

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 корпуса гидравлического насоса

Обучающийся

И.П. Минтусов

(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 выпускной квалификационной работе предлагается к рассмотрению технология изготовления корпуса гидравлического насоса для условия среднесерийного производства. Был проведен анализ конструкции корпуса гидравлического насоса на технологичность. Выявлены основные особенности, которые приводят к снижению технологичности на этапах получения заготовки и ее обработки. Проведен также технический анализ требований чертежа. Спроектирована технология для выбранного по массе и годовому объему выпуска среднесерийному типу производства. В качестве заготовки корпуса механизма зажима используются отливка. С учетом исходной заготовки и требований чертежа спроектирована маршрутная технология обработки группы поверхностей – цилиндрической направляющей части – отверстия, установочной резьбы, плоскостей с резьбовыми и направляющими отверстиями под штифты, а также мелких конструктивных элементов в виде канавок и фасок. Технология отличается последовательностью переходов, выполняемых на высокопроизводительном автоматизированном оборудовании, таком как станок с ЧПУ, позволяющий реализовать принцип проектирования операций по концентрации переходов. Это обеспечивает также максимальную точность расположения обработанных поверхностей. Для реализации технологии спроектировано зажимное приспособление. Для обработки выбраны технологические базы, а также режущий инструмент, обеспечивающий высокопроизводительную обработку. Также для разработанной технологии предложены меры по снижению влияния вредных условий труда на здоровье операторов. Совершенствование режущего инструмента позволило повысить экономическую эффективность процесса.

## Содержание

Введение.....	4
1 Анализ объекта проектирования.....	6
1.1 Анализ технологичности объекта проектирования.....	6
1.2 Формулировка задач работы.....	12
2 Технология изготовления детали.....	14
2.1 Расчет заготовки, выбор методов и средств оснащения.....	14
2.2 Расчет технологической операции.....	21
3 Расчет и проектирование средств оснащения.....	26
3.1 Проектирование основного приспособления.....	26
3.2 Проектирование режущего инструмента.....	30
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	36
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	36
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	37
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	38
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	39
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	42
5 Экономическая эффективность работы.....	43
Заключение.....	48
Список используемых источников.....	49
Приложение А. Технологическая документация.....	51

## Введение

Главная цель автоматизированного производства всех процессов, приводящих к созданию готовой продукции, является увеличение надёжности, а также безопасности всех процессов. В связи с этим важной задачей инженера-технолога является разработка рациональных и экономически целесообразных технологических процессов изготовления элементов сцепки с учётом прогрессивных технологий, приспособленных к условиям конкретного предприятия, которые обеспечат высокую производительность производства продукции при ее наименьшей себестоимости [7]. В основе изготовления конкурентоспособной продукции, имеющей высокие технологические, конструкторские, эксплуатационные и эстетические характеристики, кроме конструирования и проектирования, лежат технологии изготовления. Кроме этого, рациональные технологии обеспечивают минимальную себестоимость. Соответственно, по себестоимости формируется цена продукции, которая определяет спрос на нее и другие различные экономические показатели. Технологии, с одной стороны, должны быть максимально упрощены, стандартизированы, выполняться на недорогом и доступном оборудовании [19]. С другой стороны, в основе производства качественной продукции лежат принципы максимальной автоматизации, использования прогрессивных методов обработки. При разработке технологического процесса изготовления базовой детали поворотного механизма, которая имеет важное значение в его работе, необходимо рациональное сочетание типовых технологий, стандартизированной оснастки и использования современных технологий, методов и материалов [2]. В основе эффективности технологических процессов лежит правильный выбор технологического оборудования и оснащения [1]. Производительное современное оборудование обеспечивает высокую концентрацию технологических переходов, что избавляет современное производство от необходимости больших производственных помещений, значительного количества работников. При этом на выходе

получается продукция, полностью соответствующая техническим требованиям чертежа. Одной из основных, высоко сложных деталей различных преобразующих механизмов является базовый корпус, предназначенный для преобразования крутящего момента и частоты вращения [20]. Эта деталь воспринимает значительные статические и динамические нагрузки при преобразовании вращательного движения. Для точного позиционирования необходимо, чтобы конструкция корпуса поворотного механизма, отличалась повышенной жёсткостью. Это достигается правильным проектированием. Кроме этого, необходимо обеспечить высокую точность относительного расположения базовых отверстий. Эти технические требования обеспечиваются в ходе технологии изготовления корпусной детали поворотного механизма. Возможности универсального автоматизированного оборудования современного типа обеспечивает обработку комплекса поверхностей на станках с ЧПУ [10]. Возможно формирование как плоскостей, так и основных отверстий, обработка наружных цилиндрических шеек по методу планетарной обработки, а также обработка осевым инструментом, в том числе резьбовых крепёжных отверстий. Необходимо «разработать новый технологический процесс изготовления» [18] детали, использовать при обработке детали высокопроизводительное оборудование и специальную технологическую оснастку [18].

## 1 Анализ объекта проектирования

### 1.1 Анализ технологичности объекта проектирования

Основой гидравлического насоса является его корпус, функциональная особенность которого служит для пространственного позиционирования и установки составляющих элементов внутри насоса. Корпус снабжен специальными серпообразными окнами в своих боковых крышках. Через эти окна рабочая жидкость выдавливается зацепляющимися зубьями шестерен. Межзубовые впадины шестерен всегда заполнены рабочей жидкостью, которая затем попадает в камеру нагнетания. Часть гидравлического насоса представлена на рисунке 1.

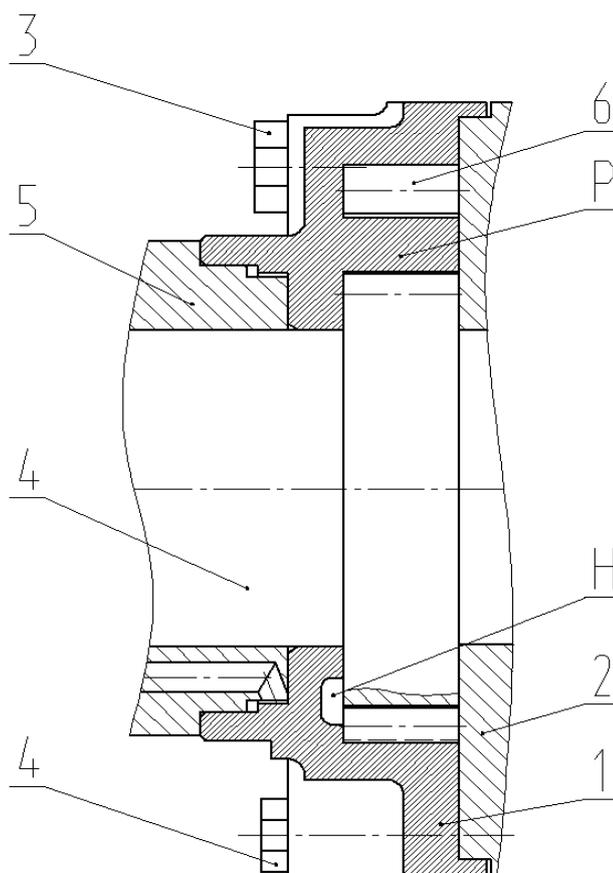


Рисунок 1 – Часть насоса

На рисунке показано: 1 – корпус гидравлического насоса; 2 – крышка насоса с сопрягаемой поверхностью; 3 и 4 – установочные болты; 4 – вал привода; 5 – втулка; 6 – шестерня внутреннего зацепления; Р – серпообразный разделитель; Н – камера нагнетания.

Корпус гидравлического насоса в плане функциональных своих особенностей представляет собой базовую деталь. Он предназначен для установки других составляющих элементов и сборочных единиц. Причем все составляющие элементы должны сохранять точность своего позиционирования как в статическом положении, так и в процессе работы гидравлического насоса под нагрузкой. Исходя из предъявляемых требований, корпус должен иметь соответствующую геометрическую точность при изготовлении и характеризоваться соответствующей жесткостью. При этом должно обеспечиваться отсутствие вибраций и правильность функционирования, сохранение относительного положения в пространстве сопрягающихся деталей и узлов.

При анализе технологичности конструкции детали следует рассмотреть соответствие «конструкции детали ее служебному назначению» [15], при минимальной себестоимости и материалоемкости изделия. Этот анализ состоит из двух методов определения технологичности конструкции детали: качественный и количественный. Количественный и качественный анализ технологических факторов позволяет получить необходимую конфигурацию заготовки, возможность и удобство механической обработки всех поверхностей. Условия эксплуатации в процессе работы детали, исходя из ее служебного назначения и конструктивное исполнение позволяют определить материал заготовки и требуемые параметры точности обработки на всех технологических операциях технологического процесса.

Выбираем материал заготовки сталь 45Л по «ГОСТ-977, химический состав и физико-механические свойства которого представим в таблицах 1 и 2» [13].

Таблица 1 – Химический состав

Элемент	C	Cr	Cu	P	Si	S
Содержание, %	0,42-0,50	0,7-1,0	0,30	0,040	0,20-0,50	0,040

Здесь указаны: C – углерод, Si – кремний, P – фосфор, S – сера, Cr – хром, Cu – медь. Основным химическим элементом в рассматриваемом материале является Fe – железо, содержание которого может принимать значение до 98 %.

Таблица 2 – Физико-механические свойства

Сортамент	$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
отливка	320	550	12	20	29	143-241

Здесь показаны физико-механические параметры материала, значения которых присутствуют в таблице: предел пропорциональности, относительное удлинение при разрыве и твердость.

Нумерация поверхностей для их классификации представлена на рисунке 2. Проведем классификацию и систематизацию пронумерованных поверхностей для дальнейшей механической обработки рассматриваемой детали. При проведении классификации поверхностей сначала необходимо определить поверхности, характеризующие в корпусе положение составляющих элементов, то есть основные конструкторские базы – это поверхности под номерами 28, 29, 33, 32, 26 и 51. Затем определяем поверхности, характеризующие функциональное выполнение деталей ее служебного назначения, то есть исполнительные поверхности – это 1, 8, 11, 12, 18, 19, 22 и 23. Далее определим поверхности, характеризующие пространственно-ориентированное положение относительно детали других составляющих элементов, то есть вспомогательные конструкторские базы – это 45, 42, 43, 40, 41, 30 и 31. Поверхности, которые оформляют очертания детали как конструкции определим как свободные.

