

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 долбяка зуборезного  
чистового

Студент	<u>Н.В. Кудряшов</u> (И.О. Фамилия)	<u>_____</u> (личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент В.А. Гуляев</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	<u>_____</u>
Консультант	<u>к.э.н., доцент Н.В. Зубкова</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	<u>_____</u>

Тольятти 2021

## Аннотация

В выпускной квалификационной работе предлагается разработка технологического процесса изготовления долбяка зуборезного чистового. Выпускная квалификационная работа состоит из 41 страницы пояснительной записки, которая содержит 21 таблицу, 5 рисунков, приложения и графическая часть, которая содержит 8 листов формата А1.

В бакалаврской работе рассматриваются вопросы, связанные с решением поставленных задач при анализе исходных данных.

- спроектирована заготовка из проката с припусками, рассчитанными аналитическим методом нормальной точности;
- используются высокопроизводительные станки с ЧПУ и полуавтоматы, так как при среднесерийном типе производства это является более продуктивным;
- для токарной обработки спроектирован патрон цанговый;
- для существенного увеличения стойкости и производительности применен инструмент с износостойким покрытием с механическим креплением пластины – резец токарный сборный;
- применена высокопроизводительная оснастка с механизированным приводом;
- для контроля биения применено контрольное приспособление с высокоточными электронными головками;
- предложены мероприятия по обеспечению безопасности и экологичности технического объекта в виде технологического процесса;
- проведен анализ экономической эффективности после внесения предлагаемых изменений в технологическом процессе.

## Содержание

Введение.....	4
1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных.....	6
1.1 Служебное назначение детали.....	6
1.2 Задачи работы.....	9
2 Разработка технологии изготовления.....	10
2.1 Проектирование заготовки и методов обработки.....	10
2.2 Проектирование технологической операции.....	14
3 Разработка специальной технологической оснастки.....	20
3.1 Разработка режущего инструмента.....	20
3.2 Разработка станочного приспособления.....	21
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	26
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	26
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	27
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	27
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	28
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	30
5 Экономическая эффективность работы.....	33
Заключение.....	38
Список используемых источников.....	39
Приложение А. Маршрутная карта.....	41
Приложение Б. Операционные карты.....	46
Приложение В. Спецификация к станочному приспособлению.....	52
Приложение Г. Спецификация к режущему инструменту.....	54

## Введение

В настоящее время технология машиностроения в области обработки металлов идет в двух направлениях. Первое направление – максимальный переход на программируемые станки с ЧПУ и роботизированные системы, которые позволяют получить более высокую производительность за минимальный промежуток времени. Второе направление развития металлообработки – альтернативные методы обработки металлических деталей [14].

Часто процессы обработки требуют использования нескольких инструментов для выполнения желаемых результатов (например, сверла разного размера). Станки с ЧПУ обычно объединяют инструменты в общие единицы или ячейки, из которых станок может их использовать [6]. Базовые станки ведут обработку по одной или двум осям, в то время как современные станки дополнительно могут вести обработку в поперечном направлении по оси  $x$ ,  $y$ , продольно по оси  $z$  и вращательно вокруг одной или нескольких осей. Многоосные станки способны автоматически переворачивать детали, позволяя удалить материал, который был «снизу». Это избавляет рабочих от необходимости переворачивать заготовку и позволяет обрабатывать все стороны без необходимости дополнительного вмешательства.

Станки с ЧПУ стали первым крупным прорывом в области скоростной обработки. До числового управления (в случае технологии перфорированной ленты) и компьютерного числового управления (с аналоговыми и цифровыми вычислениями) детали обрабатывались вручную [3]. Это неизменно приводило к увеличению погрешности в конечных продуктах и даже больше, когда станки использовались вручную для более массового производства.

Многие новые станки с ЧПУ созданы специально для целевых производственных процессов. Например, электрохимическая обработка используется для обработки высокопрочных металлических деталей, которые

иначе невозможно осуществить [18]. Удобные в использовании программные платформы революционизируют обрабатывающую промышленность, предоставляя спецификации с точки зрения допусков, позволяют добавлять новые характеристики по инициативе производителя и потребителя.

Выбор материала имеет основополагающее значение при определении функционального назначения и стоимости заготовки. Инженер-технолог должен определить важные характеристики материала для детали. Решение позволяет рассмотреть широкий спектр материалов, соответствующих техническим требованиям.

Детали со сложной геометрией могут быть получены с использованием процесса обработки на станках с ЧПУ. Если деталь является более сложной, что означает фасонную геометрию или большее количество поверхностей для обработки, она становится более дорогой из-за дополнительной установки или времени обработки заготовки на станке. Использование 5-осевой обработки позволяет производить различные сложные детали более удобным способом [12]. Скоординированное движение при обработке позволяет более эффективно изготавливать несколько сложных деталей одновременно, поскольку достигаются более высокие скорости резания, создаются более эффективные траектории инструмента и возможна более качественная обработка поверхности. Используя 5-осевую технологию вместо традиционной 3-осевой, требуется меньшее количество операций для создания детали со сложной геометрией. При использовании 5-осевого станка, станок и деталь при обработке позволяют режущему инструменту оставаться более мобильным относительно обрабатываемой поверхности. Затраты и сокращение времени цикла уменьшаются, потому что большее количество материала может быть удалено более продуктивно [1].

В настоящей работе используется первое направление развития металлообработки с использованием автоматизированного оборудования.

# 1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных

## 1.1 Служебное назначение детали

По ГОСТ 9323-79 долбяк дисковый зуборезный предназначается для обработки зубьев цилиндрических колес. Деталь является «Долбяком прямозубым чистовым». Геометрические параметры детали представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Геометрия детали

Ширина В, мм	Диаметр вершин зубьев D, мм	Модуль m	Число зубьев Z	Задний угол $\alpha$ , °	Передний угол $\gamma$ , °	Угол профиля $\gamma^b$
11	41,66±0,01	0,5	80	6	5	2°04'

Деталь является инструментом при обработке зубьев шестерни с модулем равным 0,5, числом зубьев – 20 и длиной зуба – 20 мм. При обработке зубьев шестерни применяются режимы резания, которые представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Режимы резания при зубодолблении

Глубина t, мм	Подача на обкатку S, мм/дв. ход	Подача на врезание S, мм/дв. ход	Скорость V, м/мин	Число двойных ходов k, об/мин
1,1	0,15	0,036	35	400

Деталь, эскиз которой представлен на рисунке 1, работает в условиях ударных неравномерных нагрузок и высоких скоростей.

Деталь устанавливается с упором в торец 4 по поверхности 6 на оправке, крепится торцевой гайкой, упирающейся в торец 8.

В качестве материала для детали, исходя из ее служебного назначения выбираем сталь Р6М5 по ГОСТ 19265-73 [16], химический состав и

механические свойства которого представлены в таблицах 3 и 4 соответственно.

Таблица 3 – Химический состав

Элемент	C	S	P	Cr	W	V	Mo
Содержание, %	0,82-0,9	0,025	0,03	3,8-4,2	5,5-6,5	1,7-2,1	4,8-5,3

Таблица 4 – Свойства материала

$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, кДж/м <sup>2</sup>	НВ
510	850	12	14	180	269

В таблице 3 по порядку указаны химические элементы: С – углерод, S – сера, P – фосфор, Cr – хром, W – вольфрам, V – ванадий, Mo – молибден. В таблице 4 по порядку указаны физические параметры материала: временное сопротивление, предел пропорциональности, относительное удлинение при разрыве, относительное сужение, ударная вязкость и твердость.

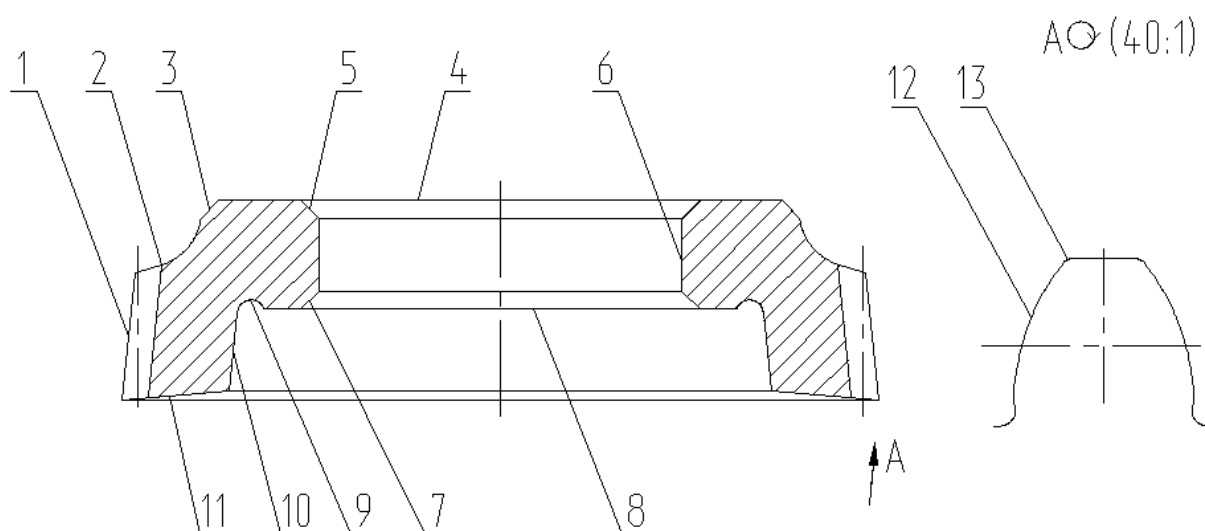


Рисунок 1 – Эскиз детали

В таблицу 5 сведем результаты классификации поверхностей детали, влияющие на ее служебное назначение.

Таблица 5 – Классификация поверхностей

Вид	Номера
Исполнительные (ИП)	1, 11, 12, 13
Основные конструкторские базы (ОЛБ)	4, 6
Вспомогательная конструкторская база (ВКБ)	8
Свободные	остальные

При проведении качественного анализа комплексной технологичности детали установлено, что инструмент, особенно зубообрабатывающий, обычно изготавливают из быстрорежущих сталей, поэтому выбор материала для заготовки обоснован [11]; простая пространственная геометрия детали также не вызывает особых затруднений при выборе метода получения заготовки [16].

Наличие естественных баз и возможность обеспечения совпадения технологических и измерительных баз при базировании и закреплении оправки также определяет технологичность детали.

При изготовлении детали обработку можно проводить на технологичном оборудовании нормальной точности с соблюдением достаточно высоких требований по качеству и шероховатости.

На первой токарной операции базами будут 1 и 4 поверхности. На операции при обработке правого конца детали базы – 6 и 4 поверхности. На токарной операции при обработке левого конца детали базы – 1 и 8 поверхности. Эти же базы остаются на внутришлифовальной предварительной операции. На окончательной внутришлифовальной – 12 и 8.

