологического процесса и расчет режимов резания детально расписан в пункте 2.2 раздела 2, а также в Приложении А в таблице А.1. В составлении технологической документации учитываются графические схемы, чертежи и текстовые документы, эти документы в своей совокупности могут определять ход и порядок различных технологических операций» [16].

«Для идентификации опасностей, а также экологических аспектов на производственном участке обычно руководствуются локальными нормативными документами, устанавливающими порядок этой процедуры.

На производственном участке возможно возникновение травмирующих воздействий на человека. Это травма, поражение электрическим током, пожар, шум и так далее» [6].

«Источниками возникновения или получения травмы могут потенциально быть движущиеся части производственного оборудования, высокая температура поверхности обрабатываемых деталей, допустимые нормы которых указаны в ГОСТ 12.2.012–75; разрыв шлифовального круга,

вырыв обрабатываемой детали, вращающийся инструмент при обработке детали, приспособления для закрепления инструмента, перемещение шлифовальной бабки, слесарно-монтажный инструмент и так далее, допустимые нормы которых указаны в ГОСТ 12.2.033–78 2.

Источниками поражения электрическим током могут быть потенциально пробой фазы на корпус, нарушение изоляции токоведущих частей, перегрузка электрооборудования, допустимые нормы которых указаны в ГОСТ 12.1.038–82 3» [6].

«Источниками возникновения пожара могут выступать действия, возникающие при нарушении изоляции токоведущих частей; перегрузке электрооборудования; нарушении технологического процесса; наличии промасленной ветоши; открытом огне и наличии искр; повышенной температуре воздуха и окружающих предметов; наличии токсичных продуктов горения; дыма; негерметичности системы питания; подаче топлива самотёком, курении в непосредственной близости от системы питания; применении легковоспламеняющихся и горючих жидкостей при мойке двигателя и так далее, допустимые нормы которых указаны в ГОСТ 12.1.038–82.

Источниками возникновения шума является вибрация поверхностей оборудования, электродвигатель, зубчатая, клиноременная и др. передачи, периодические соударения в сочлененных деталях, непосредственно обработка резанием, компрессоры, двигатели автомобилей, электрические двигатели технологического оборудования, механические передачи, воздухопроводы, технологическое оборудование и механизированный инструмент, уровень которого по ГОСТ 12.1.003–83 не может превышать 80 дБА» [6].

«Для снижения уровня профессиональных рисков разрабатываются инструкции по охране труда для каждой профессии, занятой на техническом объекте [6].

Обязательно применение средств индивидуальной защиты и технических средств защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и вредного производственного фактора.

Так при защите от повышенной или пониженной температуры поверхностей оборудования, материалов применяется специальная одежда, защитные щитки, очки, перчатки и рукавицы, специальная обувь и ограждение опасной зоны» [6].

«При защите от поражения электрическим током применяются защитное заземление зануление, ограждение токопроводящих частей, применение УЗО, выравнивание потенциалов, спец одежда, защитные очки, перчатки и спец обувь.

При защите от повышенного уровня шума на рабочем месте и повышенного уровня вибрации на объекте применяется спец одежда, спец обувь, перчатки, наушники, беруши, наладка оборудования, увеличение жёсткости оборудования для уменьшения резонансных колебаний, использование материалов способных поглощать колебания» [6].

«Для обеспечения пожарной безопасности технического объекта применяются технические средства: первичные (огнетушители, ящики с песком, пожарные краны, асбестовая ткань), мобильные (пожарные автомобили), стационарные установки и системы пожаротушения (пожарный резервуар, система пожаротушения), средства пожарной автоматики (приборы приёмно-контрольные пожарные, технические средства оповещения и управления эвакуацией при пожаре), пожарное оборудование (пожарные шланги, наконечники пожарных рукавов, запорная аппаратура, насосное оборудование, разметка эвакуационная напольная), средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре (самоспасатель изолирующий противопожарный СИП-1М), пожарный инструмент (ломы, вёдра, багры, топоры, лестницы), пожарные сигнализация, связь и оповещение (система пожарной сигнализации, аварийное автономное освещение)» [6].

«Негативное экологическое воздействие, влияющие на атмосферу на операции 040 координатно-расточной – это испарение технических жидкостей, металлическая пылевая и водно-аэрозольная взвесь.

Негативное экологическое воздействие, влияющие на гидросферу – это проливы загрязнённой воды и технических жидкостей при проведении профилактики и очистке оборудования в сточные воды.

Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу – проливы технических жидкостей (масла, СОЖ) при проведении профилактики и ремонта, а также в аварийных ситуациях, внесение частиц металлической стружки частиц окалина на поверхность полов» [6].