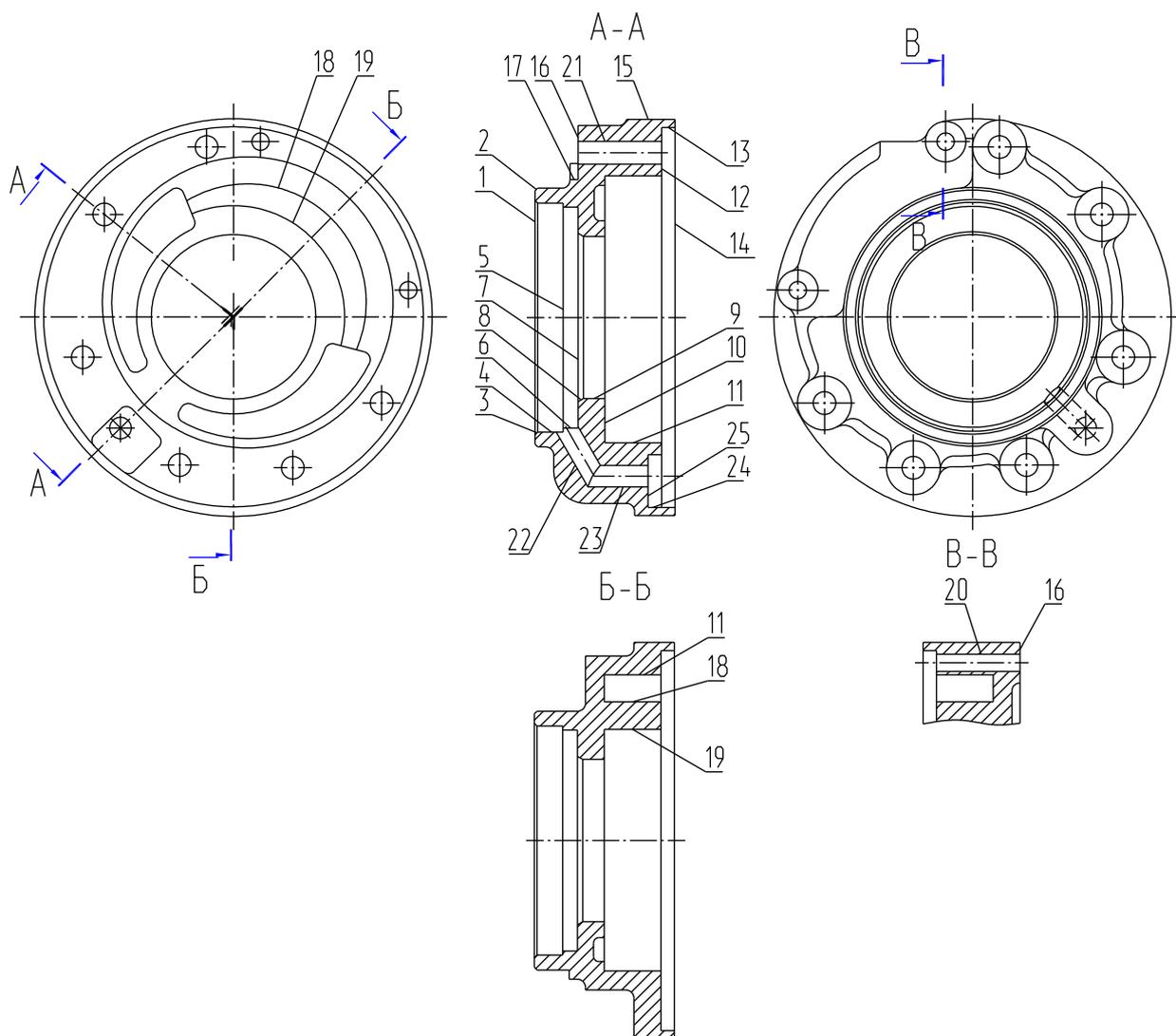


Рисунок 2 – Классификация поверхностей

«Классификация и систематизация поверхностей детали представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Классификация поверхностей

Вид	Номера поверхностей
ОКБ	12, 13
ИП	11, 18, 19
ВКБ	1, 4, 7, 9, 10, 14, 20, 21
СП	все остальные» [4]

Здесь обозначено: «ИП – исполнительные поверхности, ОКБ – основные конструкторские базы, ВКБ – вспомогательные конструкторские базы, СП – свободные поверхности» [12].

Для анализа технологичности детали был изучен базовый процесс ее изготовления. Основным недостатком базового технологического процесса является использование заготовки, полученной методом литья в кокиль, что влечет за собой высокую стоимость материала, так как деталь выпускается средними сериями. В качестве аналога предложена заготовка, получаемая способом литья в керамические формы. Это позволило бы уменьшить стоимость производства. Так же недостатком является отсутствие станков с ЧПУ, что позволило бы обработать наружные поверхности детали за минимальное количество переустановок, что сократило бы время обработки на механических операциях, а также повысило бы точность детали. Базирование заготовки в базовом технологическом процессе частично отвечает основным принципам технологии машиностроения. В ходе анализа загрузки оборудования в базовом технологическом процессе установлено, что оборудование используется не в полной мере. В ходе рассмотрения причин не полной загрузки установлено, что оно простаивает из-за частых поломок, причиной является недостаточное количество проведения периодических осмотров и ремонтов. Периодические осмотры позволяют оперативно выявить и устранить изношенные рабочие органы станка, что позволяет уменьшить количество браков. Для повышения технологичности конструкции детали предлагается унифицировать ряд ее конструктивных элементов и исключить тем самым применение специальных инструментов. Целесообразно применять стандартные режущие инструменты, параметры которых позволяют получить необходимую поверхность. Поэтому рекомендуется упорядочить технологические операции механической обработки в зависимости от применяемого оборудования и функциональных назначений поверхностей детали.

Существует два метода определения технологичности конструкции детали: качественный и количественный. Суть качественного метода заключается в том, что проводится анализ данной детали на соответствие следующим требованиям – элементы детали должны быть простыми и унифицированными. Анализируется возможность применения при изготовлении высокопроизводительных методов обработки. Элементы детали должны обеспечивать простое и надежное базирование детали с использованием принципов совмещения и постоянства баз. В детали не должно быть труднодоступных мест для обработки сложных поверхностей. При обработке детали должен быть обеспечен подвод и отвод, замена режущего инструмента. Жесткость детали должна обеспечивать получение заданной точности поверхности.

При проведении качественной оценки выявлены, так называемые, нетехнологичные поверхности. Суть количественного метода заключается в том, что технологичность оценивают путем расчета числовых значений определенных коэффициентов, которые характеризуют простоту и точность детали, сложность обработки для достижения заданной точности и шероховатости, а также материалоемкости.

При проведении количественной оценки были получены следующие результаты: значение коэффициента унификации конструктивных элементов (отношение числа унифицированных поверхностей к общему числу поверхностей) равно 0,35. Это можно объяснить тем, что рассматриваемая деталь имеет несколько геометрически сложных поверхностей, которые характерны для малой номенклатуры деталей и не поддаются унификации; значение коэффициента точности обработки (отношение суммы установленных техническими требованиями квалитетов на обрабатываемые поверхности к числу поверхностей) равен 4,8; значение коэффициента чистоты обработки детали (отношение суммы показателей шероховатости обрабатываемых поверхностей к числу поверхностей) равно 7,42. Таким образом можно сделать вывод, что «деталь для среднесерийного производства

является технологичной и разработка технологического процесса» [3] ее изготовления целесообразна и возможна.

## **1.2 Формулировка задач работы**

При проведении качественного и количественного анализа предлагаемых в задании исходных данных для совершенствования технологического процесса изготовления корпуса гидравлического насоса следует решить ряд взаимовытекающих друг из друга в порядке решения технических и технологических задач, сформулировать которые можно следующим образом: рассмотреть особенности технологического процесса изготовления детали и выбрать пути его совершенствования; изучить технологический процесс изготовления детали, применяемое оборудование и приспособления; проанализировать базовый технологический процесс и исследовать пути его совершенствования; выявить оборудование, применяемое на операциях технологического процесса; провести анализ оборудования на предмет его соответствия типу производства; проанализировать отечественные и зарубежные научные публикации по теме исследования и сделать выводы и предложения по усовершенствованию технологического процесса; провести анализ применяемого оборудования; произвести анализ применяемого режущего инструмента; произвести анализ режимов резания; произвести анализ применяемых приспособлений; выявить станочные приспособления, применяемые на операциях технологического процесса; провести анализ приспособлений на предмет их соответствия типу производства; выявить приспособления, обеспечивающие требуемые характеристики качества обработки и производительности; осуществить анализ и расчет контрольного приспособления; предложить мероприятия для осуществления безопасности проектируемого процесса и его экономической обоснованности.

В разделе, согласно поставленной цели, описания служебного

назначения детали и ее технологичности были сформулированы задачи выпускной квалификационной работы. В первую очередь был определен тип производства, так как все характеристики проектируемого «технологического процесса зависят от типа производства» [11]. Было установлено, что деталь легко изготавливается в условиях среднесерийного производства. Исходя из особенностей производства, в следующих разделах будем рассматривать способ получения в виде отливки заготовки и ее проектирование. Далее необходимо «спроектировать план изготовления» [4] детали; «выбрать средства технологического оснащения и спроектировать технологические» [4] операции. «После этого необходимо спроектировать» [4] более совершенные средства технического оснащения. В заключении необходимо сделать выводы о проделанной работе в соответствии с решенными задачами и выработать рекомендации по дальнейшему совершенствованию технологического процесса. Провести мероприятия, связанные с достижением необходимых требований по обеспечению безопасности при изготовлении детали и показать экономическую эффективность всего процесса в целом после внесения предлагаемых технических и технологических изменений.

## 2 Технология изготовления детали

### 2.1 Расчет заготовки, выбор методов и средств обработки

При решении первоочередной технической задачи «выбора метода получения заготовки необходимо» [11] учитывать ряд важных технических и технологических факторов, связанных с размерами, формой и материалом заготовки, а также серийностью производства. Выбор метода получения заготовки напрямую зависит от оборудования, которым оснащен заготовительный цех. В предыдущем разделе при анализе технологичности детали был сделан вывод, что для получения заготовки целесообразнее применить метод ее получения в виде отливки. Рассмотрим для объективного сравнения литье в кокиль и литье в кокиль под низким давлением. В качестве исходных данных имеем годовую программу выпуска равную 5000 деталей в год и массу детали равную 1,79 кг.

Определять массу заготовки  $M_3$  будем по эмпирической зависимости:

$$M_3 = M_D \cdot K_P, \quad (1)$$

где  $M_D$  – масса детали, кг;

$K_P$  равен 1,4 для обычного литья в кокиль.

$$M_{31} = 1,79 \cdot 1,4 = 2,51 \text{ кг.}$$

При  $K_P$  равном 1,3 имеем литье под низким давлением в кокиль:

$$M_{32} = 1,79 \cdot 1,3 = 2,33 \text{ кг.}$$

Проведем расчет «минимальной себестоимости двух способов:

$$C_D = C_3 + C_{MO} - C_{ОТХ}, \quad (2)$$

где стоимость  $C_3$  – заготовки;

$C_{MO}$  – механической обработки;

$C_{ОТХ}$  – стружки» [4].

«Стоимость заготовки будем определять с помощью выражения:

$$C_3 = C_B \cdot M_3 \cdot K_T \cdot K_{СЛ} \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{П}, \quad (3)$$

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

$M_3$  – масса заготовки, кг;

далее коэффициенты, учитывающие:

$K_T$  – точность;

$K_{СЛ}$  – сложность;

$K_B$  – массу;

$K_M$  – материал;

$K_{П}$  – серийность» [16].

В нашем случае будем считать  $C_B$  равным 0,4 руб./кг,  $K_T$  равным 1,0,  $K_{СЛ}$  равным 0,83,  $K_B$  равным 1,0,  $K_M$  равным 1,21 и  $K_{П}$  равным 1,0.

Получим минимальную себестоимость двух способов:

$$C_{31} = 0,29 \cdot 1,0 \cdot 0,83 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,21 \cdot 1,0 = 0,291 \text{ руб.}$$

$$C_{32} = 0,36 \cdot 1,06 \cdot 0,83 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,21 \cdot 1,0 = 0,383 \text{ руб.}$$

Расчет стоимости обработки будем определять с помощью выражения:

$$C_T = C_3 \cdot M_3 + C_M \cdot (M_3 - M_D) - C_O \cdot (M_3 - M_D), \quad (4)$$

где  $C_O$  – расходы на стружку, руб./кг.

