



## Аннотация

Технологический процесс изготовления пробойника механического прессы центра «Формула Студент». Бакалаврская работа. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2021.

Работа проводилась в рамках мероприятий центра «Формула Студент». Работа содержит пять разделов, в которых рассматриваются вопросы применения высокопроизводительных станков, таких как полуавтоматы и станки с ЧПУ. А также при установке заготовки по базовой поверхности 14 поверхность 6 обрабатывалась начисто на токарной чистовой операции; для исключения погрешности базирования операции заготовка базировалась по поверхности 14; производилась обработка поверхностей 25, 26 и отверстия 29 на одной операции; для увеличения точности обработки фрезерная обработка кулачков 22, 23 и пазов 27, 28 проводилась на одной операции; использован мембранный патрон для шлифования отверстий 14 и 18 одновременно; применена электрохимическая обработка вместо слесарной; применение высокопроизводительного комбинированного инструмента; для токарной операции спроектирован патрон самоцентрирующий; проведен анализ безопасности и экологичности технического объекта и предложены соответствующие мероприятия; проведен анализ экономической эффективности после внесения предлагаемых изменений в технологическом процессе.

Выпускная квалификационная работа содержит 55 страниц пояснительной записки (19 таблиц и 7 рисунков) и 7 листов графической части.

## **Abstract**

The technological punch manufacturing process of the mechanical press of the Center «Formula Student». Bachelor's work. Togliatti. Togliatti State University, 2021.

The work has been carried out within the activities of the Formula Student Center. The work contains five sections in which application questions of high-productive machine tools such as semi-automatic machines and CNC machines have been considered. As well as during the installing of the workpiece on the base surface 14, the surface 6 has been processed completely on the turning finishing operation; to eliminate the error rate of basing the operation, the workpiece has been based on the surface 14; surfaces 25, 26 and holes 29 have been processed on one operation; to increase the processing accuracy, the milling of the cams 22, 23 and grooves 27, 28 has been carried out on one operation; the membrane chuck has been used for grinding of holes 14 and 18 simultaneously; the electrochemical processing has been used instead of the locksmith processing; the high-productive combined tool has been used; the self-centering chuck has been designed for the turning operation; the analysis of the safety and environmental friendliness of the technical object has been carried out and the appropriate measures have been proposed; the analysis of the economic efficiency after making the proposed changes in the technological process has been carried out.

The final qualification work contains 55 pages of the explanatory note (19 tables and 7 figures) and 7 sheets of the graphic part.

## Содержание

Введение.....	5
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.....	11
2.1 Проектирование заготовки и методов обработки.....	11
2.2 Проектирование технологической операции.....	20
3 Разработка специальной технологической оснастки.....	25
3.1 Разработка станочного приспособления.....	25
3.2 Разработка контрольного приспособления.....	28
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	31
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	31
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	32
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	32
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	33
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	35
5 Экономическая эффективность работы.....	38
Заключение.....	43
Список используемых источников.....	44
Приложение А. Маршрутные карты.....	47
Приложение Б. Операционные карты.....	50

## **Введение**

Для развития структуры машиностроения необходима подготовка специалистов высокого уровня и различного профиля, способных успешно организовывать, эффективно руководить процессами, получать знания в области современной технологии и удовлетворять современным требованиям машиностроения. Для этого необходима подготовка хороших специалистов, подготовка инженерных кадров для производства; разработка научного подхода к восстановлению машин и проведению изысканий, направленных на повышение качества ремонта в результате обоснованного выбора методов продления сроков службы машин. Машиностроение – это важнейшая отрасль в современной промышленности, определяющая так же и возможность развития других отраслей. Машиностроение занимается производством и ремонтом различного оборудования, машин, станков, без которого не может развиваться ни одно государство. Все машиностроительные отрасли и производства нуждаются в специалистах машиностроительного профиля. Именно машиностроение показывает экономический уровень развития государства в целом. Из этого следует, что перед промышленностью стоит большая задача создания оборудования, которое будет соответствовать всем стандартам современного мира. На любом производстве важнейшую роль играет технология. Именно без новых современных технологий невозможно производство новейших машин, изделий, оборудования требуемого качества. Без технологии нет и производства, потому что, именно в технологии разложены все стадии производства требуемого изделия, его параметры, необходимое оборудование. В настоящей работе решаются некоторые из этих вопросов.