Правила единства и постоянства выбранных баз выполняются благодаря совпадению на большинстве технологических операциях технологических и измерительных баз.



Сложных для обработки поверхностей у детали нет. Все вышеперечисленное дает возможность сделать вывод о достаточной технологичности конструкции детали.

## **1.2 Задачи работы**

В предлагаемой выпускной работе необходимо решить задачи, поставленные при анализе исходных данных.

- спроектировать заготовку с припусками, рассчитанными аналитическим методом нормальной точности;
- использовать высокопроизводительные станки с ЧПУ и полуавтоматы, так как при среднесерийном типе производства это является более продуктивным;
- для токарной обработки спроектировать патрон цанговый;
- для существенного увеличения стойкости и производительности применить инструмент с износостойким покрытием с механическим креплением пластины – резец токарный сборный;
- применить высокопроизводительную оснастку с механизированным приводом;
- для контроля биения применить контрольное приспособление с высокоточными электронными головками;
- предложить мероприятия по обеспечению безопасности и экологичности технического объекта в виде технологического процесса;
- провести анализ экономической эффективности после внесения предлагаемых изменений в технологическом процессе.

В разделе проведен анализ исходных данных, поставлена цель работы – совершенствование технологического процесса. Для достижения поставленной цели определены необходимые задачи. В последующих разделах работы представлено решение этих задач.



## 2 Разработка технологии изготовления

### 2.1 Проектирование заготовки и методов обработки

Результаты анализа технологичности детали в первом разделе показывают, что заготовка может быть получена только из проката. Необходимо определить наибольший диаметр проката. Для этого назначим припуск на максимальный размер детали 41,66 мм. На черновой операции точения припуск составит 2,4 мм, на чистовой – 0,6 мм, на черновой операции шлифования припуск составит 0,2 мм, на чистовой – 0,1 мм. Тогда можно определить диаметр проката:

$$D = 41,66 + 2,4 + 0,6 + 0,1 = 44,96 \text{ мм.}$$

Согласно ГОСТа 2590-2006 выбираем соответствующий пруток:

$$\text{Круг } \frac{45-B1 \text{ ГОСТ } 2590-2006}{P6M5 \text{ ГОСТ } 19265-73}$$

Назначим припуски на подрезку торцевых поверхностей. На черновой подрезке торца припуск составит 1 мм на сторону, на чистовой – 0,3 мм, на черновой операции шлифования торца припуск составит 0,1 мм на сторону, на чистовой – 0,05 мм. Тогда можно определить общую длину заготовки [2]:

$$L = 11 + (1 + 0,3 + 0,1 + 0,05) \cdot 2 = 13,9 \text{ мм.}$$

Принимаем  $L = 14$  мм.

Объем прокатной заготовки, учитывая допуск  $\varnothing 45,4$  мм, находится по формуле:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{ПП}}^2 \cdot l_{\text{ПП}} \text{ мм}^3 \quad (1)$$

Получим:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot 45,4^2 \cdot 14 = 22652 \text{ мм}^3.$$

Массу заготовки при прокате найдем по формуле:

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

где  $M_{\text{ПР}}$  – масса проката, кг;

$V$  – «объем, мм<sup>3</sup>»;

$\gamma$  – плотность стали, кг/м<sup>3</sup>» [13].

Получим:

$$M_{\text{ПР}} = 22652 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 0,178 \text{ кг.}$$

Значение коэффициента использования материала определим по формуле:

$$K_{\text{ИМ}} = \frac{M_{\text{Д}}}{M_{\text{ПР}}} \quad (3)$$

$$\text{Для проката: } K_{\text{ИМ}} = \frac{0,09}{0,178} = 0,50.$$

Правила единства и постоянства выбранных баз будут выполняться благодаря совпадению на большинстве технологических операциях технологических и измерительных баз [17].

На первой токарной операции базами будут 1 и 4 поверхности.

На операции при обработке правого конца детали базы – 6 и 4 поверхности. На токарной операции при обработке левого конца детали базы – 1 и 8 поверхности.

На внутришлифовальной предварительной операции базы – 1 и 8 поверхности. На окончательной внутришлифовальной базы – 12 и 8 поверхности. На зубофрезерной и зубошлифовальной операциях базы – 6 (отверстие) и 4 (торец).

В графической части на плане обработки указаны более детально все технические условия обработки на каждой технологической операции. Также в плане обработки показаны все технические требования по точности и шероховатости на выбранных в технологическом процессе технологических операциях. Сначала указываются черновые базы для дальнейшей подготовки

чистовых баз. При переходе от одной операции к следующей постоянно улучшаются параметры точности и шероховатости, тем самым происходит снижение погрешности обработки на последующих операциях [10]. В таблице 6 показана последовательность обработки.

Таблица 6 – Последовательность обработки

Поверхности	Маршрут	Ra	IT
2, 3	т-тч-то	2,5	12
10, 9, 5, 7	р-рч-то	2,5	12
6	р-рч-ш-то-шч-шт	0,32	4
4	т-тч-ш-то-шч-шт	0,32	5
8	т-тч-то-шч	0,63	6
11, 1	т-тч-то-ш-шч	0,32	6
12	зф-то-зш-зшч	0,32	5
2, 3	т-тч-то	2,5	12

В таблице 6 обозначены виды обработки с помощью сокращений: черновое точение (т), чистовое точение (тч), термическая обработка (то), растачивание черновое (р), черновое шлифование (ш), чистовое шлифование (шч), сверление (с), чистовое растачивание (рч), зубофрезерование (зф), черновое зубошлифование (зш), чистовое зубошлифование (зшч).

В таблице 7 указан маршрут обработки по технологическим операциям. Необходимые технические и технологические требования указаны в Приложении А. Маршрутная карта и Приложении Б. Операционные карты.

Таблица 7 – Маршрут обработки

Операция	База	Обрабатываемые поверхности	Ra	IT
005	1	4, 11	20	14
010	1, 4	11, 10, 8 6	5 5	13 12
015	6, 8	4, 2, 1	5	13
020	1, 8	2-6	2,5	10

Продолжение таблицы 7

Операция	База	Обрабатываемые поверхности	Ra	IT
025	4, 6	1, 7-11	2,5	10
030	1, 8	4, 6	1,25	8
035	4, 6	12	2,5	8
060	12, 8	4 6	0,63 0,63	6 7
065	4, 6	8, 11	0,63	6
070	4, 6	12	0,63	6
075	4, 6	11	0,63	7
080	4, 6	1	0,63	8
085	-	-	-	-
090	-	-	-	-
095	12, 8	4 6	0,32 0,32	5 6
100	4, 6	12	0,32	5
105	4, 6	11	0,32	7
110	4, 6	1	0,32	6
115	4, 6	13	0,32	8

На основании указанного маршрута обработки разрабатывается план обработки, где для каждой операции изображается эскиз детали в том пространственном положении, в котором происходит механическая обработка [7], а также указываются для операционных размеров технологические допуски. В таблице 8 указано технологическое оснащение для реализации плана обработки.

Таблица 8 – Выбор СТО

Операция	Оборудование	Приспособление	Инструмент	Мерительный инструмент
005	СИ-30	Приспособление ГОСТ 12195-66	Круг ГОСТ Р 52781-2007	ШЦ2-250-0,1 ГОСТ 166-80

## Продолжение таблицы 8

Операция	Оборудование	Приспособление	Инструмент	Мерительный инструмент
010	SAMAT 135NC	Патрон ГОСТ 2675-80 [13]	Резец токарный проходной	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73
015			Резец токарный проходной	
020		Патрон цанговый ГОСТ 17200-71	Резец токарный расточной	Шаблон ГОСТ 2534-79 Калибр-пробка
025				
030	п/а 3К227В	Патрон цанговый ГОСТ 17200-71	Круг ГОСТ Р 52781-2007	Шаблон ГОСТ 2534-79 Калибр-пробка ГОСТ14827-69
035	КСМ-03Ф3	Приспособление специальное самоцентрирующее с пневмоприводом	Фреза червячная модульная Р18К5Ф2	Шаблон ГОСТ 2534-73 Приспособление мерительное с индикатором
060	п/а 3К227В	Патрон мембранный ОСТ 3-3443-76	Круг ГОСТ Р 52781-2007	Шаблон ГОСТ 2534-79 Калибр-пробка ГОСТ14827-69 Приспособление мерительное с индикатором
065	п/а 3К227В	Патрон цанговый ГОСТ 17200-71		
070	п/а 5893			
075	п/а МИ-05			
080	п/а SHU-321.22			
095	п/а 3К227А			
100	п/а 5893	Патрон мембранный ОСТ 3-3443-76		
105	п/а МИ-05			
110	п/а SHU-321.22			
115	п/а В3-44			Шаблон ГОСТ 2534-73

В таблице 8 для каждой технологической операции, согласно плана обработки, указан выбор СТО: необходимое оборудование, приспособления, инструмент и средства контроля.

### 2.2 Проектирование технологической операции

Проведем расчет режимов резания для 025 токарной операции аналитическим методом. Исходные данные указаны в таблице 9. Здесь представлены параметры заготовки, выбранные средства технологического оснащения (оборудование, приспособление, инструмент) и обрабатываемые поверхности для двух переходов с указанием соответствующих размеров и припусков на обработку.

Таблица 9 – Исходные данные для 025 операции

Исходные данные							
Деталь	Материал		Заготовка		Приспособление		
долбяк	сталь Р6М5		прокат		патрон цанговый		
Оборудование							
Модель	Мощность, кВт		Число скоростей шпинделя		Частота вращения шпинделя, об/мин		
SAMAT 135NC	10		22		12,5-2000		
Переход	Резец токарный проходной сборный с механическим креплением твердосплавных пластин						
	Пластина	$\varphi$	$\lambda$	$\alpha$	h	b	L
1	T15K6	93°	-2°	11°	25	25	125
2		105°	0°		10	10	100
Переход	Обработка поверхностей с указанием размеров						
1 (точение)	Ø42 <sub>-0,1</sub>		11,54±0,042		6°±15'		5°±15'
2 (расточка)	Ø22 <sup>+0,084</sup>	Ø26 <sup>+0,084</sup>	Ø30 <sup>+0,084</sup>	R2	7,75±0,042	6,37±0,042	45°±20'    6°±15'

Скорость резания  $V$ , м/мин будем определять по формуле:

$$V = \frac{C_U}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_U, \quad (4)$$

«где  $C_U$  равен 420;

$T$  – период стойкости равен 60 мин;

$m$  равно 0,2,  $x$  равно 0,15,  $y$  равно 0,20 (показатели степени);

$K_U$  – поправочный коэффициент примем равным 0,77» [13].