Получим стоимость обработки, исходя из двух способов:

$$\begin{aligned} C_{T1} &= 0,291 \cdot 2,51 + 0,713 \cdot (2,51 - 1,79) - 0,0144 \cdot (2,51 - 1,79) = \\ &= 1,233 \text{ руб.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{T2} &= 0,383 \cdot 2,51 + 0,713 \cdot (2,51 - 1,79) - 0,0144 \cdot (2,51 - 1,79) = \\ &= 1,269 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Отдельно можно показать итоги проведенных расчетов:

$$M_{31} = 2,51 \text{ кг.}$$

$$M_{32} = 2,33 \text{ кг.}$$

$$C_{31} = 0,291 \text{ руб.}$$

$$C_{32} = 0,383 \text{ руб.}$$

$$C_{T1} = 1,233 \text{ руб.}$$

$$C_{T2} = 1,269 \text{ руб.}$$

Разницу стоимости получения заготовки обоими способами рассчитаем с помощью эмпирической зависимости:

$$\mathcal{E}_Г = (C_{T1} - C_{T2}) \cdot N_Г \cdot K \quad (5)$$

где  $C_{T1}$  – себестоимость «по первому способу»;

$C_{T2}$  – себестоимость по второму способу;

$K$  – коэффициент приведения к 2022 году» [8].

Тогда

$$\mathcal{E}_Г = (1,269 - 1,233) \cdot 5000 \cdot 200 = 36000 \text{ руб.}$$

Показатель условной экономии присутствует. Это говорит о том, что получение заготовки методом отливки в кокиль под низким давлением является правильным решением поставленной задачи. Правильный выбор метода получения заготовки позволяет производить ее проектирование. Для механической обработки заготовки определим припуски. Для определения припусков необходимо осуществить поэтапное решение этой задачи. Первый этап состоит в определении последовательности механической обработки каждой поверхности. Необходимо учесть зависимость поверхности от ее формы, точности обработки и чистоты. При этом используются справочные данные [16]. На следующем этапе проектирования осуществляется определение численных значений припусков на обработку. При этом обычно используется несколько методик. Для выбранного типа производства необходимо применить расчетно-аналитический метод [21] для определения

припусков на точные поверхности. Это поверхность диаметром 60,2Н9 мм. Выходные данные показаны в таблице 4.

Таблица 4 – Припуски

«Переходы	Элементы, мкм			2Z min	Td/IT	Размеры, мм		Припуск» [2]	
	Rz <sup>i-1</sup>	ε <sub>уст</sub> <sup>i-1</sup>	ρ <sup>i-1</sup>			d <sup>i</sup> min	d <sup>i</sup> max	2Z min	2Z max
	первый	0,200	-			0,16	-	1,20 8	56,380
второй	0,040	0,500	0,05	-	0,46 H13	59,219	59,679	2,099	2,839
третий	0,025	0,100	0,02	2,254	0,12 H10	59,947	60,067	0,388	0,728
четвертый	0,010	0,050	0,01	0,397	0,074 H9	60,200	60,274	0,207	0,253

На остальные поверхности данные показаны в таблице 5.

Таблица 5 – Припуски на обработку поверхностей

Операция	Поверхности	Припуск Z, мм	Обработка
005	1,4,5,6,7,9	1,2	точение
010	14,15,12,13	1,2	точение
015	1,2,3-9	0,35	точение
020	14,15,12,13	0,35	точение
025	10,11,18,19 – 1 переход	1,2	расточивание
	10,11,18,19 – 2 переход	0,35	
050	1,4,5,6,9	0,15	шлифование
055	10,11,12,13,18,19	0,15	шлифование

Для назначения табличных допусков и припусков по ГОСТ 7454-89 необходимо выбрать исходные параметры для определения исходного индекса. На рисунке 4 представлена схема припусков, а на рисунке 3 эскиз заготовки.

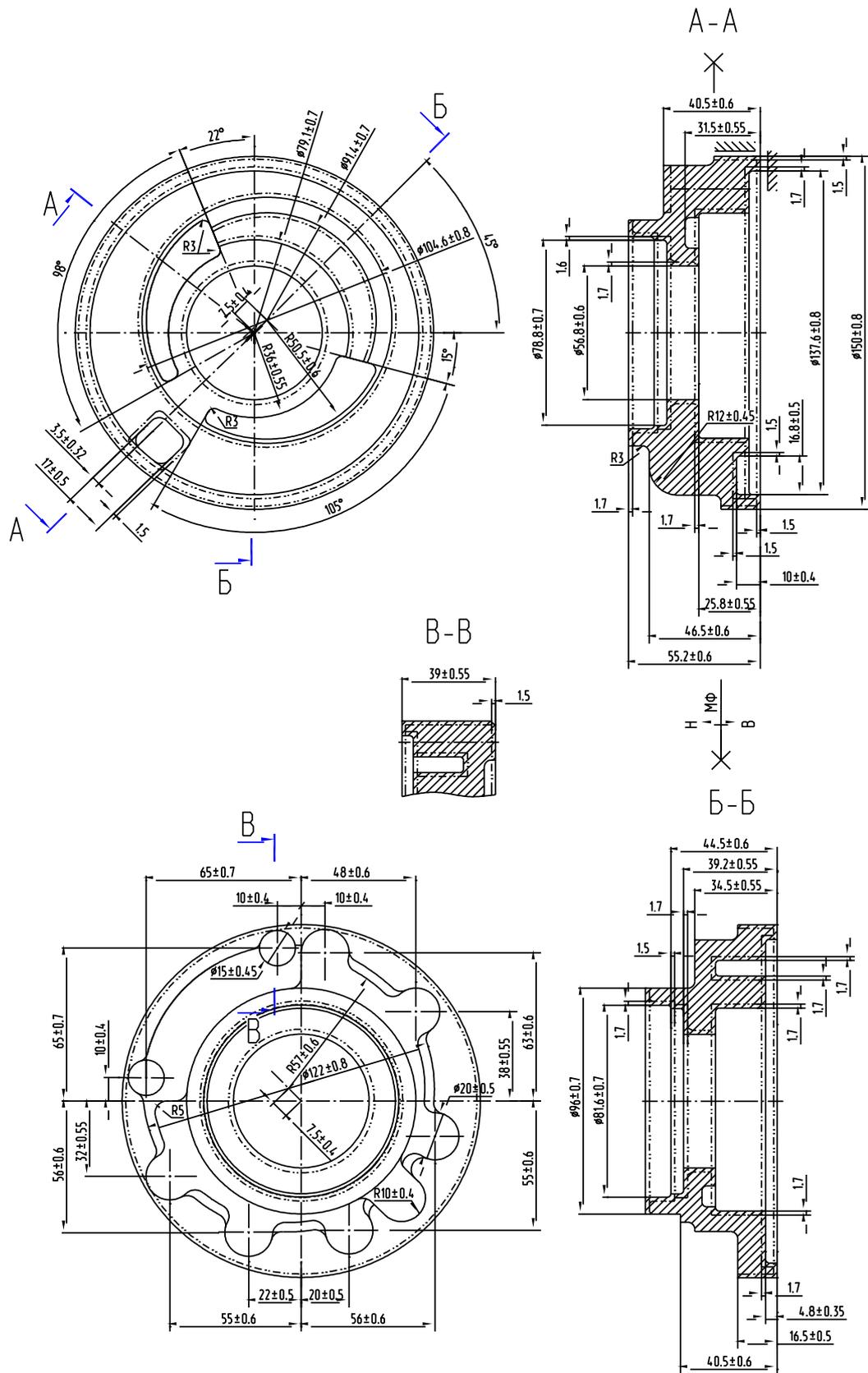


Рисунок 3 – Эскиз заготовки

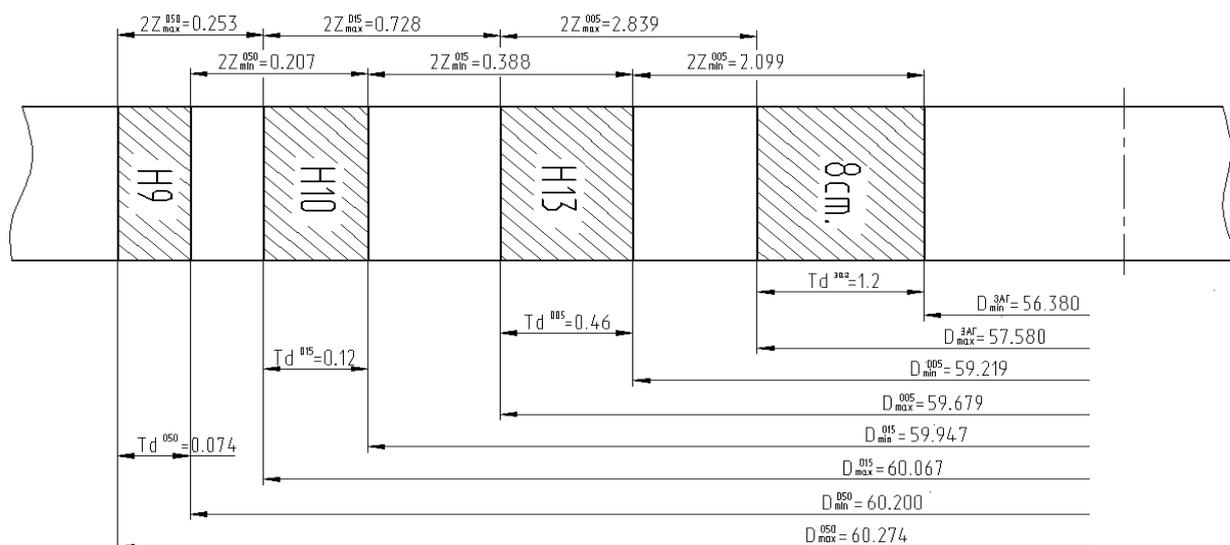


Рисунок 4 – Схема припусков на размер 60,2H9

С учётом указанных параметров, обработанных поверхностей, а, именно, её конфигурации, требуемой точности по качеству и параметру качества поверхности – шероховатости, показаны технологические переходы (таблица 6). Переходы представлены в виде последовательности. После каждого перехода указывается соответствующие качество и шероховатости на данном этапе.

Таблица 6 – Методы и порядок обработки

«Поверхность	Длина, мм	Диаметр, мм	Ra, мкм	Переходы (калитет)
1	5,5	96/85	2,5	т(13)-тч(10)-шч(8)
2	1	1×45°	12,5	тч(11)
3	1	1×45°	12,5	рч(11)
4	10,5	85H9	2,5	р(13)-рч(10)-шч(8)
5	1,5	85/82	6,3	р(13)-рч(10)
6	5,5	82	2,5	р(13)-рч(10)-шч(9)
7	9,75	82/62,5	2,5	р(13)-рч(10)-шч(8)
8	2	2×30°	6,3	рч(11)
9	8	60,2H9	2,5	р(13)-рч(10)-шч(9)
10	31	108/60,2	2,5	р(13)-рч(10)-шч(6)
11	21	108H9	2,5	р(13)-рч(10)-шч(9)
12	24	147/108	1,25	р(13)-рч(10)-шч(6)
13	5	141H8	2,5	р(13)-рч(10)-шч(8)» [7]

Продолжение таблицы 6

Поверхность	Длина, мм	Диаметр, мм	Ra, мкм	Переходы (кавалитет)
14	3	141/147	6,3	т(13)-тч(10)
15	36	147	12,5	т(13)-тч(10)
16	20	20	12,5	ф(13)
17	3	20×3	12,5	ф(13)
18	21	88h9	2,5	р(13)-рч(10)-шч(9)
19	21	82,5H9	2,5	р(13)-рч(10)-шч(9)
20	31	6,4	6,3	с(12)-з(9)
21	31	8,4	6,3	с(13)
22	20	8	12,5	с(13)
23	20	8	12,5	с(13)
24	20	20×5	12,5	ф(13)
25	20	20×20	12,5	ф(13)

В таблице 7 показаны технологические операции и соответствующее оборудование. В таблице 8 для каждой операции, с учётом выбранного станка, предлагаются выбранные зажимное приспособление для установки заготовки, а также режущий инструмент для всех переходов, которые показаны в таблице 6, а также представлены средства контроля для операционных измерений. При выборе оснащения, с учетом формы заготовки призматической формы, необходимо использование специализированного наладочного приспособления с использованием типовых установочных и зажимных элементов.