## 1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных

### 1.1 Служебное назначение детали

Рассматриваемая деталь является пробойником. Она, во-первых, предназначена для передачи крутящего момента, а затем уже для установки всех остальных сопрягаемых элементов узла, в котором она является составляющей. В данном разделе необходимо правильно определить и назначить показатели точности и шероховатости всех обрабатываемых поверхностей пробойника механического пресса [18]. Часть узла механического пресса, где расположена деталь, представлена на рисунке 1.

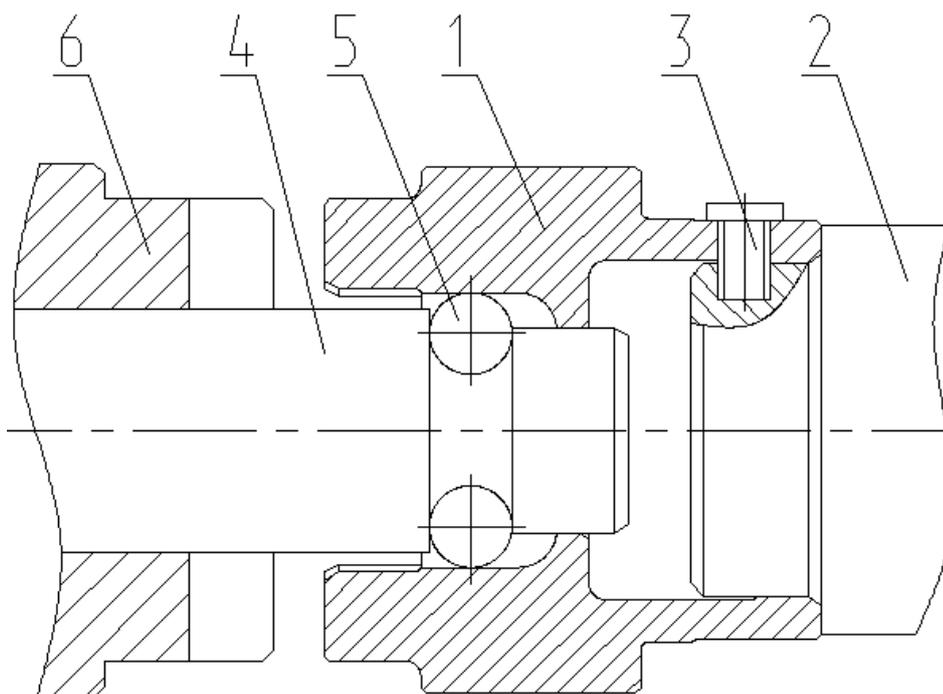


Рисунок 1 – Часть узла механического пресса

На валу 2 устанавливается и фиксируется винтом 3 пробойник 1. Вал 4 с шариками 5 устанавливается в отверстия пробойника 1 с левого конца. С кулачками пробойника 1 входит в зацепление пуансон 6, который

устанавливается на валу 4.

Пробойник является особо ответственной деталью в составе конструкции механического пресса. К пробойнику предъявляются самые высокие требования изготовления и материалу, исходя из его служебного назначения, так как деталь в механическом прессе работает в условиях переменных нагрузок и высоких скоростей. Для этого предлагается осуществлять изготовление пробойника из конструкционной легированной стали 20X2H4A ГОСТ 4543-2016 [6]. В таблице 1 представлен химический состав материала, а в таблице 2 его физико-механические свойства. Такая сталь применяется обычно при изготовлении особо ответственных высоконагруженных деталей, например, шестерней, вал-шестерней, пальцев и других цементуемых деталей [20]. Детали из такого материала обычно работают в условиях отрицательных температур, ударных нагрузок, поэтому к ним предъявляются требования особо высокой прочности, высокой поверхностной твердости и вязкости сердцевины [1].

Таблица 1 – Состав материала

Химический элемент	Углерод (C)	Сера (S)	Фосфор (P)	Хром (Cr)	Марганец (Mn)	Никель (Ni)	Кремний (Si)	Медь (Cu)
Значение, %	0.16-0.22	не более 0.025	не более 0.025	1,25-1,65	0.3-0.6	3,25-3,65	0.17-0.37	до 0.3

Таблица 2 – Свойства

Параметры	$\sigma_{02}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	KCU	HB
Единица измерений	МПа	МПа	%	%	Дж/см <sup>2</sup>	
Значение	1080	1270	9	45	78	269

Приведенные в таблицах 1 и 2 параметры материала соответствуют служебному назначению изготавливаемого из него пробойника механического пресса.

Следующим этапом анализа исходной информации является классификация всех обрабатываемых поверхностей для выявления их влияния на выполнение пробойником своего служебного назначения [15].