Тогда скорость при точении  $V_T$  на первом переходе:

$$V_T = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,3^{0,15} \cdot 0,15^{0,2}} \cdot 0,88 = 285,3 \text{ м/мин.}$$

А скорость при расточке  $V_P$  на втором переходе:

$$V_P = V_T \cdot 0,9 = 256,7 \text{ м/мин.}$$

Частоту вращения шпинделя будем определять по формуле [19]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (5)$$



При точении  $\varnothing 42$  на первом переходе получим:

$$n_T = \frac{1000 \cdot 285,3}{3,14 \cdot 42} = 2163 \text{ мин}^{-1}.$$

При расточке  $\varnothing 30$  на втором переходе получим:

$$n_P = \frac{1000 \cdot 256,7}{3,14 \cdot 30} = 2725 \text{ мин}^{-1}.$$

При корректировке режимов резания согласно технического паспорта станка, его фактическая частота вращения составляет:

$$n_T = 2000 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_P = 2000 \text{ мин}^{-1}.$$

Фактическую скорость заново рассчитаем по формуле [21]:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \quad (6)$$

где  $D$  – диаметр обрабатываемой поверхности.

Фактическая скорость при точении  $V_T$  на первом переходе:

$$V_T = \frac{3,14 \cdot 42 \cdot 2000}{1000} = 263,8 \text{ м/мин.}$$

Фактическая скорость при расточке  $V_P$  на втором переходе:

$$V_P = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 2000}{1000} = 188,4 \text{ м/мин.}$$

Главную составляющую силы резания определим:

$$P_Z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P, \quad (7)$$

«где  $C_P$  – поправочный коэффициент равен 300;

$x, y, n$  – показатели степени равны соответственно 1,0, 0,75, 0,15;

$K_P$  – коэффициент коррекции» [13].

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}, \quad (8)$$

«где  $K_{MP}, K_{\phi P}, K_{\gamma P}, K_{\lambda P}$  и  $K_{rP}$  равны 1,10, 0,89, 1,0, 1,0 и 1,0» [16].

Получим

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,15^{0,75} \cdot 263,8^{-0,15} \cdot 1,10 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = \\ = 92 \text{ Н.}$$

Мощность определим по формуле:

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{919 \cdot 153,8}{1020 \cdot 60} = 2,3 \quad (9)$$

Тогда мощность будет:

$$N = \frac{92 \cdot 263,8}{1020 \cdot 60} = 0,4 \text{ кВт.}$$

Станок SAMAT 135 NC имеет номинальную мощность 7,5 кВт, что намного больше требуемой (0,4 кВт). Делаем вывод, что обработка на 025 токарной операции с использованием предлагаемых СТО технологически оправдана [8].

На основании выбранного маршрута обработки разработан план обработки, где для каждой операции изображается эскиз детали в том пространственном положении, в котором происходит механическая обработка, а также указываются для операционных размеров технологические допуски, например, для операции 025.

В разделе проведен расчет режимов резания для 025 токарной операции аналитическим методом. Исходные данные указаны в таблице 9. В таблице были представлены параметры заготовки, выбранные средства технологического оснащения (оборудование, приспособление, инструмент) и обрабатываемые поверхности для двух рассматриваемых переходов с указанием соответствующих размеров и припусков на обработку.

Режимы резания для остальных технологических операций будем определять табличным методом [13] и результаты отметим в таблице 10.

Таблица 10 – Режимы резания

Операция	Переход	Глубина резания $t$ , мм	Табличная подача, скорректированная по паспорту станка $S$ , мм/об	Табличная скорость резания с учетом поправочных коэффициентов $V_T$ , м/мин	Частота вращения шпинделя, соответствующая табличной скорости $n_T$ , об/мин	Принятая частота вращения шпинделя $n_{пр}$ об/мин	Действительная скорость Резания $V_{пр}$ м/мин
015	Точить $\varnothing 42,6$	2,0	0,3	120	897	800	107,0
020	Точить $\varnothing 33$ Расточить $\varnothing 19,5$	0,3 0,25	0,15 0,15	285,3 265	2753 4327	2000 2000	207,2 122,5
030	Шлифовать $\varnothing 19,74$	0,12	5000** 0,008*	35	564	564	35
	Шлифовать $\varnothing 31$	0,12	5000** 0,008*	35	360	360	35
035	Фрезеровать $\varnothing 63$	1,0	2,0	80	404	400	79,1
060	Шлифовать $\varnothing 19,9$	0,08	4500** 0,005*	35	560	560	35
	Шлифовать $\varnothing 31$	0,08	4500** 0,005*	35	360	360	35
065	Шлифовать $\varnothing 24$	0,12	4500** 0,005*	35	696	696	35
	Шлифовать $\varnothing 42$	0,12	4500** 0,005*	35	265	265	35
070	Шлифовать зубья	0,08	0,04* <sup>3</sup> 1,5* <sup>4</sup> 10* <sup>5</sup>	35 м/с	-	-	35 м/с
075	Заточить $\varnothing 42$	0,12	4000** 0,006*	35	265	265	35
080	Шлифовать $\varnothing 41,76$	0,12	0,006* 5	35	265	265	35
095	Шлифовать $\varnothing 20$	0,05	3500** 0,002*	35	560	560	35
	Шлифовать $\varnothing 31$	0,05	3500** 0,002*	35	360	360	35
100	Шлифовать зубья	0,04	0,025* <sup>3</sup> 1,5* <sup>4</sup> 8* <sup>5</sup>	35 м/с	-	-	35 м/с
105	Заточить $\varnothing 42$	0,05	3500** 0,003*	35	265	265	35
110	Шлифовать $\varnothing 41,66$	0,05	0,003* 4	35	267	267	35
115	Заточить R0.1	0,1	0,010* 8* <sup>5</sup>	15 м/с	-	-	15 м/с

Примечание: в таблице 10 подача с символом \* – при врезании измеряется в мм/ход стола, \*\* – в мм/мин, \*<sup>3</sup> – радиальная в мм/двойной ход стола, \*<sup>4</sup> – обката в мм/двойной ход стола, \*<sup>5</sup> – продольная в м/мин.

В таблице 11 приведены нормы времени на операции.

Таблица 11 – Нормы времени в минутах

Операция	$T_0$	$T_B$	$T_{OP}$	$T_{ШТ-К}$	$T_{П-З}$	$T_{ШТ}$	$n$	$T_{OB,O-T}$
010	0,256	0,277	0,533	0,032	25	0,565	472	0,516
015	0,179	0,292	0,471	0,028	17	0,499	472	0,535
020	0,073	0,333	0,406	0,024	21	0,430	472	0,474
025	0,100	0,407	0,507	0,030	21	0,537	472	0,581
030	0,120	0,336	0,456	0,046	18	0,502	472	0,540
055	2,400	0,322	2,722	0,163	26	2,885	472	2,940
060	0,171	0,336	0,507	0,054	18	0,561	472	0,599
065	0,115	0,336	0,451	0,045	15	0,496	472	0,528
070	7,933	0,373	8,306	1,353	26	9,659	472	9,714
075	0,110	0,303	0,413	0,042	15	0,455	472	0,487
080	0,182	0,303	0,485	0,054	15	0,539	472	0,571
095	0,285	0,336	0,621	0,073	18	0,694	472	0,732
100	10,244	0,373	10,617	1,739	26	12,356	472	12,411
105	0,114	0,303	0,417	0,043	15	0,460	472	0,492
110	0,206	0,303	0,509	0,058	15	0,567	472	0,599
115	2,400	0,270	2,670	0,416	15	3,086	472	3,118

Для рассматриваемой операции 025 токарной чистовой имеем следующее время: 0,100 – машинное  $T_0$ ; 0,407 – на управление станком  $T_B$ ; 0,507 – операционное  $T_{OP}$ ; 0,030 – на выполнение технологической операции  $T_{ШТ-К}$ ; 21 – на ознакомление с чертежом  $T_{П-З}$ ; 0,537 – штучное  $T_{ШТ}$ ; 0,581 – на удаление стружки и замену инструмента  $T_{OB,O-T}$ .

В результате расчетов в разделе осуществлен выбор метода получения заготовки, последовательности обработки, маршрута обработки, средств технического оснащения. Произведен расчет припусков и допусков, произведен расчет режимов резания и норм времени на технологические операции, составляющие разрабатываемый технологический процесс.

### 3 Разработка специальной технологической оснастки

#### 3.1 Разработка 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 [21].

Примем основные параметры для резца и пластины, которые указаны в таблицах 12 и 13.

Таблица 12 – Параметры резца

Материал	HRC	$\varphi$ , °	h, мм	b, мм	h <sub>1</sub> , мм	L, мм
40X	40...45	93	25	25	25	115

В таблице 12 указаны: твердость (HRC), главный угол в плане ( $\varphi$ ), рабочая высота (h), ширина державки (b), высота державки (h<sub>1</sub>), длина (L).

Таблица 13 – Параметры пластины

Твердый сплав	Передний угол $\gamma$ , °	Задний угол $\alpha$ , °
T15K6	10	5

Предлагаемая конструкция резца представлена в графической части. Положение резца регулируется с помощью винтов 7 и 8, которые завинчены в резьбовые отверстия державки 1, где располагается пластина 2. Пластина 2 закреплена на державке 1 с помощью винта 4, гайки 6 и сферической шайбы 3. На скос винта 4 давит ролик 5, который установлен в отверстии державки 1. К основанию и боковой стороне державки 1 режущую пластину 2 винт 4

поджимает головкой при отходе назад, за счет скольжения по ролику 5 при закручивании гайки 6.

Расчет показал [9], 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  $2604 \text{ мм}^3$ , величина напряжения изгиба в державке составляет 1,1 МПа и величина допустимого напряжения на изгиб 1,1 МПа.

### **3.2 Разработка станочного приспособления**

Основной рабочий элемент цангового патрона – это втулка с несколькими осевыми прорезями, разделяющими втулку на лепестки. Количество прорезей – три, четыре или шесть (в зависимости от диаметра заготовки). Лепестки выполняют функции кулачков для обжима детали, вставляемой внутрь втулки. Цанги подразделяются на подающие и зажимные. При вдавливания цанги конической частью внутрь патрона прорези сужаются и возрастает сцепление. Патроны данного типа используются, как правило, для зажатия перед обработкой коротких прутков, цилиндров, втулок [20]. Они также применяются для надежной фиксации инструментария – фрез, сверл, наконечников гайковертов и метчиков. Подающая цанга – закаленная стальная втулка, имеющая три неполных разреза, формирующих лепестки с поджатыми друг к другу концами. Цанговые патроны часто используются при вторичном зажиме заготовки с обработанной поверхностью. Несоответствие профиля обрабатываемой детали форме цангового отверстия устраняется применением сменных вкладышей.