Таблица 7 – Технологические операции

Номер	Название	«Оборудование
005	токарная черновая	16Б16Т1 с ЧПУ
010		
015		
020	токарная чистовая	
025	координатно-расточная	Полуавтомат 3Б153Т
030		S500 с ЧПУ
050	координатно-шлифовальная	3284СФ4 с ЧПУ» [4]
055		

Таблица 8 – СТО

Операция	Приспособление	«Режущий инструмент	Мерительный инструмент» [9]
005, 010, 015, 020	«патрон токарный.	проходной резец DCLNL 2525M 12 пластина Т5К10 ОСТ 2И.10.1-83. расточной резец. расточная пластина	калибр-скоба ГОСТ 18355-73. шаблон ГОСТ 2534-79.
025	патрон мембранный ОСТ 3-3443-76.	расточная борштанга Dandrea. расточная пластина. концевая фреза Р6М5К5 ГОСТ 17026-71. спиральное сверло ГОСТ 10903-77. цельный зенкер Р6М5К5 ГОСТ 12489-71.	калибр-скоба ГОСТ 18355-73. шаблон ГОСТ 2534-79. мерительное приспособление с индикатором.
030	СП ГОСТ 12195-66	концевая фреза Р6М5К5 ГОСТ 17026-71.	шаблон ГОСТ 2534-79.
050, 055		шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007» [14].	калибр-пробка ГОСТ 14827-69

## 2.2 Расчет технологической операции

На 015 токарной операции применяется оборудование – станок модели 16Б16Т1 токарный. Инструмент выбираем из таблицы 8 – проходной резец с механическим креплением ОСТ 2.И.10.1-83, пластина Т5К10. Припуск – 0,35 мм. Перемещение инструмента – 0,25 мм/об. «Тогда скорость резания будем рассчитывать по формуле:

$$V = \frac{C_U}{T^{m \cdot t \cdot x \cdot y}} \cdot K_U, \quad (6)$$

где выберем базовую величину  $C_U$  равную 420;

время работы одной пластины  $T$  равное 60 мин;

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

коэффициент, обеспечивающий условия обработки  $K_U$  примем равным 1,36» [9].

«Первый переход:

$$V_T = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,35^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 1,36 = 390,0 \text{ м/мин.}$$

Второй переход:

$$V_P = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,35^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 1,36 \cdot 0,9 = 351,0 \text{ м/мин.}$$

$$\ll n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (7) \gg [9]$$

Первый переход – подрезка торца диаметром 96 мм:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 390}{3,14 \cdot 96} = 1294 \text{ мин}^{-1}.$$

Первый переход – растачивание поверхности диаметром 84,7 мм:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 351}{3,14 \cdot 84,7} = 1320 \text{ мин}^{-1}.$$

Второй переход – растачивание поверхности диаметром 59,9 мм:

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 351}{3,14 \cdot 59,9} = 1866 \text{ мин}^{-1} \gg [11].$$

«После корректировки частоты получим скорость резания при обработке поверхности диаметром 96 мм равную 1294 м/мин, при обработке поверхности диаметром 84,7 мм – 1320 м/мин, а для второго перехода при обработке поверхности диаметром 59,9 мм – 1866 м/мин.

Определим составляющие силы резания по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P, \quad (8)$$

где  $C_P$  – коэффициент обработки равный 300;

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

$K_P$  – коэффициент коррекции.

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (9)$$

где  $K_{MP}, K_{\phi P}, K_{\gamma P}, K_{\lambda P}$  и  $K_{rP}$  равны 0,79, 0,89, 1,0, 1,0 и 1,0» [9].

Получим:

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 0,35^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 390^{-0,15} \cdot 0,79 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = \\ = 107 \text{ Н.}$$

«Определим требуемую мощность по формуле:

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (10)$$

Получим:

$$N = \frac{107 \cdot 390}{1020 \cdot 60} = 0,68 \text{ кВт.}$$

Для выбора приемлемых параметров режимов резания необходимо сравнить полученные результаты выше с паспортными данными и техническими характеристиками выбранного оборудования. Скорость резания на первом переходе – 390,0 м/мин, а на втором – 351,0 м/мин требует от обрабатывающего оборудования силу резания – 107 Н. Это может быть достигнуто, если выбранное оборудование будет развивать обороты при подрезке на первом переходе, расточке на первом переходе и расточке на втором переходе соответственно равные 1294 мин<sup>-1</sup>, 1320 мин<sup>-1</sup> и 1866 мин<sup>-1</sup>. При обработке поверхности диаметром 96 мм равную 1294 м/мин, при обработке поверхности диаметром 84,7 мм – 1320 м/мин, а для второго перехода при обработке поверхности диаметром 59,9 мм – 1866 м/мин. Эти параметры могут установиться при обработке при минимальной мощности 0,68 кВт. У станка 16Б16Т1 мощность намного выше и равна 7,5 кВт, то есть использование возможно» [9]. «На остальные операции режимы резания представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Режимы резания

Операция	Переход	t, мм	S, мм/об.	V <sub>т</sub> , м/мин	n <sub>т</sub> , об./мин	n <sub>пр</sub> об./мин	V <sub>пр</sub> м/мин
005	подрезать торец до Ø96	1,2	0,5	169,6	563	563	169,6
	расточить Ø84	1,2	0,5	152,6	578	578	152,6
	расточить Ø59,2» [18]	1,2	0,5	152,6	820	820	152,6
010	«точить Ø147,7	1,2	0,5	169,6	366	366	169,6
	расточить Ø140	1,2	0,5	152,6	347	347	152,6
015	подрезать торец до Ø96	0,35	0,25	390,0	1294	1294	390,0
	точить Ø84,7	0,35	0,25	351,0	1320	1320	351,0
	точить Ø59,9	0,35	0,25	351,0	1866	1866	351,0
020	точить Ø147	0,35	0,25	390,0	845	845	390,0
	расточить Ø140,7	0,35	0,25	351,0	794	794	351,0
025	расточить Ø107	1,2	0,4	150	446	446	150
	расточить Ø89	1,2	0,4	150	536	536	150
	расточить Ø81,5	1,2	0,4	150	586	586	150
	расточить Ø107,7	0,35	0,15	360	1064	1064	360
	расточить Ø88,3	0,35	0,15	360	1298	1298	360
	расточить Ø82,2	0,35	0,15	360	1395	1395	360
	фрезеровать Ø6	1,5	0,20	45	2388	2388	45
	сверлить Ø8	4,0	0,20	33	1313	1313	33
	сверлить Ø6	3,0	0,15	31	1645	1645	31
	сверлить Ø6,4	3,2	0,15	31	1542	1542	31
	сверлить Ø8,4	4,2	0,20	33	1251	1251	33
	зенкеровать Ø6,4	0,2	0,4	19	945	945	19
	030	сверлить Ø8	4,0	0,06/0,	33	1313	33
фрезеровать Ø20		3,0	20 0,6	55	875	55	875
050	шлифовать Ø60,2 с планшайбой	0,15	3000 0,008	15 м/с 20	105	105	15 м/с 20
	шлифовать Ø82 с планшайбой	0,15	3000 0,012	15 м/с 20	78	78	15 м/с 20
	шлифовать Ø85 с планшайбой	0,15	3000 0,008	15 м/с 20	75	75	15 м/с 20
	шлифовать Ø141 с планшайбой	0,15	3000* 0,008	15 м/с 20	45	45	15 м/с 20
055	шлифовать Ø108 с планшайбой» [18]	0,10	2000 0,008	15 м/с 15	44	44	15 м/с 15

Нормы времени на операции приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Нормы времени (в минутах)

«Операция	$T_0$	$T_B$	$T_{OP}$	$T_{OB,O-T}$	$T_{П-З}$	$T_{шт}$	$n$	$T_{шт-к}$ » [7]
005	0,171	0,573	0,744	0,045	21	0,789	472	0,833
010	0,287	0,536	0,823	0,049	21	0,872	472	0,916
015	0,138	0,706	0,844	0,051	21	0,895	472	0,939
020	0,250	0,551	0,801	0,048	21	0,849	472	0,893
025	2,546	1,276	3,822	0,229	68	4,051	472	4,195
030	0,438	1,010	1,448	0,087	24	1,535	472	1,586
050	0,376	0,925	1,301	0,125	24	1,426	472	1,477
055	1,880	0,999	2,879	0,374	31	3,253	472	3,319

В таблице 10 обозначено «время:  $T_0$  – машинное;  $T_B$  – на управление станком;  $T_{OP}$  – операционное;  $T_{OB,O-T}$  – на удаление стружки и замену инструмента;  $T_{П-З}$  – на ознакомление с чертежом;  $T_{шт}$  – штучное;  $T_{шт-к}$  – на выполнение технологической операции» [9].

В разделе показан сравнительный анализ двух методов получения заготовки и выбран более оптимальный и эффективный, проведен расчет припусков и спроектирована заготовка, разработан маршрут и последовательность обработки, показаны средства технического оснащения, а также проведен расчет режимов резания на лимитирующей операции.

### 3 Расчет и проектирование средств оснащения

#### 3.1 Проектирование основного приспособления

Для 015 операции «проведем расчет для выбранных параметров обработки 3-х кулачкового клинового патрона, а также его конструкционные особенности. Патрон предназначен для реализации схемы базирования и закрепления заготовки при обработке. Ранее при проектировании 015 операции получено значение главной составляющей силы резания 117 Н.

Необходимо рассчитать усилие зажима заготовки в проектируемом приспособлении, учитывая систему сил, схема которых представлена на рисунке 5. Сила зажима препятствует силе резания, обеспечивая равенство моментов этих сил» [12].

«Проведем расчет силы зажима заготовки с помощью трех кулачков. Зависимость этой силы от составляющей силы резания определяется формулой:

$$W_z = \frac{K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2}, \quad (11)$$

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» [21].