Имея общий вид детали (рисунок 2), определим нумерацию всех поверхностей и проведём классификацию этих поверхностей согласно служебному назначению. Для удобства классификации она разделяется на четыре основные группы: ОКБ, ВКБ, ИП, СП.

Основные конструкторские базы – это те поверхности, которые используются для определения положения детали в механизме.

Вспомогательные конструкторские базы – это поверхности, которые используются для определения присоединяемой к ним другой детали.

Исполнительные – те поверхности, которые выполняют служебное назначение детали.

Свободные поверхности – все оставшиеся поверхности, которые конструктивно оформляют деталь.

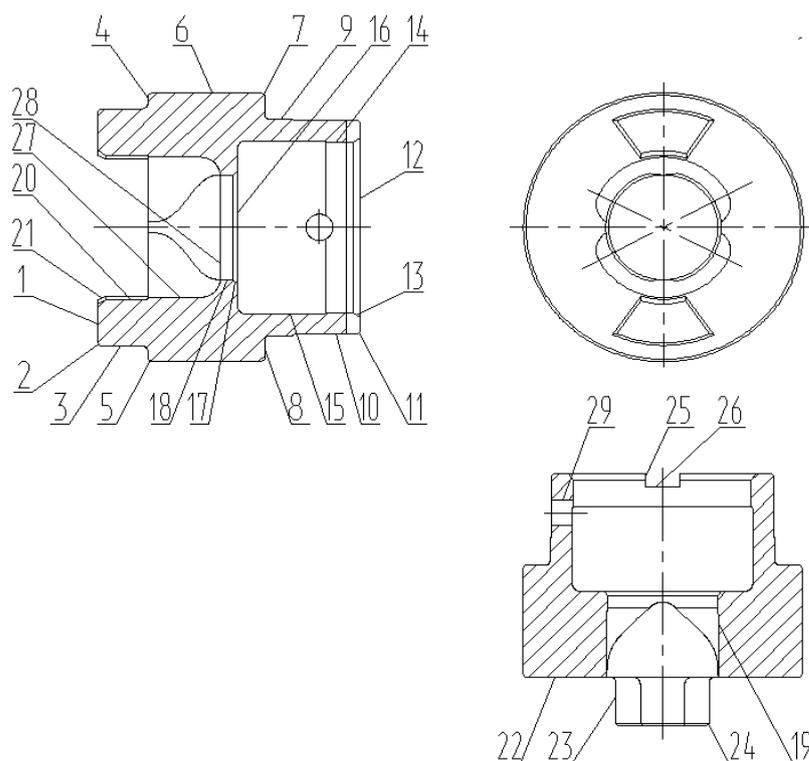


Рисунок 2 – Общий вид пробойника

Данные проведенной классификации представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Классификация поверхностей

Поверхности	Номера
ИП	23
ОКБ	12, 14
ВКБ	1, 18, 25, 27-29
СП	Все остальные

Общий анализ технологичности делится на количественный и качественный. Необходимо провести общий анализ. Проводится он для выявления возможности снижения стоимости самой обработки. Анализ показывает, что деталь соответствует служебному назначению, то есть технологична. Так как количественный анализ [16] показал, что коэффициент унификации поверхностей равен 1, коэффициент шероховатости поверхностей больше значения 0,32 и коэффициент точности больше 0,85.

Пробойник с точки зрения общей конфигурации также можно считать технологичной деталью. После качественного анализа технологичности детали предлагается получать заготовку методом горячей объемной штамповки. Определим максимальные значения параметров для обрабатываемых поверхностей по качеству (IT8 на поверхности 14 и 18) и по шероховатости ( $Ra$  0,4 на поверхности 14 и 18).

## 1.2 Задачи работы

Для совершенствования технологического процесса после анализа исходных данных предлагается решить следующие задачи: применить высокопроизводительные станки: полуавтоматы и станки с ЧПУ, что в условиях среднесерийного типа производства является наиболее оптимальным [2]; при установке заготовки по базовой поверхности 14 поверхность 6 обрабатывать начисто на токарной чистовой операции; для исключения погрешности базирования фрезерные операции производить при

установке заготовки по базовой поверхности 14; обрабатывать поверхности 25, 26 и отверстие 29 на одной операции; для увеличения точности обработки фрезерную обработку кулачков 22, 23 и пазов 27, 28 проводить на одной операции; использовать мембранный патрон для шлифования отверстий 14 и 18 одновременно; применить электрохимическую обработку вместо слесарной; применить высокопроизводительный комбинированный инструмент; для токарной операции спроектировать патрон самоцентрирующий; провести анализ безопасности и экологичности технического объекта и предложить соответствующие мероприятия; провести анализ экономической эффективности после внесения предлагаемых изменений в технологическом процессе.