Для 025 операции проведем расчет при выбранных параметрах обработки цангового патрона, а также его конструкционные особенности. Патрон предназначен для реализации схемы базирования и закрепления

заготовки при обработке [13]. Ранее при проектировании 025 операции получено значение главной составляющей силы резания 92 Н.

Необходимо рассчитать усилие зажима заготовки в проектируемом приспособлении, учитывая систему сил, схема которых представлена на рисунке 2. Сила зажима препятствует силе резания, обеспечивая равенство моментов этих сил [15].

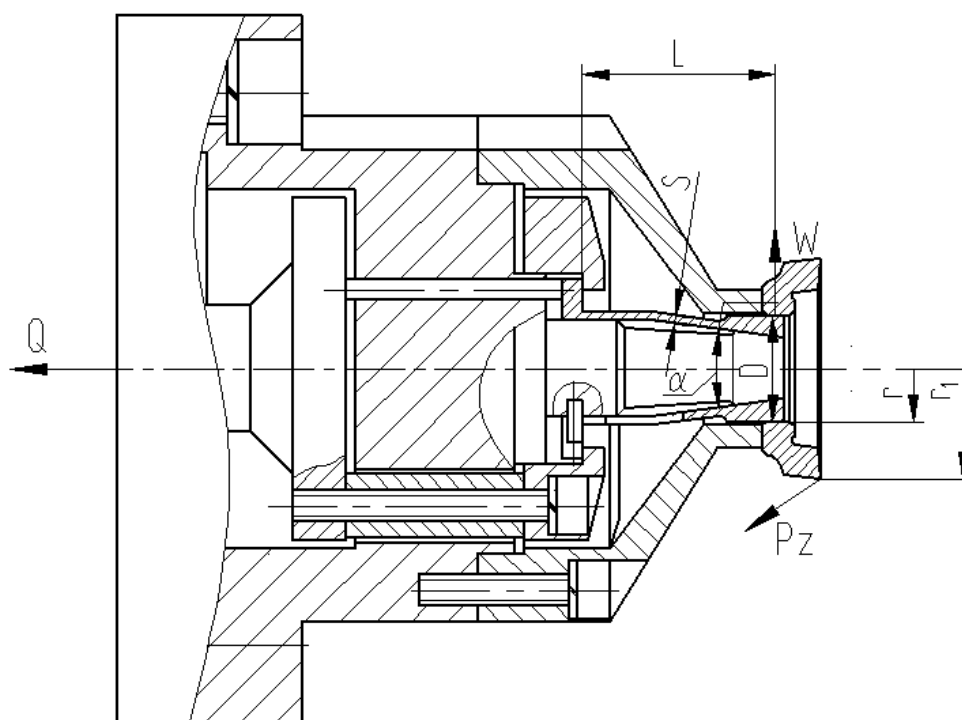


Рисунок 2 – Эскиз приспособления

Проведем расчет силы зажима заготовки.

$$W_z = \frac{K \cdot P_z \cdot r_2}{f \cdot r_1}, \quad (10)$$

где  $K$  – запас;

$P_z$  – составляющая силы резания;

$r_1$  – радиус поверхности контакта равен 19,5 мм;

$r_2$  – радиус обрабатываемой поверхности равен 42 мм;

$f$  – параметр подвижности для кулачков с кольцевыми канавками, который равен 0,16 [7].

Коэффициент запаса  $K$  определим согласно [13] равным 2,16. Тогда сила зажима:

$$W_z = \frac{2,5 \cdot 92 \cdot 42}{0,16 \cdot 19,5} = 3096 \text{ Н.}$$

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

$$Q = K \cdot (W_z + W_1) \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2} + \phi\right), \quad (11)$$

где  $K = 1,05$ ;  $\alpha$  – «угол конуса цанги;

$\phi$  – угол трения между цангой и втулкой;

$W_1$  – сила зажима лепестков цанги» [13].

Для расчета силы зажима трех лепестков цанги используем выражение:

$$W_1 = 6 \cdot 10^3 \cdot \frac{\Delta \cdot s \cdot D^3}{L^3}, \quad (12)$$

где  $\Delta$  – зазор между цангой и заготовкой;

$s$  – толщина лепестка цанги;

$D$  – диаметр лепестка цанги;

$L$  – длина лепестка цанги.

Соответственно получим:

$$W_1 = 6 \cdot 10^3 \cdot \frac{0,1 \cdot 2 \cdot 19,5^3}{36^3} = 191 \text{ Н.}$$

Тогда получим:

$$Q = 1,05 \cdot (3096 + 191) \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{15^\circ}{2} + 5^\circ 50'\right) = 818 \text{ Н.}$$

Для обеспечения усилия в 818 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.

Определим диаметр штока привода, который будет обеспечивать исходную силу:

$$D = 1,15 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}}, \quad (13)$$

где  $p$  – необходимое давление;

$\eta$  – КПД привода равное 0,9 [15].

Тогда получим:

$$D = 1,15 \cdot \sqrt{\frac{818}{0,4 \cdot 0,9}} = 55,7 \text{ мм.}$$

Согласно ГОСТ 15608-81 примем ближайшее стандартное к расчетному значению для диаметра штока 80 мм.

Ход штока поршня определим по формуле:

$$s_{ш} = S_{Ц} \cdot i_n, \quad (14)$$

где  $S_{Ц}$  – ход лепестков цанги;

$i_n$  – передаточное число по перемещению.

$$S_{Ц} = T + \Delta_{ГАР} + \Delta S_p, \quad (15)$$

где  $T$  – допуск на размер  $\varnothing 19,5$  равен 0,084 мм;

$\Delta_{ГАР}$  – гарантированный зазор равен 0,1 мм;

$\Delta S_p$  – запас хода цанги равен 0,08 мм.

Тогда получим:

$$S_{Ц} = 0,084 + 0,1 + 0,08 = 0,26 \text{ мм;}$$

$$i_n = \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} = \operatorname{ctg} 7,5^\circ = 7,6;$$

$$s_{ш} = 0,26 \cdot 7,6 = 1,976 \text{ мм.}$$

Принимаем ход лепестков цанги 2 мм. Для упрощения дальнейших расчетов в настоящей работе погрешностью базирования можно пренебречь.

В графической части работы представлен чертеж станочного приспособления. Здесь на торце шпинделя станка с помощью винтов 19 крепится патрон цанговый. С помощью винтов 16 и шайб 27 крепится опора 3 на корпусе 1 патрона. Цанга 4 с помощью кольца 5 и штифта 31 устанавливается в корпусе 1 по конусу. Через втулки 6 винтами 17 с шайбами 27 к штоку 2 крепится кольцо 5. Плунжеры 7 устанавливаются в отверстия корпуса 1. Плунжеры 7 с одной стороны упираются в опору 3, с другой – в опору в шток 2. Шток пневматического цилиндра 11 присоединен с помощью муфты 8 к штоку 2.

Сама конструкция пневматического привода состоит из корпуса 14, установленного с помощью подшипников 26 хвостовика 10, пневматического цилиндра 9, закрепленного с помощью винтов 18. На штоке 11 с помощью гайки 20 и стопорной шайбы 30 закрепляется поршень 12. Кольца 25 установлены для предотвращения ударов поршня о стенки цилиндра. Для крепления шлангов в корпусе 14 предусмотрены отверстия с конической резьбой. В хвостовике 10 пневматического цилиндра имеются каналы для подачи сжатого воздуха, отверстия которых закрываются винтами 15.

Поршень 12 под воздействием сжатого воздуха, подаваемого в штоковую полость цилиндра, тянет шток 2 и муфту 8 вместе с цангой 4. Лепестки цанги начинают скользить по конусной поверхности корпуса 1, расходясь в радиальном направлении, тем самым закрепляя заготовку и одновременно центрируя ее. Поршень 12 под воздействием сжатого воздуха, подаваемого в поршневую полость цилиндра, тянет шток 2 и муфту 8 вместе с цангой 4 в обратном направлении. Лепестки цанги начинают скользить по конусной поверхности корпуса 1, сходясь в радиальном направлении под воздействием плунжера 7, тем самым освобождая заготовку от зажима.

В разделе в результате расчетов получена требуемая технологическая документация, представленная в Приложении Г. Спецификация к режущему

инструменту и Приложении В. Спецификация к станочному приспособлению.

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

В качестве технического объекта рассматривается в разделе техпроцесс изготовления долбяка зуборезного чистового.

### 4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта

Технический объект характеризуется параметрами, которые приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Технологический паспорт технического объекта

«Технологический процесс»	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества» [4]
Техпроцесс изготовления долбяка	Абразивно-отрезная	Шлифовщик	СИ-30, круг ГОСТ Р 52781-2007	Сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73, ветошь, СОЖ
	Торцевнутришлифовальная		3К227В, круг ГОСТ Р 52781-2007,	
	Токарная	Токарь	SAMAT 135NC с ЧПУ, резец проходной	
	Зубофрезерная	Фрезеровщик	КСМ-03F3 с ЧПУ, червячная фреза ГОСТ 9324-80	

В качестве исходных данных примем те технологические операции, которые в технологическом процессе при обработке занимают наибольшее операционное время и поэтому для анализа и предложения мероприятий по обеспечению безопасности в этом случае будем рассматривать четыре операции: абразивно-отрезная, торцевнутришлифовальная, токарная и зубофрезерная. За основу выявления слабых мест с точки зрения

безопасности выберем параметры рассматриваемого объекта «технологический процесс изготовления пробойника», представленные в таблице 14.

## 4.2 Идентификация профессиональных рисков

Анализ, выбор и идентификация профессиональных рисков, связанных с изготовлением долбяка, показан в таблице 15.

Таблица 15 – Идентификация профессиональных рисков

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция»	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [4]
Отрезание, отрезка, токарная, обточка, фрезерование, фрезеровка, торцевнутришлифовальная, шлифовка.	<p>«Факторы физического воздействия:                      Неподвижные части колющие, режущие, обдирающие части твердых объектов                      Движущиеся твердые объекты                      ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры объектов                      ОВПФ, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания                      ОВПФ, связанные с механическими колебаниями твердых тел                      ОВПФ, связанные с акустическими колебаниями твердых тел                      ОВПФ, связанные с электрическим током                      ОВПФ, связанные с электромагнитными полями                      Факторы химического воздействия:                      токсического, раздражающего (через органы дыхания)                      Факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия:                      Статическая нагрузка                      Перенапряжение анализаторов» [4]</p>	Оборудование, обрабатываемая заготовка, СОЖ, приспособление, инструмент

В таблице осуществлена идентификация, осуществлен выбор и анализ профессиональных рисков.

## 4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

В таблице 16 указаны методы и средства, необходимые при защите от

вредных и опасных производственных факторов.