«Коэффициент запаса  $K$  определим согласно [21] равным 2,5. Тогда сила зажима» [14]:

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

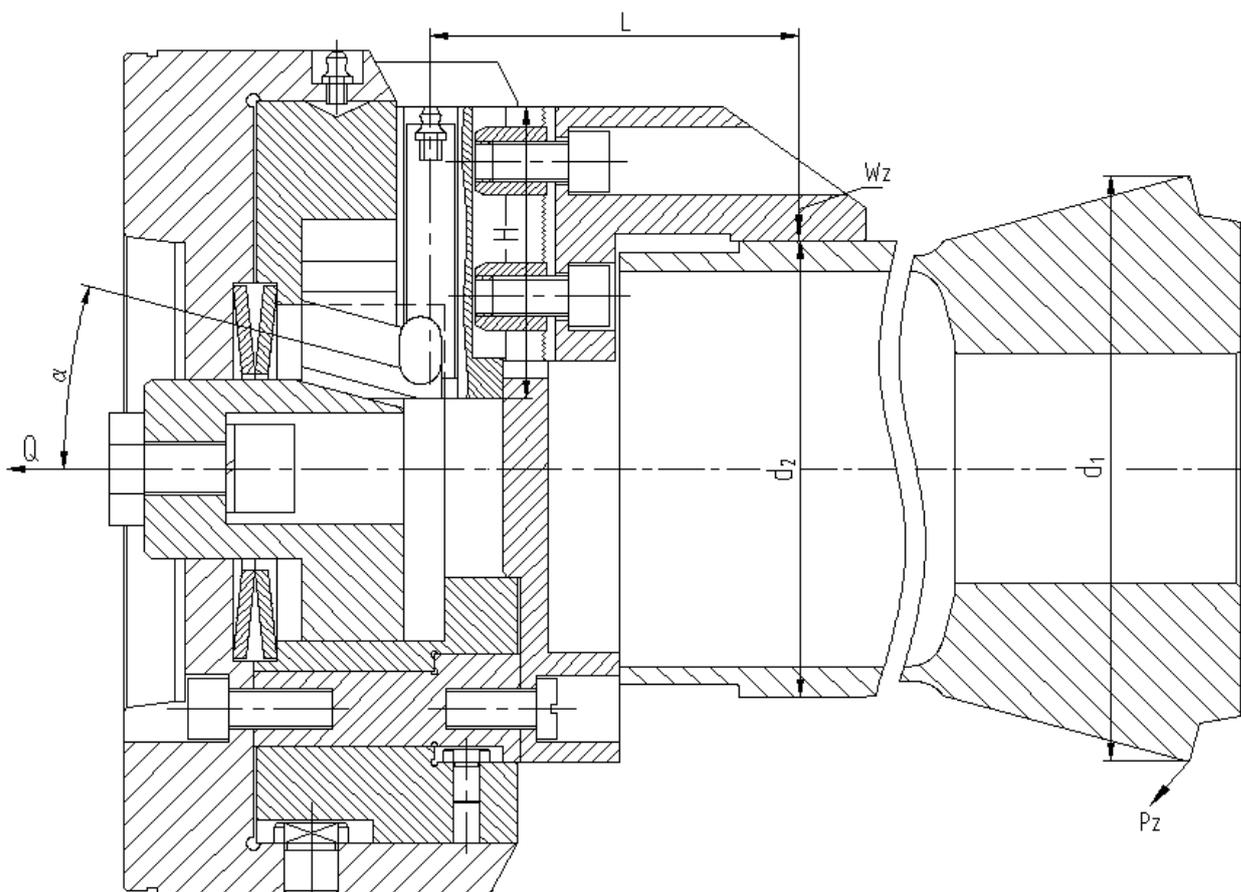


Рисунок 5 – Схема действия сил

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

$$W_1 = \frac{W}{1-3 \cdot f_1 \cdot (L/H)}, \quad (12)$$

где  $f_1$  – препятствующий коэффициент скольжению равен 0,1 [21];

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

$H$  – параметр поверхности по перемещению кулачка равный 86 мм» [4].

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:

$$Q = W_1 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \phi), \quad (13)$$

где  $\alpha$  – скашивающий угол направляющих;

$\phi$  – угол трения» [8].

Тогда получим:

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

«Патроны данного типа имеют три радиальных паза, их особенность в том, что одновременно с закреплением заготовки происходит центрирование. Кулачки синхронно движутся по спиральным траекториям при действии усилия, приложенного точно торцевым рычагом или ключом (зависит от механизма передачи в конструкции).

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.

Диаметр штока привода, который будет обеспечивать исходную силу определяется, согласно выражения:

$$D = 1,17 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}}, \quad (14)$$

где  $p$  – необходимое давление;

$\eta$  – КПД привода равное 0,9» [21].

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. Для упрощения дальнейших расчетов в настоящей работе погрешностью базирования можно пренебречь.

В графической части работы представлен чертеж станочного приспособления. Здесь базовой деталью конструкции патрона является корпус 5. Многоскопый клин 4 располагается в отверстии корпуса 5. По пазам клина 4 двигаются постоянные кулачки 11» [2]. «Сменные кулачки 9 крепятся с помощью винтов 24. В упор 16 устанавливается обрабатываемая заготовка. Между корпусами 3 и 5 располагаются две пружины 15. Направляющие шпонки 19 и 20 устанавливаются в отверстиях корпусов 3 и 5. С помощью винтов 25 крепится к шпинделю патрон. Через клин 4 проходит винт 26. Винт 26 соединяется со штоком 21 пневматического цилиндра с помощью муфты 18 и гайки 27. Сзади на шпинделе располагается пневматический привод. На корпусе 6 привода установлена крышка 8, которая располагается на подшипниках 37 и крепится винтами 23 с шайбами 39 к корпусу 7. Поршень 12 устанавливается на конце штока 21. Поршень 12 закрепляется там гайкой 28 со стопорной шайбой 38. Демпферы 2 служат для предотвращения ударов поршня о стенки пневматического цилиндра.

Разработанный патрон работает следующим образом: при подаче воздуха в полость штока пневматического цилиндра клин 4 отходит влево, подкулачники 11 скользят по наклонному пазу вниз, кулачок опускается, закрепляя заготовку. Если заготовка не доходит своим торцом до опоры 10, то при ходе клина 4 назад корпус 5, преодолевая сопротивление тарельчатых пружин 15 тянет подкулачники 11 с кулачками 9 назад на величину поджима, прижимая заготовку к опоре 10. Для разжима заготовки цикл происходит в обратном порядке. При подаче воздуха в поршневую полость пневматического цилиндра клин 4 отходит право, подкулачники скользят по наклонному пазу вверх и кулачок поднимается, раскрепляя заготовку» [17].

### 3.2 Проектирование режущего инструмента

«Токарная обработка в предлагаемом технологическом процессе занимает практически основное время, поэтому целесообразно провести усовершенствование конструкции режущего инструмента для этого вида механической обработки. На токарных операциях используются резцы со сменными многогранными пластинами, которые имеют недостаточную надежность механического крепления к корпусу резца, что приводит к их частой замене» [17].

«Резец DCLNL 2525M 12 – резец токарный для наружного точения по металлу со сменными пластинами. Для пластин CN 1204. Державка токарная с креплением типа P (прижим рычагом за отверстие). С углом в плане  $95^\circ$ . Державка проходная для продольного точения и подрезки торца» [8].

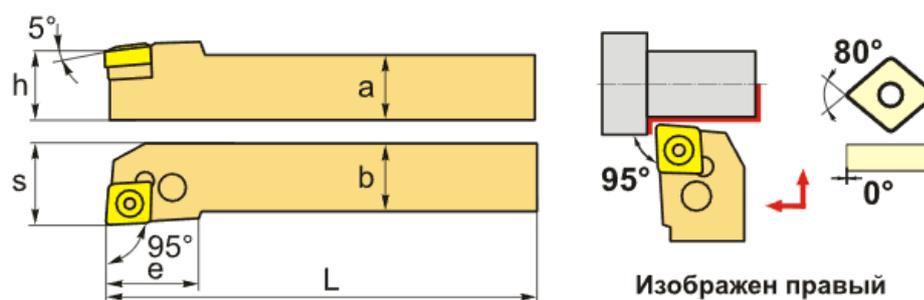


Рисунок 6 – Резец DCLNL 2525M 12

SSDCN – Державка токарная с креплением типа S (закрепление пластин винтом). С углом в плане  $45^\circ$ .

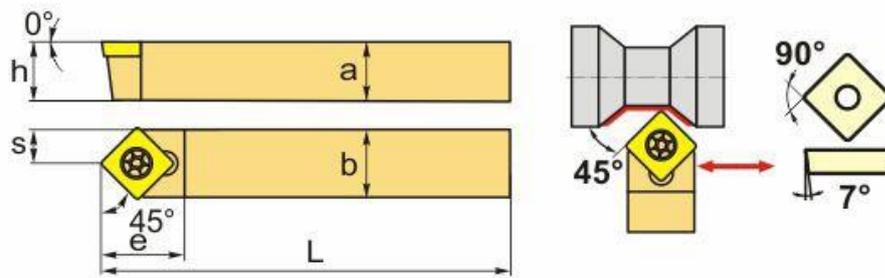


Рисунок 7 – Державка токарная SSDCN

SDACR/L – Державка токарная с креплением типа S (закрепление пластин винтом). С углом в плане 90°.

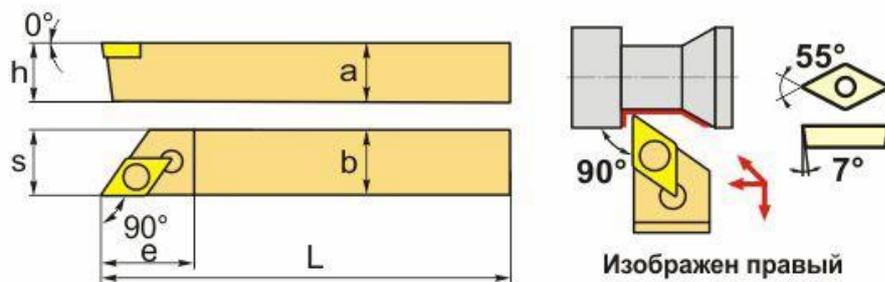


Рисунок 8 – Державка токарная SDACR/L

WTENN Державка токарная типа W (прижим клин-прихватом на штифте). С углом в плане 60°.

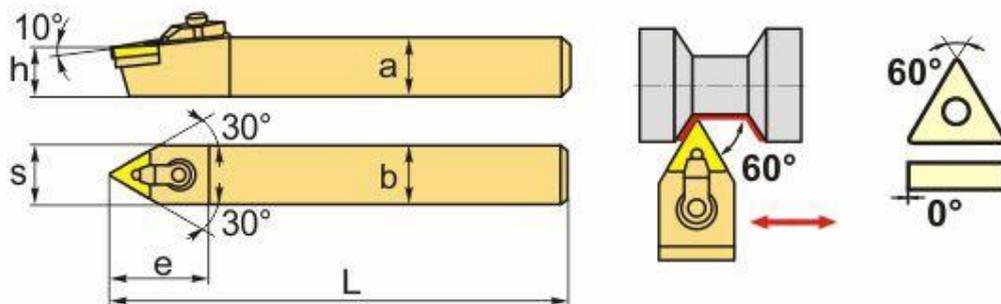


Рисунок 9 – Державка токарная WTENN

TDJNR/L Державка токарная с креплением типа Т (двойной прижим кронштейном). С углом в плане 93°.

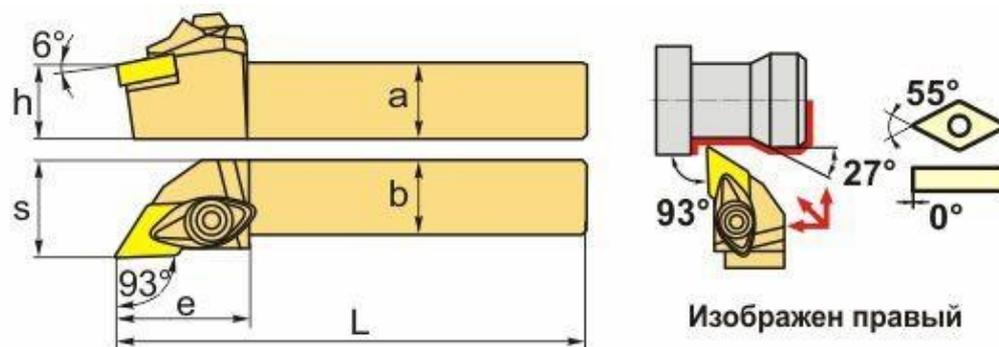


Рисунок 10 – Державка токарная TDJNR/L

SRDCN Державка токарная с креплением типа S (закрепление пластин винтом).