«Для уменьшения негативного воздействия на окружающую среду на рассматриваемой операции проводятся следующие мероприятия - применение защитных щитков препятствующих распространению паров, взвеси и разбрызгиванию СОЖ, подвод приточно-вытяжной вентиляции, оборудованной фильтрами» [6].

В технологическом процессе используется промышленный робот АBB IRB 1100. В качестве мероприятий для осуществления безопасности его работы предусмотрены следующие условия эксплуатации. Адаптация к условиям окружающей среды: оборудование должно быть адаптировано для использования в условиях повышенной влажности и температуры до 30 °С. Защитные двери: оборудование должно быть оснащено защитными дверями, которые автоматически останавливают его при открытии во время работы; двери должны быть выполнены из прозрачного небьющегося материала для визуального контроля работы оборудования. Защитные ограждения: все электродвигатели и мотор-редукторы должны иметь защитное ограждение из нержавеющей стали. Общие требования к системе автоматического управления оборудованием: система управления должна обеспечивать как автоматический, так и ручное управление всеми процессами; должна быть возможность переключения между режимами управления; система управления должна регистрировать и хранить все технологические и рабочие

параметры процесса производства деталей в течение не менее 30 дней; данные должны быть доступны для просмотра и анализа; промышленные контроллеры и сети: Должны использоваться промышленные контроллеры и сети, рекомендованный тип – ABB IRB 1100. Панели управления: должны быть предусмотрены панели управления для удобного управления роботом; модули удаленного доступа: Должны быть предусмотрены модули удаленного доступа для сервисного обслуживания и управления; датчики и приборы контроля: Должны быть установлены необходимые датчики и приборы контроля для обеспечения безопасной и эффективной работы робота; все программное обеспечение, электрические и пневматические схемы, схемы автоматизации Оборудования должны быть полностью русифицированы; должна быть обеспечена возможность создания не менее 10 различных рабочих программ; программы должны быть легко редактируемыми и загружаемыми в память робота; система управления должна обеспечивать автоматическое управление подачей продукции, моющих средств и их возвратом; должны быть предусмотрены соответствующие сигналы входа/выхода; при наладке Оборудования должна быть обеспечена возможность ручного пошагового управления роботом в целом и отдельными его узлами; все исполнительные механизмы должны быть оснащены обратными связями для контроля работы; система управления должна производить самодиагностику работы датчиков и исполнительных механизмов;

Должна быть реализована система оповещения аварийных ситуаций и подсказок в поиске неисправностей; должна быть предусмотрена световая и звуковая сигнализация о состоянии оборудования; для управления асинхронными двигателями должны использоваться частотные преобразователи;

В разделе представлен анализ потенциально опасных и вредных производственных факторов с большой долей вероятности возможных при функционировании рассматриваемого технического объекта.

5 Экономическая эффективность работы

В предыдущих разделах была предложена разработка технологического процесса изготовления цанги. Поэтому в конце бакалаврской работы в предлагаемом разделе необходимо провести расчеты, связанные с экономической эффективностью этих разработок.

Для этого, сначала, на рисунке 6, представим результат этой разработки, а точнее изменившиеся условия технологического процесса.

Проектируемый вариант Операция 015 - Токарная чистовая
<ul style="list-style-type: none">• Инструмент - резцы токарные проходной сборный с механическим креплением твердосплавных пластин Т5К10 и повышенной стойкостью• Оснастка - патрон токарный 3-хулачковый, с более быстрым откликом на выполнение действий по закреплению детали

Рисунок 6 – Изменившиеся условия технологического процесса

Как видно из рисунка 6, благодаря внесенным изменениям удалось достичь уменьшения трудоемкости выполнения данной операции. Эти изменения позволили сократить общую трудоемкость изготовления цанги, основное и вспомогательное время, примерно на 16,5 %. На снижение основного времени выполнения операции, непосредственное влияние, оказал применяемый инструмент с повышенной стойкостью. Что касается вспомогательного времени, то на его изменение повлиял применяемый токарный патрон с более быстрым откликом на выполнение действий.

На основе описанных изменений, будет осуществлен расчет значимых показателей, для подтверждения их экономической эффективности. Значимые показатели приведены на рисунке 7.