Таблица 16 – Организационно-технические методы и технические средства (технические устройства) устранения (снижения) негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

«Опасный и/или вредный производственный фактор»	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работающего» [4]
«Неподвижные части колющие, режущие, обдирающие части твердых объектов Движущиеся твердые объекты ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры объектов	Защитный кожух на станке, ограждения Инструктажи по охране труда	Костюм для защиты от загрязнений, перчатки с полимерным покрытием, ботинки кожаные, очки защитные
Факторы химического воздействия: токсического, раздражающего (через органы дыхания)	Организация вентиляции Инструктажи по охране труда	-
ОВПФ, связанные с механическими колебаниями твердых тел	Виброгасящие опоры снизить время контакта с поверхностью подверженной вибрации Инструктажи по охране труда	Резиновые виброгасящие покрытия
ОВПФ, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания	Организация вентиляции Инструктажи по охране труда	-
ОВПФ, связанные с акустическими колебаниями твердых тел	Использование звукопоглощающих Материалов Инструктажи по охране труда	Применение противозумных вкладышей
ОВПФ, связанные с электрическим током ОВПФ, связанные с электромагнитными полями	Заземление станка изоляция токоведущих частей применение предохранителей Инструктажи по охране труда Соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов	Резиновые напольные покрытия, перчатки с полимерным покрытием
Статическая нагрузка Перенапряжение анализаторов	Организация освещения Инструктажи по охране труда» [4]	-

В таблице указаны методы и средства для устранения или снижения опасных и вредных факторов.

#### 4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В таблицах 17 – 19 указаны опасные факторы возможного пожара, его класс, а также рассмотрены возможные источники возникновения пожара и средства, необходимые для его устранения.

Таблица 17 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

«Участок, подразделение»	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие проявления факторов пожара» [4]
Производственный участок	СИ-30 3K227B SAMAT 135NC КСМ-03F3	Класс В, Е	«Пламя и искры; неисправность электропроводки; возгорание промасленной ветоши	Части оборудования, изделий и иного имущества; Вынос напряжения на токопроводящие части станка; воздействие огнетушащих веществ» [4]

Таблица 18 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

«Первичные средства пожаротушения»	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизованный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение» [4]
«Ящик с песком, пожарный гидрант, огнетушители»	Пожарные автомобили	Пенная система тушения	Извещатели пожарные; приборы приемно-контрольные пожарные; приборы управления пожарные; технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные	Напорные пожарные рукава	Веревки, пожарные карабины, пожарные противогазы, респираторы	Лопаты, багры, ломы и топоры ЦП-Б	Автоматические извещатели» [4]



Таблица 19 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

«Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты» [4]
Изготовление долбяка. Станки механической обработки.	«Применение смазочно-охлаждающих жидкостей с использованием негорючих веществ Хранение промасленной ветоши в негораемых ящиках; Общее руководство и контроль за состоянием пожарной безопасности на предприятии.	Наличие пожарной сигнализации, Наличие автоматической системы пожаротушения, первичные средств пожаротушения, проведение инструктажей» [4]

В подразделе в таблицах указаны опасные факторы возможного пожара, его класс, а также рассмотрены возможные источники возникновения пожара и средства, необходимые для его устранения.

#### 4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Для анализа и предложения мероприятий по обеспечению безопасности анализировались четыре технологические операции: абразивно-отрезная, торцевнутришлифовальная, токарная и зубофрезерная. Техническим объектом исследования рассматривался в данном разделе техпроцесс изготовления долбяка зуборезного чистового.

Рассмотрим применяемое оборудование, используемые инструменты, приспособления и материалы в ходе проведения технологического процесса изготовления долбяка на предмет их негативного воздействия на окружающую среду. Для обеспечения экологической безопасности технического объекта определим опасные факторы и определим необходимые мероприятия для их снижения, которые отметим в таблицах 20 и 21.

Таблица 20 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

«Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса»	Структурные составляющие объекта производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т.п.	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образование сточных вод, забор воды из источников водоснабжения)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра), образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)» [4]
Технологический процесс изготовления долбяка	СИ-30 3K227B SAMAT 135NC КСМ-03F3	«Стружка Токсические испарения Масляный туман	Взвешенные вещества и нефтепродукты отработанные жидкие среды	Отходы стружки Промасленная ветошь Растворы жидкостей» [4]

В подразделе показаны экологически опасные факторы исследуемого технического объекта.

Таблица 21 – Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду

«Наименование технического объекта» [4]	Технологический процесс изготовления долбяка
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу»	Фильтрационные системы для системы вентиляции участка.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу»	Локальная многоступенчатая очистка сточных вод.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу» [4]	Разделение, сортировка, утилизация на полигонах отходов.

Для обеспечения экологической безопасности технического объекта

определены опасные факторы и мероприятия для их снижения.

В итоге предложенных мероприятий в разделе были получены необходимые и достаточные результаты, чтобы обеспечить безопасность и экологичность технического объекта исследования – техпроцесса изготовления долбяка зуборезного чистового. Для анализа и предложения мероприятий по обеспечению безопасности анализировались четыре технологические операции (таблица 14): абразивно-отрезная, торцевнутришлифовальная, токарная и зубофрезерная. В таблице осуществлен анализ, выбор и идентификация профессиональных рисков, источниками которых являются оборудование, приспособление, инструмент и материал, необходимые при изготовлении долбяка. Далее в таблице 16 указаны методы и средства, необходимые при защите от вредных и опасных производственных факторов. В таблицах 17-19 указаны опасные факторы возможного пожара, его класс, а также рассмотрены возможные источники возникновения пожара и средства, необходимые для его устранения. Для обеспечения экологической безопасности технического объекта определены опасные факторы и мероприятия для их снижения (таблицы 20 и 21).

## 5 Экономическая эффективность работы

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

Для выполнения поставленной цели данного раздела, необходимо подвести итог проделанной работе по данной теме. При написании бакалаврской работы было предложено совершенствовать операцию 025 Токарную чистовую, описание которой раскрыто в предыдущих разделах работы. Далее предстоит рассчитать эффективность с точки зрения экономической целесообразности применения данных изменений.

Все необходимые технические параметры, такие как: машинное и штучное время, модель оборудования, наименование инструмента и оснастки, которые применяются на операции 025, были взяты из предыдущих разделов бакалаврской работы.

Для сбора информации по остальным параметрам, необходимым для расчета: мощность и занимаемая площадь оборудования, цены оснастки и инструмента, часовые тарифные ставки, тарифы по энергоносителям и многое другое, использовались разные источники:

- паспорт станка;
- учебно-методическое пособие по выполнению экономического раздела выпускной квалификационной работы для студентов, обучающихся по специальности 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»;
- данные предприятия по тарифам на энергоносители;
- сайты с ценами на оборудование, оснастку и инструмент, и другие источники.

Кроме перечисленных источников для расчета применялось программное обеспечение Microsoft Excel, с помощью которого были произведены такие расчеты как:

- «капитальные вложения по сравниваемым вариантам;
- технологическая себестоимость изменяющихся по вариантам операций;
- калькуляция себестоимости обработки детали по вариантам технологического процесса;
- приведенные затраты и выбор оптимального варианта;
- показатели экономической эффективности проектируемого варианта техники (технологии)» [5, с. 15-23].

Далее представлены основные результаты проведенных расчетов. На рисунке 3, показаны значения, вошедшие в капитальные вложения, сумма которых составит 58966,61 рублей.

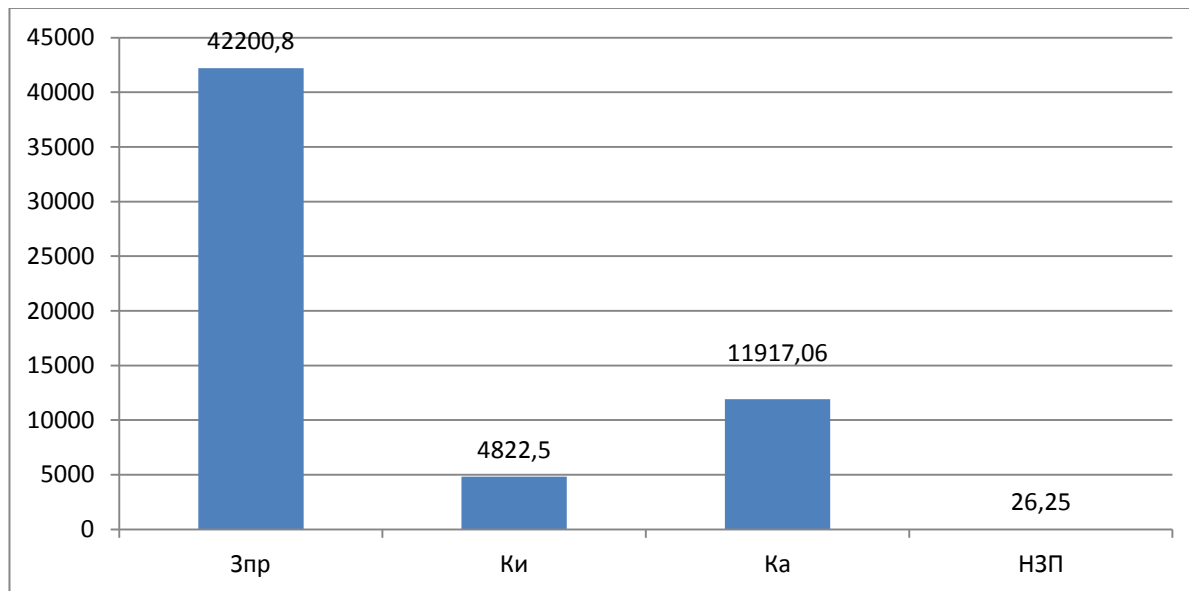


Рисунок 3 – Величина затрат, входящих в капитальные вложения, предложенного проекта, руб.

Анализируя, представленные на рисунке 3, данные, можно сделать вывод о том, что самыми капиталоемкими затратами являются затраты на

проектирование ( $Z_{ПР}$ ), с долей 71,57 % от всей величины капитальных вложений и прямые капитальные вложения в перепрограммирование оборудования под изменившиеся условия работы оборудования ( $K_A$ ), величина которых составила 20,21 %. Самым незначительным является объем незавершенного производства ( $НЗП$ ), доля которого составила всего 0,04 %. К среднему показателю по влиянию на капитальные вложения можно отнести затраты на инструмент с долей 8,18 % от общей суммы капитальных вложений.

На рисунке 4 представлены показатели, из которых складывается технологическая себестоимость детали «Долбьяк зуборезный чистовой», по двум сравниваемым вариантам технологического процесса. В состав технологической себестоимости не включена величина основных материалов за вычетом отходов, это связано с тем, что в процессе совершенствования технологического процесса, способ получения заготовки не менялся, поэтому расходы на материал остаются без изменения.