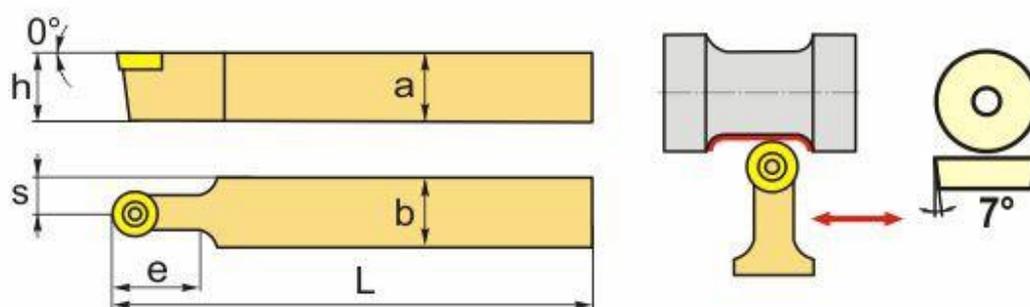


Рисунок 11 – Державка токарная SRDCN

PSKNR/L Державка токарная с креплением типа Р (прижим рычагом за отверстие). С углом в плане 75°.

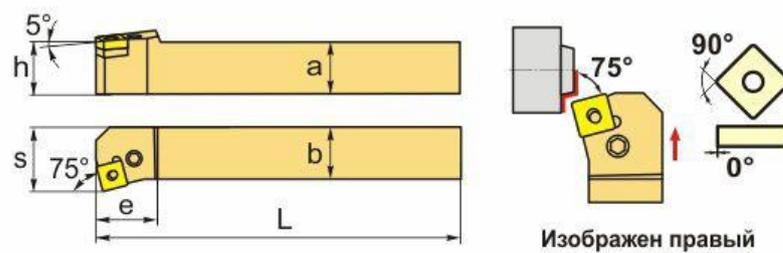


Рисунок 12 – Державка токарная PSKNR/L

Расточные резцы DCLNR/L Державка расточная с креплением типа D (двойной прижим кронштейном). С углом в плане 95°. Для контурной обработки. С каналом для СОЖ

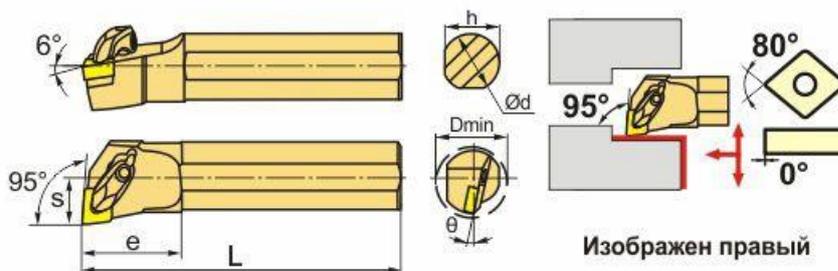


Рисунок 13 – Державка расточная DCLNR/L

МСКНР/L Державка расточная с креплением типа М (прижим клин-прихватом сверху). С углом в плане 75°.

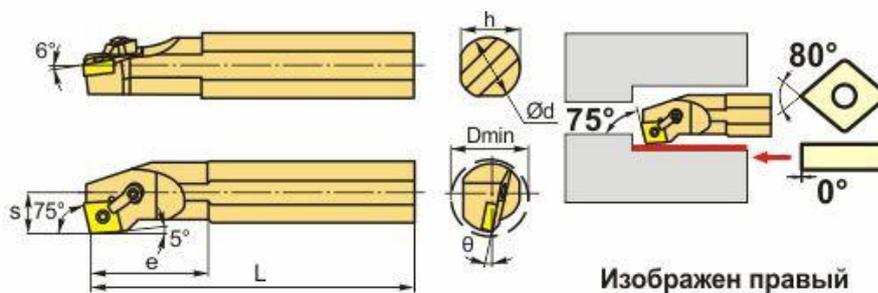


Рисунок 14 – Державка расточная МСКНР/L

MVWNR/L Державка расточная с креплением типа М (прижим клин-прихватом сверху). С углом в плане  $72^{\circ}30'$ . Для контурной обработки.

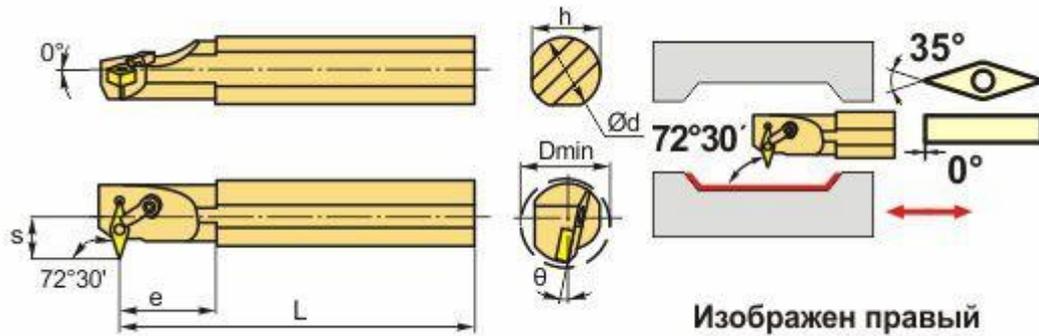


Рисунок 15 – Державка расточная MVWNR/L

PWLNR/L Державка расточная с креплением типа Р (прижим рычагом за отверстие). С углом в плане  $95^{\circ}$ . Для растачивания отверстия и подрезки торца

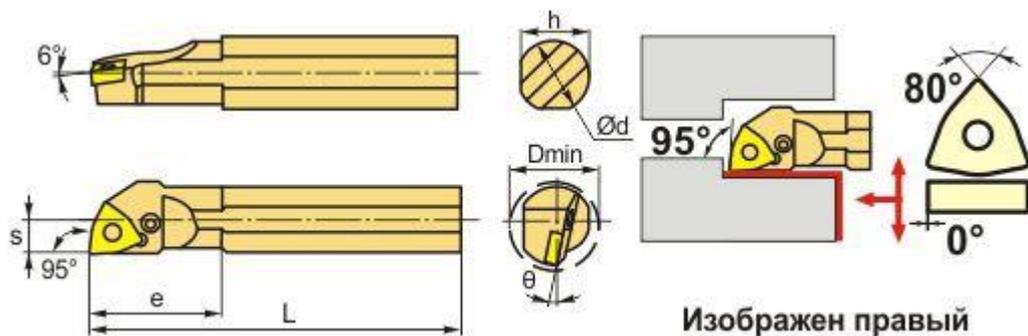


Рисунок 16 – Державка расточная PWLNR/L

STFCR/L Державка расточная с креплением типа S (закрепление пластин винтом). С углом в плане  $91^{\circ}$ .

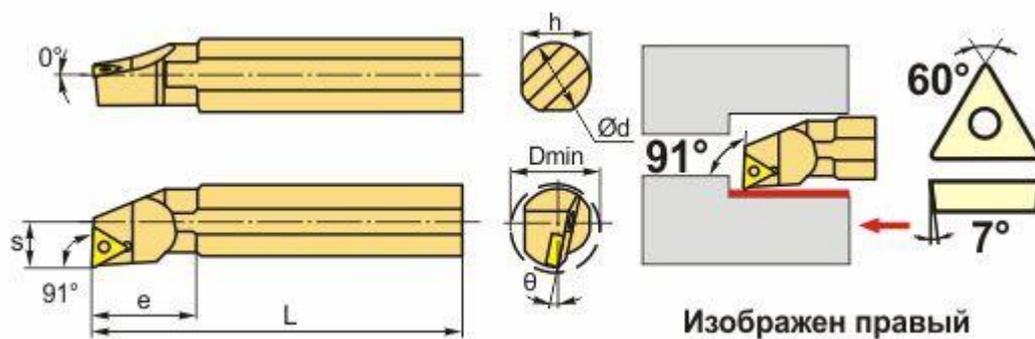


Рисунок 17 – Державка расточная STFCR/L

В разделе были проведены все необходимые инженерные расчеты для проектирования основного приспособления в виде станочного приспособления и проведен анализ используемого режущего инструмента, а также рассмотрена возможность применения нескольких вариантов державок при обработке на 015 токарной технологической операции.

## **4 Безопасность и экологичность технического объекта**

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

В качестве технического объекта, которому необходимо обеспечить безопасность и экологичность в разделе рассматривается технологический процесс изготовления корпуса гидравлического насоса. Для реализации изготовления детали в технологическом процессе предусмотрен комплекс технического и технологического оснащения. Он состоит из «оборудования, приспособлений, режущего и мерительного инструмента» [5]. Рассматриваемый технический объект предусматривает использование следующего оборудования: станок 16Б16Т1 с ЧПУ, Полуавтомат 3Б153Т, станок S500 с ЧПУ, станок 3284СФ4 с ЧПУ. Также приспособления: патрон токарный, «патрон мембранный ОСТ 3-3443-76» [4], СП ГОСТ 12195-66. Инструменты: проходной резец пластина Т5К10 ОСТ 2И.10.1-83, расточной резец, расточная пластина, «расточная борштанга Dandrea, расточная пластина, концевая фреза Р6М5К5 ГОСТ 17026-71, спиральное сверло ГОСТ 10903-77, цельный зенкер Р6М5К5 ГОСТ 12489-71» [4], концевая фреза Р6М5К5 ГОСТ 17026-71, шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007. Для наглядности в разделе будут рассматриваться наиболее трудоемкие и потенциально опасные технологические операции: токарная, координатно-расточная и координатно-шлифовальная. В процессе механической обработки используются в качестве материала для заготовки сталь 45Л ГОСТ-977, смазывающая охлаждающая жидкость, ветошь и другие вспомогательные материалы. При проведении работ по изготовлению детали в технологическом процессе предусмотрены профессиональные рабочие места. Для выбранных технологических операций – это оператор станков с ЧПУ. Технологический процесс реализуется организационно и технически на производственном участке, который оснащен необходимым оборудованием. Для реализации

годовой программы выпуска детали применяется двусменного режима работы.

## **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.

В качестве потенциальных рисков можно выделить: «неприменение СИЗ или применение поврежденных СИЗ, не сертифицированных СИЗ, не соответствующих размерам СИЗ, СИЗ, не соответствующих выявленным опасностям, составу или уровню воздействия вредных факторов» [5]; падение

предметов, падение на скользкой поверхности, неадекватное поведение лиц, пожар, авария, заболевание персонала.

К причинам возможной реализации перечисленных рисков можно отнести: неисправность оборудования; чрезвычайная ситуация природного и техногенного характера; сон на рабочем месте/наркотическое или алкогольное опьянение, ошибки проектирования; внос, употребление запрещенных веществ (алкоголь, наркотики, психотропные, легковоспламеняющиеся жидкости и другие материалы, запрещенные к свободному обороту); психическое заболевание; пандемия. Это может привести к «травме или заболеванию вследствие отсутствия защиты от вредных (травмирующих) факторов» [5].