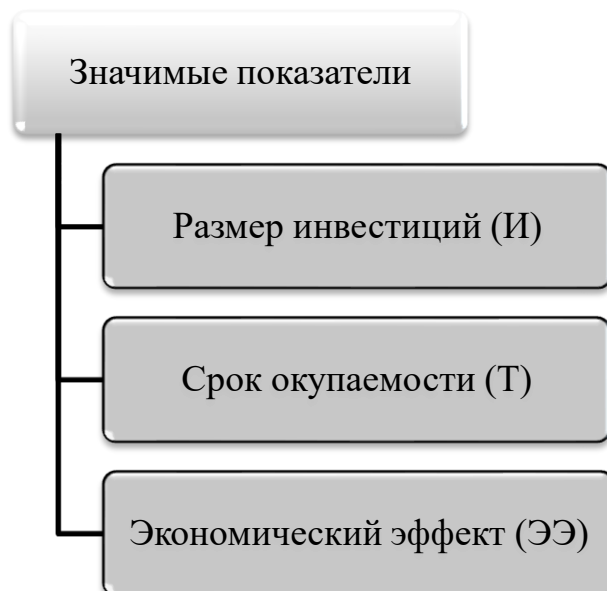


Рисунок 7 – Значимые показатели для подтверждения экономической эффективности изменений

Как видно из рисунка 7, отправной точкой в экономических расчетах является размер инвестиций. Именно этот показатель дает понимание в необходимых финансовых вливаниях в предложенную разработку. Для его определения используют специальную методику [13], которая позволяет учитывать все необходимые затраты в этот проект. Итоговый размер инвестиций и его детализация, представлен на рисунке 8.

Анализируя рисунок 8, можно сказать, что максимальную долю инвестиций занимают затраты на инструмент ($K_{И}$), которые составляют 44,5 % или 48745,52 рублей. Следующей по весомости влияния на величину инвестиций, можно считать затраты на проектирование ($K_{ПР}$), которые учитывают весь спектр трудовых затрат при разработке технологического процесса. Их доля в общем размере инвестиций составит 38,21 %, что в денежном эквиваленте составляет 41862,64 рублей. Далее, это затраты на

программное обеспечение ($K_{П.ОБ}$), которые составляют 9,63 %, что соответствует 10548,43 рублей. Это обосновывается тем, что при замене инструмента на более стойкий, а оснастки на более быструю, соответственно, возникает необходимость скорректировать рабочую программу. Завершающей по весомости можно считать затраты на оснастку (K_O), их доля составляет 7,66 % или 8392,96 рублей.

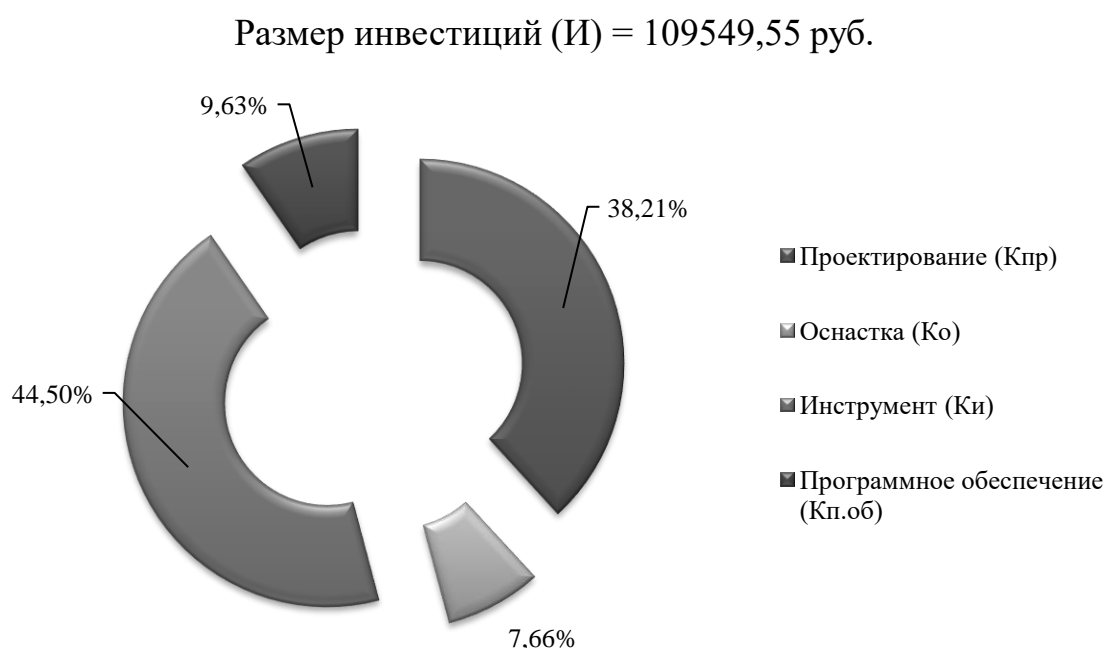


Рисунок 8 – Итоговый размер инвестиций и его детализация

Значения срока окупаемости в сокращенном и развернутом формате можно рассчитать по формуле (19).

$$T = \frac{И}{П_{чист}}, \text{ год} \quad (19)$$

где « $П_{чист}$ – чистая ожидаемая прибыль, руб.» [13]

Размер чистой прибыли определялся по специальной методике [13] с применением программного обеспечения, которое упростило процесс получения значений.