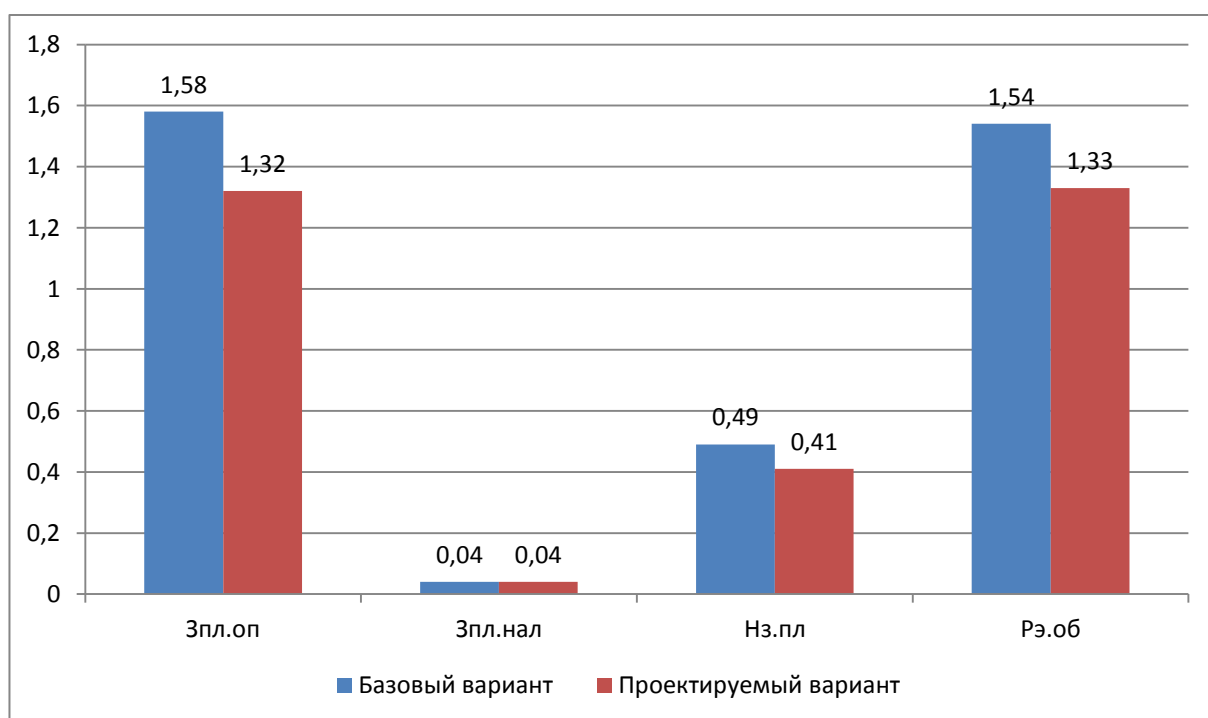


Рисунок 4 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали «Долбьяк зуборезный чистовой», по вариантам, руб.

Анализируя диаграмму на рисунке 4, видно, что максимально одинаковое влияние на технологическую себестоимость оказывают такие показатели, как:

– заработная плата рабочего оператора ( $Z_{ПЛ.ОП}$ ), занятого на выполнение 025 токарной операции, доля которой в базовом варианте составляет 43,3 %, а в проектируемом – 42,68 %;

– расходы на содержание и эксплуатацию оборудования ( $P_{Э.ОБ}$ ), в базовом варианте доля этого показателя составила 51,87 %, а проектируемом варианте – 52,44 %.

На третьем месте по влиянию на величину технологической себестоимости находится начисления на заработную плату ( $НЗП$ ), доля которых составляет: в базовом варианте 13,43 %, а в проектируемом – 13,23 %.

Самое незначительное влияние оказывает заработная плата наладчика ( $Z_{ПЛ.НАЛ}$ ), так как его доля составляет в обоих вариантах всего 0,04 %.

Учитывая перечисленные показатели и их величину, технологическая себестоимость ( $C_{ТЕХ}$ ) составила: в базовом варианте – 3,65 рублей, а в проектируемом – 3,08 рублей.

Данные показатели позволили сформировать значение полной себестоимости. Результаты калькуляции себестоимости обработки детали «Долбяк зуборезный чистовой» по операции токарной чистовой 025 технологического процесса, представлены на рисунке 5.

Согласно рисунку 5, значение полной себестоимости ( $C_{ПОЛН}$ ) для базового варианта составила 9,57 рублей, а для проектируемого варианта чуть меньше – 8,03 рублей. Значения по вариантам отличаются, это значит, что появляется возможность для получения ожидаемой прибыли от снижения себестоимости.

Дальнейшие расчеты показали, что капитальные вложения, в размере 58966,61 рублей, окупятся в течение 3-х лет. Такой срок является вполне приемлемым для совершенствования технологического характера.

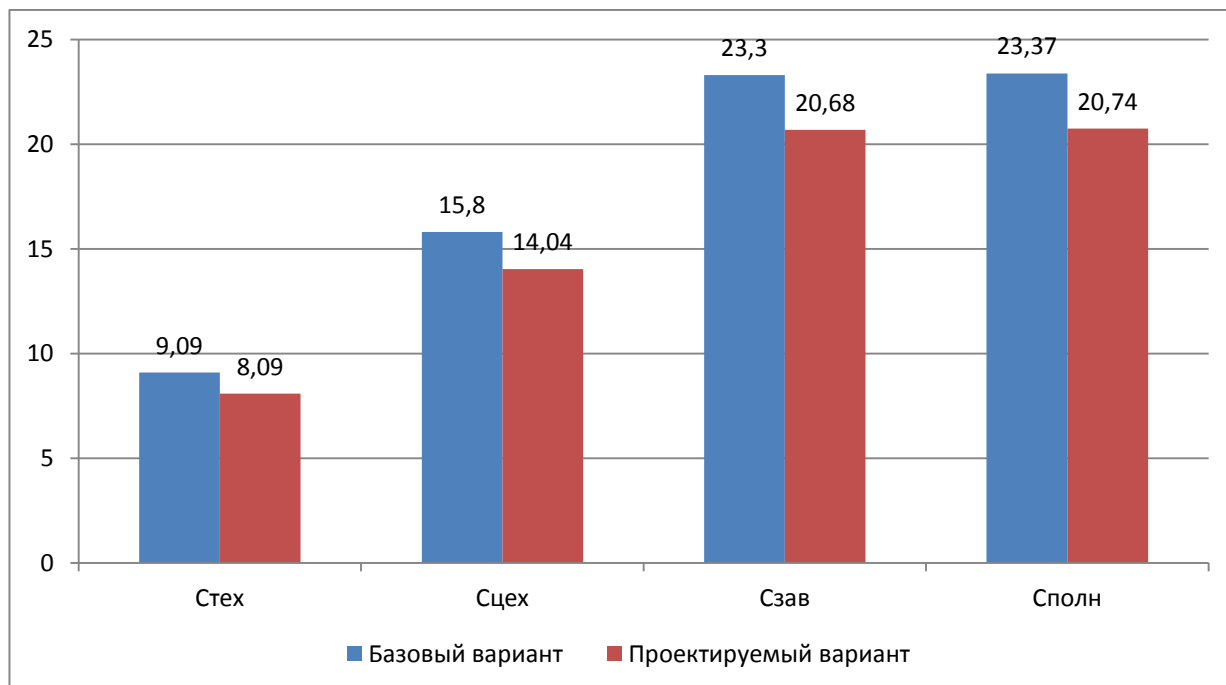


Рисунок 5 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

В разделе были проведены все необходимые расчеты для получения результатов экономической эффективности. Проанализирован такой экономический показатель как интегральный экономический эффект или чистый дисконтируемый доход. Величина данного значения по результатам расчета составляет 8134,22 рубля со знаком «плюс», что доказывает эффективность предложенных мероприятий. А это значит, что на каждый вложенный рубль будет получен доход в размере 1,14 рублей.



## Заключение

При выполнении выпускной квалификационной работы были получены следующие результаты:

- спроектирована заготовка с припусками, рассчитанными аналитическим методом нормальной точности;
- использованы высокопроизводительные станки с ЧПУ и полуавтоматы, так как при среднесерийном типе производства это является более продуктивным;
- для токарной обработки спроектирован патрон цанговый;
- для существенного увеличения стойкости и производительности применен инструмент с износостойким покрытием с механическим креплением пластины – резец токарный сборный;
- применена высокопроизводительная оснастка с механизированным приводом;
- спроектирован патрон цанговый для токарной технологической операции, что позволило существенно снизить штучное время на этой операции;
- для контроля биения применено контрольное приспособление с высокоточными электронными головками;
- предложены мероприятия по обеспечению безопасности и экологичности технического объекта в виде технологического процесса;
- проведен анализ экономической эффективности после внесения предлагаемых изменений в технологическом процессе.

## Список используемых источников

1. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов. – М. : Машиностроение, 2005. 736 с.
2. Балашов В.М. Проектирование машиностроительных производств: учебное пособие / В.М. Балашов, В.В. Мешков. – Старый Оскол: ООО ТНТ, 2018. 200 с.
3. Безъязычный В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебник. – М. : Инновационное машиностроение, 2016. 568 с.
4. 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.
5. Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ / Н.В. Зубкова. – Тольятти : ТГУ, 2015. 46 с.
6. Иванов И.С. Расчёт и проектирование технологической оснастки в машиностроении: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2015. 198 с.
7. Иванов И.С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2014. 223 с.
8. Клепиков В.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / В.В. Бодров, В.Ф. Солдатов. – М. : ИНФРА-М, 2017. 229 с.
9. Кондаков А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : КНОРУС, 2012. 400 с.
10. Михайлов А.В. Методические указания для студентов по выполнению курсового проекта по специальности 1201 Технология машиностроения по дисциплине «Технология машиностроения» / А.В. Михайлов, – Тольятти, ТГУ, 2005. - 75 с.

11. Приходько И.Л. Проектирование заготовок: учебное пособие / И.Л. Приходько, В.Н. Байкалова. – М. : Издательство РГАУ–МСХА, 2016. 171 с.
12. Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2016. 330 с.
13. 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.
14. Сулов А.Г. Технология машиностроения: учебник. – М. : КНОРУС, 2013. 336 с.
15. Сысоев С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб. : Издательство «Лань», 2016. 352 с.
16. Торопов Ю.А. Припуски, допуски и посадки гладких цилиндрических соединений. Припуски и допуски отливок и поковок: справочник / Ю.А. Торопов. – СПб. : Издательство «Профессия», 2017. 598 с.
17. Филонов И.П. Инновации в технологии машиностроения: учебное пособие / И.П. Филонов, И.Л. Баршай. – Минск : Вышэйшая школа, 2009. 110 с.
18. Bertsche B. Reliability in Automotive and Mechanical Engineering: Determination of Component and System Reliability / B. Bertsche, A. Schanz, K. Pickard. – Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2015. 502 p.
19. Grote K.-H., Antonsson E.K. Springer Handbook of Mechanical Engineering / K.-H Grote, E.K. Antonsson. – New York : Springer Science+Business Media, 2008. 1589 p.
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.