### **4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков**

Все потенциальные риски вносятся в реестр. С реестрами рисков знакомят всех рабочих, на которых он распространяется под роспись в листе (журнале) ознакомления. При необходимости реестры рисков вывешиваются на информационных досках, размещаются в электронной обменной папке. Реестр рисков хранится у разработчика не менее трех лет. Для снижения рисков необходимо обеспечить: точное соблюдение норм технологического регламента и выполнение требований инструкций по рабочим местам и по охране труда; исправность оборудования, арматуры, трубопроводов, контрольно-измерительных приборов, систем аварийной сигнализации и защитных блокировок; немедленное устранение любой утечки горючих и агрессивных газов и жидкостей.

Для снижения рисков необходимо соблюдать нормы технологического регламента и выполнять требования инструкций по рабочим местам; «регулярная проверка СИЗ на состояние работоспособности и комплектности. Назначить локальным нормативным актом ответственное лицо за учет выдачи СИЗ и их контроль за состоянием, комплектностью» [5]. А также предлагается

ряд мероприятий: обучение персонала по программе обучения работников в области ГО и защиты от ЧС природного и техногенного характера; инструктаж и проверка знаний, сбор и обработка статистики, принятие оперативных и других мер; соблюдение правил противопожарного режима; инструктаж и периодическая проверка знаний; работа в дистанционном формате; введение двухсменного режима работы; организация работы резервных смен; ограничение передвижения по территории предприятия; электронное согласование документов; использование защитных средств на предприятии (масок, перчаток, антисептических средств). Запрещается пользоваться неисправным ручным инструментом: молотками, зубилами и тому подобное, не отвечающим требованиям техники безопасности, гаечными ключами несоответствующих размеров, с разбитыми или разогнутыми губками, со сбитой рабочей гранью. При обслуживании машин и механизмов с электрическим приводом необходимо соблюдать меры электробезопасности. Все токоведущие части должны быть закрыты, и исключен доступ к частям, находящимся под напряжением. Все движущиеся части машин и приводов должны иметь надежное и исправное ограждение. Не допускается эксплуатация машин без защитных ограждений.

Также необходимо снабдить производственный участок следующими инженерными системами: системой вентиляции; системой холодоснабжения; системой отопления; системой водоснабжения; системой канализации; системой энергоснабжения; системой контроля загазованности; системой пожарной сигнализации; системой охранной сигнализации.

#### **4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта**

Наиболее вероятным источником возникновения аварийных ситуаций техногенного характера, является возникновение пожара на объекте. Пожар возможен на производственном участке. Распространение пожара будет происходить по горючей облицовке стен, через технологические отверстия в

стенах в смежные помещения, и на кровлю здания. Линейная скорость распространения огня может составлять 0,6 – 1,0 м/мин. При пожаре возможно интенсивное дымовыделение при горении полимерных и синтетических материалов. Возможно получение ожогов и отравление продуктами горения рабочими. Задымлению будут подвергаться все помещения производственного участка при длительном горении. Спасание пострадавших осуществляется пожарными, а также работниками предприятия. Для оказания первой помощи пострадавшим используется оборудование автомобиля скорой помощи.

Самым рациональным способом для тушения возможного пожара будет способ тушения и охлаждения сплошными постоянными струями воды. Подачу воды производить от гидрантов через насосы пожарных автомобилей. Начинать тушить установки под напряжением можно только после получения сообщения об их отключении от сети электропитания. 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.

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».

Пожар возможен в любом помещении производственного участка. Перекрытие устроено из металлических листов и щитов. Наружные стены и перегородки выполнены из керамического кирпича. Толщина наружных стен 0,75 м со штукатуркой с пределом огнестойкости не менее 45 мин, стены

окрашены водоэмульсионной краской. Помещение возможного места пожара имеет значительную горючую нагрузку. Пожар может распространяться в любую сторону. Огонь будет проникать через различные отверстия в конструктивных элементах здания, в следствии чего будут загораться легковоспламеняемые элементы помещений. Пламя распространяется в основном в вертикальной плоскости и в сторону открытых проемов. Наслоения пыли в вентиляционных шахтах в следствии их загорания приведут к повышению уровня задымления. Вследствие долгого действия высокой температуры от огня, может произойти нарушение целостности конструкции и обрушение перекрытия крыши над зоной пожара. Дым может проникнуть во все помещения производственного участка. Капитальные элементы помещения будут ограничивать тепловое воздействие. Тепловое облучение будет иметь большее значение вблизи очага пожара, оконных проемах, дверных проемах, возле потолка помещения, в котором происходит горение.

К причинам возможной реализации пожара можно отнести: замыкание в электросети; повышенные нагрузки при механической обработке на станках; курение в неположенном месте; несоблюдение правил противопожарного режима; некомпетентность персонала.

Для снижения рисков необходимо: соблюдение правил противопожарного режима; инструктаж и периодическая проверка знаний. Также необходимо снабдить производственный участок следующими инженерными системами: системой вентиляции; системой холодоснабжения; системой энергоснабжения; системой контроля загазованности; системой пожарной сигнализации; системой охранной сигнализации. Необходимо оснащение производственного участка первичными средствами пожаротушения такими как: пожарным гидрантом, огнетушителями, емкостями с песком, пожарными веревками, карабинами, респираторами, противогазами, баграми, лопатами и топорами. Также необходима «пожарная сигнализация, автоматическая система пожаротушения, первичные средства пожаротушения» [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 был исследован технический объект в виде технологического процесса изготовления корпуса гидравлического насоса на безопасность. Для реализации изготовления детали в технологическом процессе был предусмотрен комплекс технического и технологического оснащения. Он состоит из оборудования, приспособлений, режущего и мерительного инструмента. При проведении работ по изготовлению детали в технологическом процессе были предусмотрены профессиональные рабочие места. Технологический процесс реализовался организационно и технически на производственном участке, который был оснащен необходимым оборудованием. Для реализации годовой программы выпуска детали был применен двусменный режим работы. Были определены опасные и вредные производственные факторы, а также соответствующие риски их реализации. «Для снижения этих рисков были предложены мероприятия по обеспечению производственной, пожарной и экологической безопасности технического объекта в виде технологического процесса изготовления» [5] корпуса гидравлического насоса.

## 5 Экономическая эффективность работы

Используя предложенное техническое решение по совершенствованию технологического процесса, описанное в предыдущих разделах, осуществим экономические расчеты с целью подтверждения целесообразности его внедрения. Чтобы доказать экономическую эффективность технического решения необходимо произвести соответствующие расчеты в определенной последовательности. Последовательный алгоритм экономических расчетов представлен на рисунке 18.

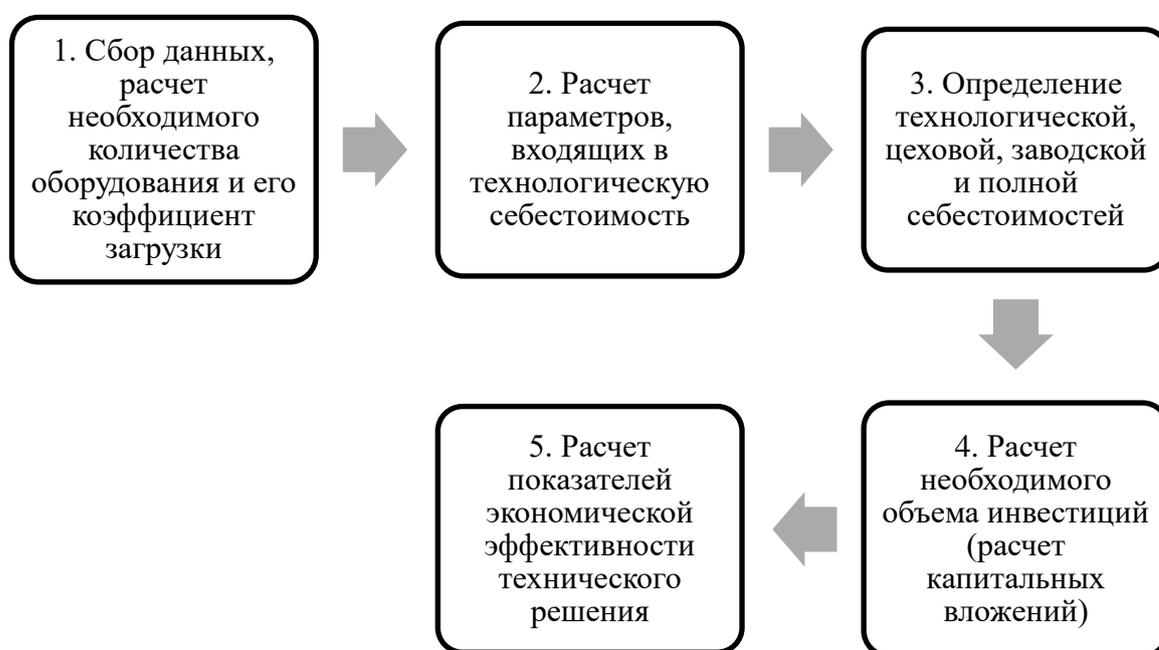


Рисунок 18 – Последовательный алгоритм экономических расчетов

Для составления алгоритма, представленного на рисунке 18, использовалось учебно-методическое пособие для выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы [6]. Выполнение каждого из перечисленных пунктов алгоритма сопровождается соответствующими расчетами, которые очень подробно описаны в этом пособии. Используя описанную методику, вычисление всех необходимых

параметров, была составлена программа расчета в системе Microsoft Excel, позволившая рассчитать все экономические показатели для написания заключения о целесообразности внедрения технического решения.

Далее необходимо, согласно алгоритму, представить полученные результаты проведенных расчетов.

1. Сбор данных, расчет необходимого количества оборудования и его коэффициент загрузки. Этот пункт был выполнен в предыдущих разделах бакалаврской работы, именно они отвечают за разработку технологического процесса, подбор оборудования, оснастки и инструмента. Так как имеется четкое понимание используемого технического парка оборудования, соответственно известны его технические характеристики: габариты и мощность электродвигателя.

2. Расчет параметров, входящих в технологическую себестоимость. Используя собранные данные в предыдущем пункте и необходимую методику, были определены слагаемые технологической себестоимости предложенного технического решения и базового варианта технологического процесса. Результаты расчетов, а точнее значения таких показателей как: заработная плата рабочего-оператора ( $Z_{пл.оп}$ ), заработная плата наладчика ( $Z_{пл.нал}$ ), социальные отчисления ( $H_{з.пл}$ ) и расходы на эксплуатацию оборудования ( $P_{э.об}$ ), представлены на рисунке 19.

Анализируя представленные на рисунке 19 значения, можно сказать, что внедрение технического решения позволит уменьшить величину показателей. В зависимости от параметра, благодаря предложенным изменениям, можно достигнуть его сокращения, в интервале от 9,66% до 29,53%, что в рублевом эквиваленте составляет – 0,03-1,04 рубля.

Сложив, представленные на рисунке 19 параметры, будет получено значение технологической себестоимости технического решения, так для базового варианта оно составит 10,97 рублей, а для проектного варианта – 8,97 рублей. Сокращение этой величины в проектируемом варианте составит 18,18%.