$$T = \frac{109549,55}{232160} = 0,472 = 1 \text{ год}$$

Расчет величины экономического эффекта производится по формуле (20)

$$\text{ЭЭ} = \left(\sum_1^T \text{П}_{\text{ЧИСТ}} \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \right) - \text{И} \quad (20)$$

где « E – процентная ставка на капитал;

t – годы получения прибыли, в пределах принятого горизонта расчета» [13]

$$\text{ЭЭ} = \left(232160 \cdot \left(\frac{1}{(1 + 0,2)^1} \right) \right) - 109549,55 = 21498,71 \text{ руб.}$$

В разделе, согласно проведенным расчетам, получен экономический эффект в размере 21498,71 руб. Положительная величина этого показателя позволяет считать целесообразными и обоснованными предложенные изменения технологического процесса.

Заключение

В работе разработана технология для производства цапги массой 12,69 килограмма из стали 56Г ГОСТ 4543-2016 в количестве 20000 деталей в год. Технология была выполнена с учетом всех необходимых стандартов качества и безопасности производства, а все предложенные изменения полностью обоснованы по экономической эффективности. Предлагаемая технология включает в себя процессы отливки, обработки на станках с ЧПУ (токарная, сверлильная, шлифовальная), термической обработки. Все процессы обработки цапги подвергаются контролю качества. Выбранные технологические переходы осуществляются с применением современного оборудования с ЧПУ. Лимитирующая токарная операция выполнена с применением передовых технологических решений в конструировании оснащения. Конструкторская разработка направлена на усовершенствование станочного приспособления и инструментального оснащения для лимитирующей операции с целью повышения эффективности обработки материала и улучшения качества обработки поверхности. В работе доказано, что уменьшение времени и затрат на обработку на токарных переходах, а также увеличение срока службы инструмента приводит к экономическому эффекту. Предложенные меры безопасности включают в себя проведение обязательного технического обслуживания инструментов. В результате усовершенствования средств технологического оснащения достигнуто улучшение процесса обработки, снижение затрат на производство и повышение безопасности труда. Разработанная технология является высокопроизводительной, обеспечивает заданное качество детали, что позволяет снизить издержки производства. Технология изготовления детали соответствует среднесерийным условиям производства. Она представляет собой оптимальное решение для производства цапги и соответствует требованиям задания на проектирование.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Антимонов А.М. Основы технологии машиностроения : учебник / А.М. Антимонов. – 2-е изд., стер. – Москва : ФЛИНТА, 2020. – 176 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143717> (дата обращения: 20.04.2024).
2. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов. – М. : Машиностроение, 2005. 736 с.
3. Байкалова В.Н. Основы технического нормирования труда в машиностроении: учебное пособие / В.Н. Байкалова, И.Л. Приходько, А.М. Колокатов. – М. : ФГОУ ВПО МГАУ, 2005. 105 с.
4. Безъязычный В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебник. – М. : Инновационное машиностроение, 2016. 568 с.
5. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. – М. : Альянс, 2015. 256 с.
6. 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.
7. Иванов И.С. Расчёт и проектирование технологической оснастки в машиностроении: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2015. 198 с.
8. Иванов И.С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2014. 223 с.
9. Клепиков В.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / В.В. Бодров, В.Ф. Солдатов. – М. : ИНФРА-М, 2017. 229 с.
10. Клепиков В.В. Технология машиностроения: учебник / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. – М. : ФОРУМ, ИНФРА-М, 2004. 860 с.
11. Кондаков А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : КНОРУС, 2012. 400 с.

12. Косов Н.П. Технологическая оснастка: вопросы и ответы: учебное пособие / Н.П. Косов, А.Н. Исаев, А.Г. Схиртладзе. – М. : Машиностроение, 2005. 304 с.
13. 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: 24.05.2024).
14. Приходько И.Л. Проектирование заготовок: учебное пособие / И.Л. Приходько, В.Н. Байкалова. – М. : Издательство РГАУ–МСХА, 2016. 171 с.
15. Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2016. 330 с.
16. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 2 / А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение-1, 2001. 944 с.
17. Суслов А.Г. Технология машиностроения: учебник. – М. : КНОРУС, 2013. 336 с.
18. Сысоев С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб. : Издательство «Лань», 2016. 352 с.
19. Филонов И.П. Инновации в технологии машиностроения: учебное пособие / И.П. Филонов, И.Л. Баршай. – Минск : Вышэйшая школа, 2009. 110 с.
20. Nee A. Y. C. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / A. Y. C. Nee. – London : Springer Reference, 2015. 3491 p.
21. Rösler J. Mechanical Behaviour of Engineering Materials: Metals, Ceramics, Polymers, and Composites / J. Rösler, H. Harders, M. Bäker. – Berlin Heidelberg New York : Springer, 2007. 540 p.