Приложение А  
Маршрутная карта

Таблица А.1 – Маршрутная карта

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

Дубл.																		
Взам.																		
Подп.																		
											1	5						
Разраб.	Кудряшов																	
Пров.	Гуляев																	
ТГУ																		
Долбяк зуборезный чистовой																		
Н. Контр.	Гуляев																	
М01	Сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73																	
М02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код.загот.	Профиль и размеры				КД	МЗ					
	-	166	0,09			0,50	41211XXX	Ø45x14				1	0,178					
А	цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.	
01А	XXXXXX	005	4131	Абразивно-отрезная				ИОТ И 37.101.7419-85										
02Б	38132XXX			СИ-30				2	18873	411	1Р	1	1	1	472	1	10	0,376
03																		
04А	XXXXXX	010	4110	Токарная				ИОТ И 37.101.7034-93										
05Б	391148XXX			SAMAT 135NC				2	15929	411	1Р	1	1	1	472	1	25	0,565
06																		
07А	XXXXXX	015	4110	Токарная				ИОТ И 37.101.7034-93										
08Б	391148XXX			SAMAT 135NC				2	15929	411	1Р	1	1	1	472	1	17	0,499
09																		
10А	XXXXXX	020	4110	Токарная				ИОТ И 37.101.7034-93										
11Б	391148XXX			SAMAT 135NC				2	15929	411	1Р	1	1	1	472	1	21	0,430
12																		
13А	XXXXXX	025	4110	Токарная				ИОТ И 37.101.7034-93										
14Б	391148XXX			SAMAT 135NC				2	15929	411	1Р	1	1	1	472	1	21	0,537
МК																		

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

Дубл.	Взам.	Подп.											2	5	
А	цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции		Обозначение документа								
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.
01А	XXXXXX	030	4132	Внутришлифовальная	ИОТ И 37.101.7419-85										
02Б	38132XXX			ЗК227В	2	18873	411	1Р	1	1	1	472	1	15	0,502
03															
04В	XXXXXX	035	4153	Зубофрезерная	ИОТ И 37.101.7111-89										
05Б	381572XXX			КСМ-03F3	2	18632	411	1Р	1	1	1	472	1	26	2,885
06															
07А	XXXXXX	040	0190	Слесарная											
08Б	XXXXXX	4407													
09															
10А	XXXXXX	045	0130	Моечная											
11Б	375698XXX			КММ											
12															
13А	XXXXXX	050	0200	Контрольная											
14															
15А	XXXXXX	055	0511	Термическая											
16															
17А	XXXXXX	060	4132	Внутришлифовальная	ИОТ И 37.101.7419-85										
18Б	38132XXX			ЗК227В	2	18873	411	1Р	1	1	1	472	1	15	0,561
МК															



## Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

Дубл.																
Взам.																
Подп.																
												4	5			
А	цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа							
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.	
01Б	38132XXX				3К227А	2	18873	411	1Р	1	1	1	472	1	18	0,694
02																
03А	XXXXXX	100		4135	Зубошлифовальная	ИОТ И 37.101.7419-85										
04Б	38132XXX				5893	2	18873	411	1Р	1	1	1	472	1	26	12,356
05																
06А	XXXXXX	105		4142	Заточная	ИОТ И 37.101.7419-85										
07Б	38132XXX				МИ-05	2	18873	411	1Р	1	1	1	472	1	15	0,460
08																
09А	XXXXXX	110		4131	Круглошлифовальная	ИОТ И 37.101.7419-85										
10Б	38132XXX				SHU-321.22	2	18873	411	1Р	1	1	1	472	1	15	0,567
11																
12А	XXXXXX	115		4142	Заточная	ИОТ И 37.101.7419-85										
13Б	38132XXX				ВЗ-44	2	18873	411	1Р	1	1	1	472	1	15	3,086
14																
15А	XXXXXX	120		0130	Моечная											
16Б	375698XXX				КММ											
17																
18А	XXXXXX	125		0200	Контрольная											
МК																





## Приложение Б

### Операционные карты

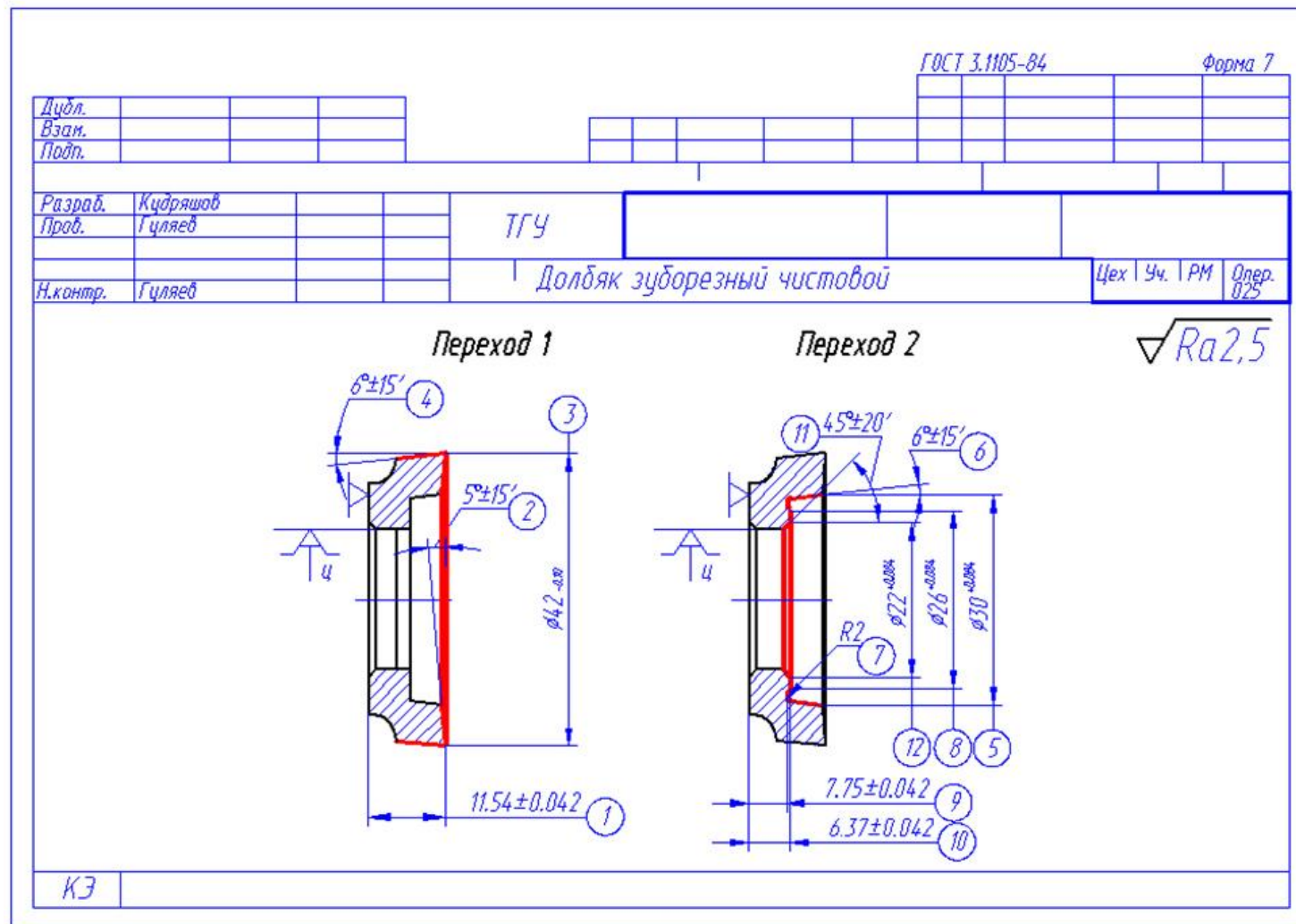
Таблица Б.1 – Операционные карты

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3

Дубл.																				
Взам.																				
Подп.																				
Разраб.	Кудряшов																			
Пров.	Гуляев																			
Н. Контр.	Гуляев																			
<b>ТГУ</b>																				
										<i>Долбяк зуборезный чистовой</i>				Цех	Уч.	РМ	Опер			
																	025			
Наименование операции		Материал		твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД									
4110 Токарная		Сталь Р6М5		240 НВ	166	0,09	Ø45x14			0,178	1									
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	Те	Тпз	Тшт	СОЖ												
SAMAT 135NC		XXXXXX		0,100	0,407	21	0,537	Украинол- 1												
<i>P</i>		ПИ	<i>D или B</i>	<i>L</i>	<i>t</i>	<i>i</i>	<i>S</i>	<i>n</i>	<i>V</i>											
01	мм мм мм мм/об об/мин м/мин																			
02О	1. Установить и снять заготовку																			
03Т	396131XXX- патрон цанговый																			
04О	2. Точить поверхн., выдерж. разм. 1-4																			
05Т	392110XXX- резец-вставка 25x25 ОСТ 2.И. 10.1-83 Т15К6; 393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83																			
06Р		XX	42	19	0,3	1	0,15	2000	263,8											
07О	3. Расточить отв., выдерж. разм. 5-12																			
08Т	392110XXX- резец-вставка 16x16 ОСТ 2.И. 10.1-83 Т15К6; 393120XXX- калибр-пробка ГОСТ 14807-69																			
09Т	393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83																			
10Р		XX	30	11	0,3	1	0,15	2000	188,4											
11																				
12																				
ОКП																				