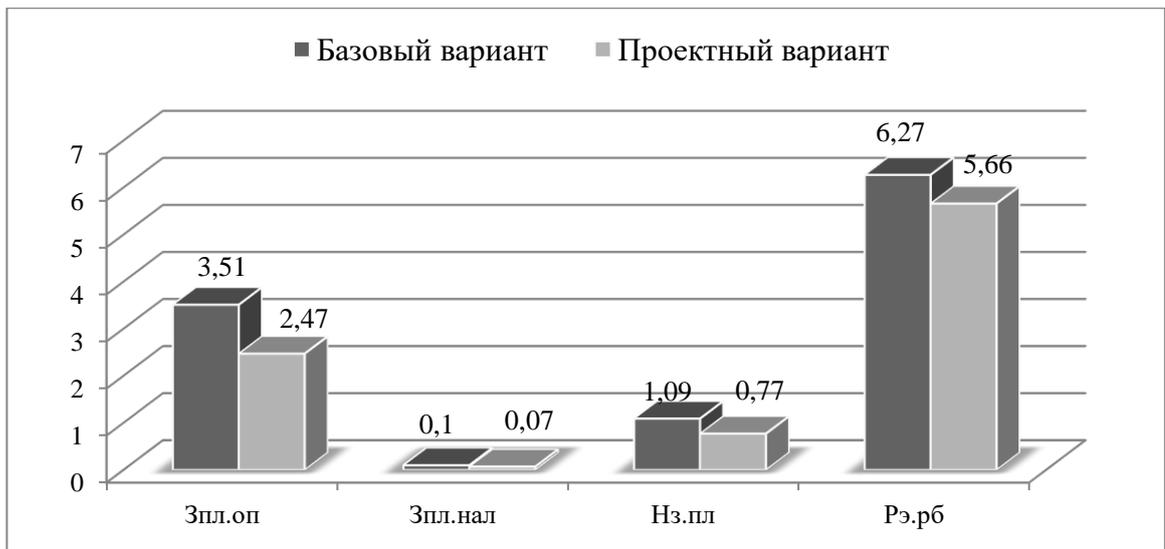


Рисунок 19 – Значения показателей, из которых складывается технологическая себестоимость технического решения, по вариантам, руб.

3. Определение технологической, цеховой, заводской и полной себестоимостей. Результаты проведенных расчетов, связанных с определением этих параметров, представлены на рисунке 20.

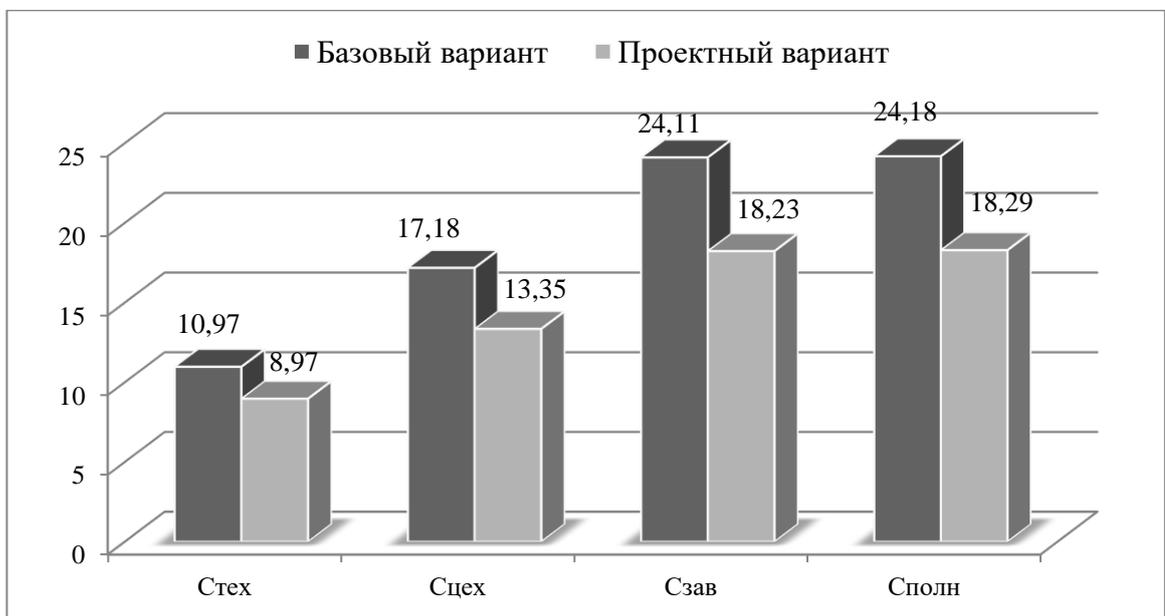


Рисунок 20 – Значение всех видов себестоимостей технического решения по вариантам, руб.

Значения, представленных на рисунке 20 параметров, в проектируемом варианте имеют тенденцию к снижению. Итоговое значение себестоимости (полной себестоимости) уменьшилось на 5,89 рублей, что составило 24,36%.

4. Расчет необходимого объема инвестиций (расчет капитальных вложений). Данный пункт предполагает определение величины необходимого финансового обеспечения для воплощения технического решения. Результаты проведенных расчетов, связанных с определением объема инвестиций, включающих затраты на: проектирование ( $Z_{ПР}$  равно 27635,6 руб.), корректировку управляющей программы ( $K_A$  равно 3626,2 руб.) и величину незавершенного производства ( $HЗП$  равно 26,59 руб.), образовавшуюся в результате внедрения технического мероприятия, представлены на рисунке 21.

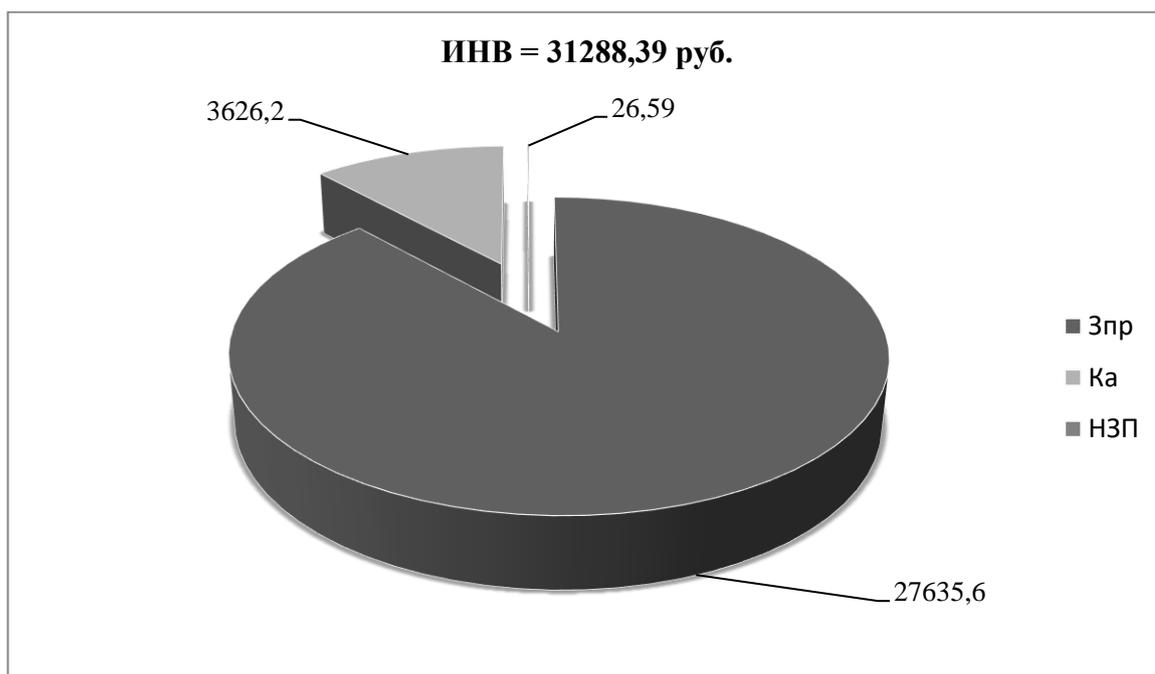


Рисунок 21 – Объем необходимых инвестиций для воплощения технического решения, руб.

Как видно из рисунка 21, наиболее финансово затратным является статья «затраты на проектирование», которая составляет 88,33% от общего объема инвестиций.

5. Расчет показателей экономической эффективности технического решения. Параметры, которые определяются в результате выполнения этого пункта, представлены на рисунке 22.



Рисунок 22 – Экономические показатели, определяемые в пункте 5 алгоритма экономических расчетов

Все эти показатели определяются последовательно друг за другом, то есть каждый последующий показатель использует значения предыдущего. Из всех перечисленных параметров, для того чтобы написать вывод о целесообразности внедрения технического решения, наибольший интерес представляет интегральный экономический эффект, а точнее знак («плюс» или «минус») перед этим значением. Другими словами, чтобы воплощать техническое решение, необходимо получить положительное значение интегрального экономического эффекта.

В разделе, проведя все необходимые расчеты, соответствующие пункту 5 алгоритма, было получено положительное значение интегрального экономического эффекта, величина которого составила 4706,06 рублей. Это значит, что предложенное техническое решение достойно быть внедренным.

## Заключение

В выпускной квалификационной работе для совершенствования технологического процесса изготовления корпуса гидравлического насоса были решены поставленные задачи и получены следующие результаты: рассмотрены особенности технологического процесса изготовления детали и выбраны пути его совершенствования; изучен технологический процесс изготовления детали, применяемое оборудование и приспособления; проанализирован базовый технологический процесс и исследованы пути его совершенствования; выявлено оборудование, применяемое на операциях технологического процесса; проведен анализ оборудования на предмет его соответствия типу производства; проанализированы отечественные и зарубежные научные публикации по теме исследования и сделаны выводы и предложения по усовершенствованию технологического процесса; проведен анализ применяемого оборудования; произведен расчет применяемого режущего инструмента; произведен расчет режимов резания; произведен расчет применяемых приспособлений; выявлены станочные приспособления, применяемые на операциях технологического процесса; проведен анализ приспособлений на предмет их соответствия типу производства; выявлены приспособления, обеспечивающие требуемые характеристики качества обработки и производительности; осуществлен анализ и расчет контрольного приспособления; предложены мероприятия, связанные с достижением необходимых требований по обеспечению безопасности при изготовлении детали и показана экономическая эффективность всего процесса в целом после внесения предлагаемых технических и технологических решений.

## Список используемых источников

1. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов. – М. : Машиностроение, 2005. 736 с.
2. 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.
3. Безъязычный В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебник. – М. : Инновационное машиностроение, 2016. 568 с.
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. Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ / Н.В. Зубкова. – Тольятти : ТГУ, 2015. 46 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. Клепиков В.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / В.В. Бодров, В.Ф. Солдатов. – М. : ИНФРА-М, 2017. 229 с.
13. Клепиков В.В. Технология машиностроения: учебник / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. – М. : ФОРУМ, ИНФРА-М, 2004. 860 с.
14. Кондаков А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : КНОРУС, 2012. 400 с.
15. Косов Н.П. Технологическая оснастка: вопросы и ответы: учебное пособие / Н.П. Косов, А.Н. Исаев, А.Г. Схиртладзе. – М. : Машиностроение, 2005. 304 с.
16. Приходько И.Л. Проектирование заготовок: учебное пособие / И.Л. Приходько, В.Н. Байкалова. – М. : Издательство РГАУ–МСХА, 2016. 171 с.
17. Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2016. 330 с.
18. 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.
19. Суслов А.Г. Технология машиностроения: учебник. – М. : КНОРУС, 2013. 336 с.
20. Сысоев С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб. : Издательство «Лань», 2016. 352 с.
21. Филонов И.П. Инновации в технологии машиностроения: учебное пособие / И.П. Филонов, И.Л. Баршай. – Минск : Вышэйшая школа, 2009. 110 с.