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1



Продолжение Приложения Б

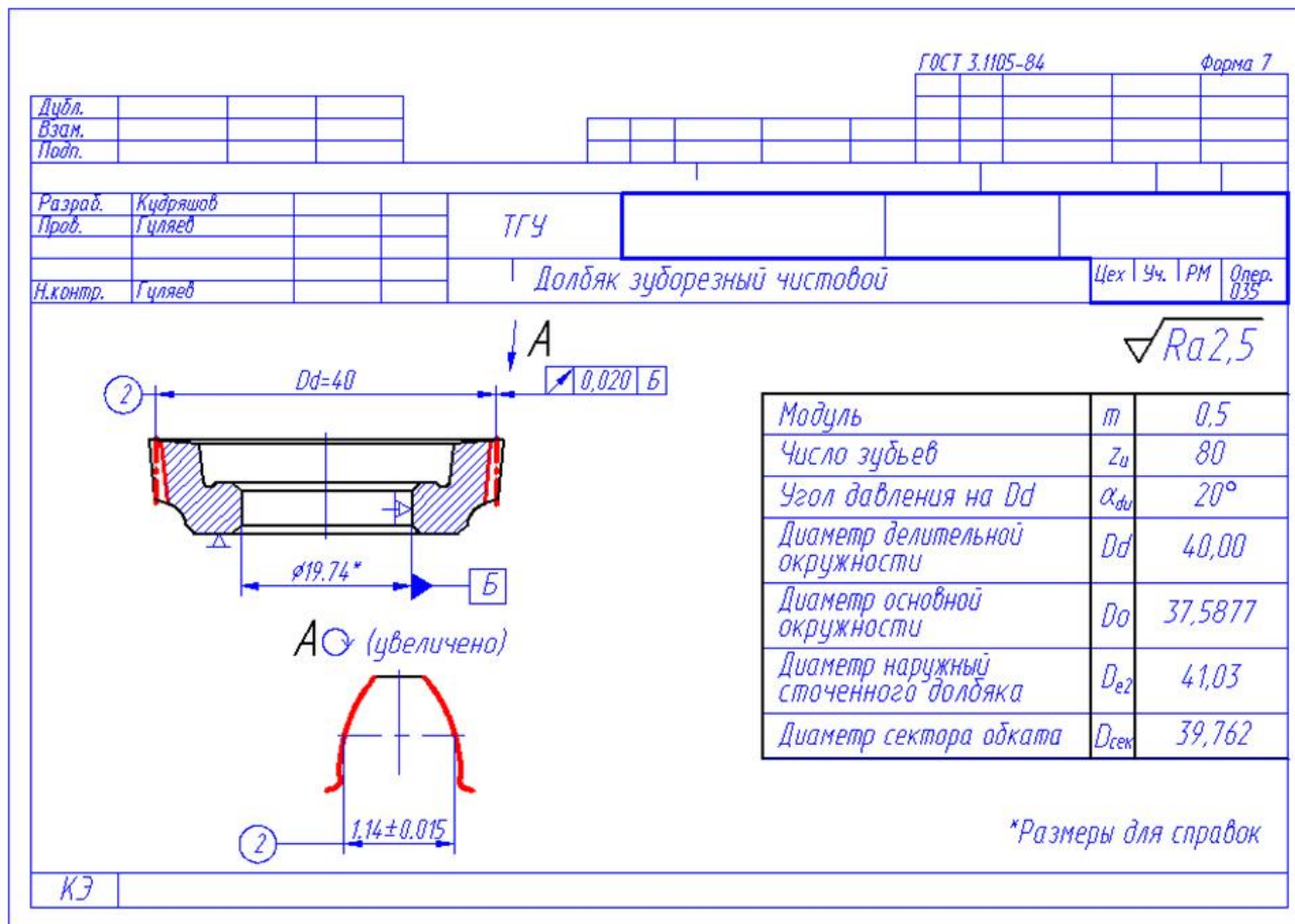
Продолжение таблицы Б.1

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
Разраб.	Кудряшов																		
Пров.	Гуляев																		
Н. Контр.	Гуляев																		
										Долбяк зуборезный чистовой				Цех	Уч.	РМ	Опер		
																	035		
Наименование операции		Материал		твёрдость	ЕВ	МД	Профиль и размеры				МЗ	КОИД							
4153 Зубофрезерная		Сталь Р6М5		240 НВ	166	0,09	∅45x14				0,178	1							
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	Тв	Тпз	Тшт	СОЖ											
КСМ-03F3		XXXXXX		2,400	0,322	26	2,885	Укринол- 1											
Р		ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V										
01				мм	мм	мм	мм/об	об/мин	м/мин										
002	1. Установить и снять заготовку																		
T03	3961811XXX-приспособление специальное																		
004	2. Фрезеровать зубья, выдерж. разм. 1-2																		
T05	391810XXX- фреза червячная модульная Р18К5Ф2 ГОСТ 15127-69, 393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83;																		
T06	3917400XXX- приспособление мерительное с индикатором																		
P07		XX	40,0	7,0	1,0	1	2,0	400	79,1										
08																			
09																			
10																			
11																			
12																			
ОКП																			

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1



Продолжение Приложения Б

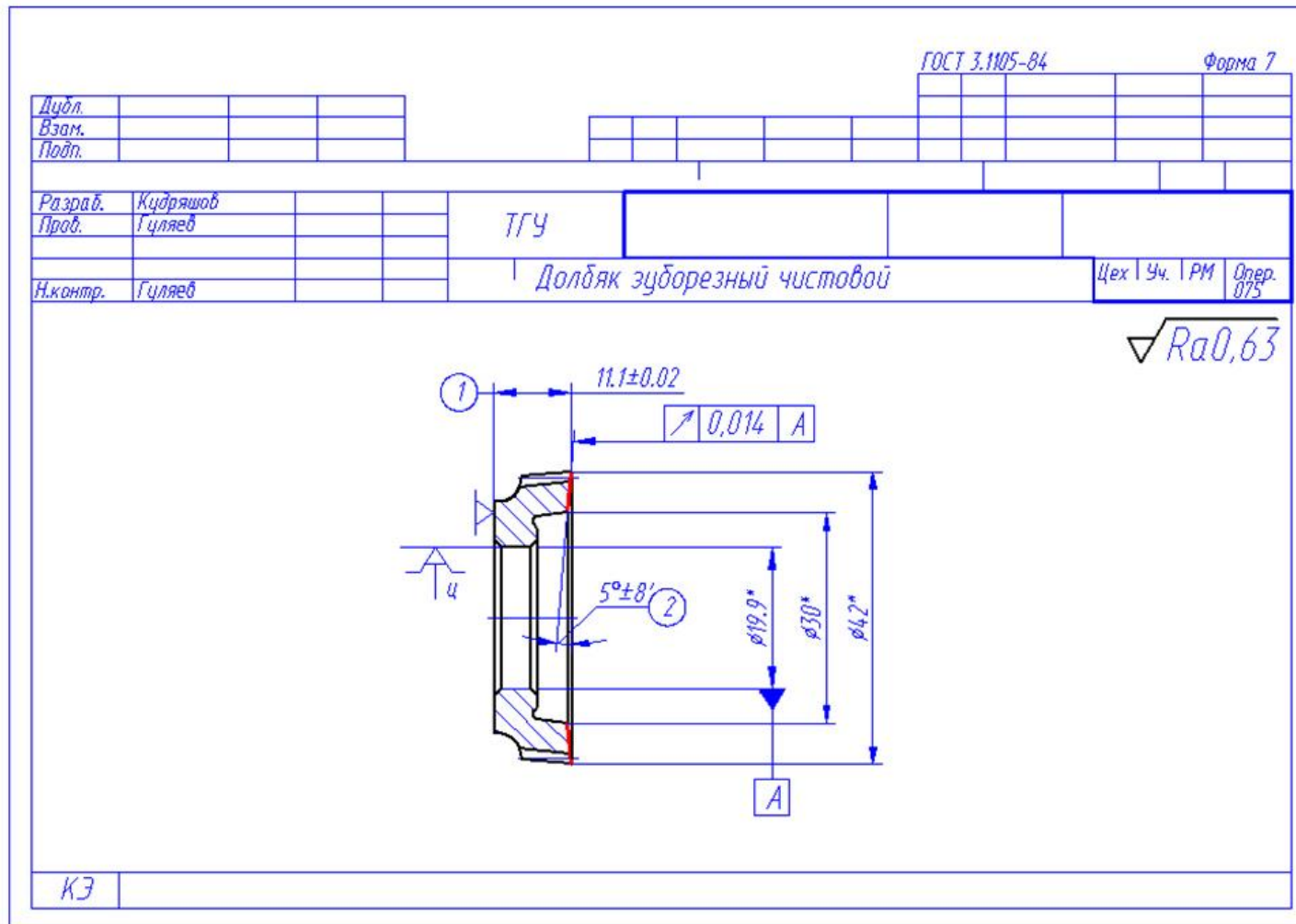
Продолжение таблицы Б.1

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3

Дубл.																							
Взам.																							
Подп.																							
Разраб.	Кудряшов																						
Пров.	Гуляев																						
Н. Контр.	Гуляев																						
<b>ТГУ</b>																							
<b>Долбяк зуборезный чистовой</b>											Цех	Уч.	РМ	Опер									
<b>075</b>																							
Наименование операции		Материал			твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры				МЗ	КОИД										
4142 Заточная		Сталь Р6М5			240 НВ	166	0,09	Ø45x14				0,178	1										
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы			То	Тв	Тпз	Тшт	СОЖ														
МИ-05		XXXXXX			0,110	0,303	15	0,455	Укринол-1														
<i>P</i>				ПИ	<i>D</i> или <i>B</i>	<i>L</i>	<i>t</i>	<i>i</i>	<i>S</i>	<i>n</i>	<i>V</i>												
01	ММ											ММ	ММ	ММ	М/ход	об/мин	М/МИН						
02О	1. Установить и снять заготовку																						
03Т	396131XXX- патрон цанговый																						
04О	2. Заточить переднюю поверхность зубьев, выдерж. разм. 1-2																						
05Т	391810XXX- шлифовальный круг 5 20x20x8 63С F60 К 8 В А 35 м/с ГОСТ Р 52781-2007																						
06Т	3917400XXX- приспособление мерительное с индикатором; 393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83																						
07Р				XX	42/33	6,0	0,12	-	0,006	265	35												
08																							
09																							
10																							
11																							
12																							
ОКП																							

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1



КЭ









# Приложение Г

## Спецификация к режущему инструменту

Таблица Г.1 – Спецификация к режущему инструменту

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.	
				<u>Документация</u>			
A1			21.БР.ОТМП.315.62.000СБ	Сборочный чертеж			
				<u>Детали</u>			
		1	21.БР.ОТМП.315.62.001	Державка	1		
		2	21.БР.ОТМП.315.62.002	Винт	1		
		3	21.БР.ОТМП.315.62.003	Шайба	1		
		4	21.БР.ОТМП.315.62.004	Пластина	1		
		5	21.БР.ОТМП.315.62.005	Ролик	1		
		6	21.БР.ОТМП.315.62.006	Гайка	1		
				<u>Стандартные изделия</u>			
		7		Винт М6-6dх50.109.40.019			
				ГОСТ 17475-80	1		
		8		Винт М8х0,75-6dх28.35Х.05			
				ГОСТ 11074-75	1		
			21.БР.ОТМП.315.62.000				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Кудряшов					
Прое.		Гуляев					
Н. Контр.		Гуляев					
Утв.		Логинов					
					Лит.	Лист	Листов
Резец токарный					ТГУ, ИМ, гр. ТМбз-1601а		