Решение этих задач представлено в последующих разделах работы.

## 2 Разработка технологии изготовления

### 2.1 Проектирование заготовки и методов обработки

Выбирать тип производства необходимо по определенным критериям. У каждого соответствующего критерия существует своя особенная характеристика. Исходя из типа производства, зависит вид заготовки, назначение припусков и весь план разработки техпроцесса в целом. Так как годовая программа выпуска детали составляет 10000, а масса детали составляет 0,13 кг, то по [17] принимаем тип производства как среднесерийное.

Рассматривая форму организации технологического процесса, следует выбирать переменную-поточную. Для повторяемости выпуска изделий необходимо выбирать периодическое повторение партий. При данном типе производства используются универсальные станки. Эти станки могут быть оснащены специальными, универсальными и универсально-сборными приспособлениями, такое решение позволяет значительно снизить себестоимость и так же трудоёмкость изготовления детали [2]. Технологический процесс принятого типа производства выполняется на высокопроизводительных станках и разделён на отдельные операции. При выборе заготовки требуется учитывать форму и размеры детали, так же следует учитывать эксплуатационные условия работы и экономичность её производства. Учитывая размер, форму и материал вала-шестерни, определим способ получения заготовки.

Проведём технико-экономическое обоснование выбора заготовки, сравнивая два метода получения заготовки: штамповка и прокат [12]. Для начала следует определить массу заготовки для дальнейшего сравнения. Массу заготовки при штамповке можно найти по формуле:

$$M_{ш} = M_{д} \cdot K_{р}, \quad (1)$$

где  $M_{ш.}$  – масса заготовки при штамповке;

$M_d$  – масса самой детали, кг;

$K_p$  принимаем равным 3,5 [17].

Подставив все данные, получаем: – масса заготовки из штамповки

$$M_{ш.} = 0,13 \cdot 3,5 = 0,46 \text{ кг.}$$

Массу заготовки при прокате найдем по формуле:

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

где  $M_{пр.}$  – масса заготовки, кг;

$V$  – Объем, мм<sup>3</sup>;

$\gamma$  – плотность материала, кг/м<sup>3</sup>.

Объем находится по формуле:

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

Для нахождения объема все конические участки заготовки будем принимать цилиндрическими и в некоторых случаях задаем средний диаметр

$$d_{пр.} = d_{\max} \cdot 1,05 \text{ мм} \quad (4)$$

$d_{пр.} = d_{\max} \cdot 1,05 = 45,1$  мм. Принимаем значение 45 мм. Наибольшую длину детали выбираем 42,4 мм.

Подставив данные, получаем:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d_{пр.}^2 \cdot l_{пр.} = \frac{3,14}{4} \cdot 45^2 \cdot 42,4 = 67400 \text{ мм}^3$$

Зная все условия, можем найти массу заготовки при прокате, подставив все значения в формулу (2)

$$M_{\text{пр}} = 67400 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 0,53 \text{ кг}$$

По сравнению масс заготовок между штамповкой и прокатом, принимаем штамповку [13].

Следующим действием проведём технико-экономическое обоснование для выбора оптимального метода получения заготовки. Найдем стоимость заготовки при штамповке ниже по формуле:

$$C_3 = C_B \cdot M_{\text{ш}} \cdot K_T \cdot K_{\text{сл}} \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{\text{п}}, \quad (5)$$

где  $C_3$  – стоимость штампованной заготовки;

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

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

$K_T$  – коэффициент, показывающий точность, равный 1,0;

$K_{\text{сл}}$  – коэффициент, показывающий сложность, равный 0,89;

$K_B$  – коэффициент, который зависит от  $M_{\text{ш}}$ , равный 1,61;

$K_M$  – коэффициент материала, примем равным 1,27;

$K_{\text{п}}$  – коэффициент количества выпуска, равный 1,0.

Тогда  $C_3 = 11,2 \cdot 0,46 \cdot 1,0 \cdot 0,89 \cdot 1,61 \cdot 1,27 \cdot 1,0 = 9,27$  руб.

Следовательно, получаем стоимость заготовки 9,27 руб.

Найдем затраты на механическую обработку, используя формулу:

$$C_{\text{МО}} = (M_{\text{ш}} - M_{\text{д}}) \cdot C_{\text{уд}}, \quad (6)$$

где  $C_{\text{уд}}$  – цена за 1 кг материала, руб./кг.

$$C_{\text{уд}} = C_C + E_H \cdot C_K, \quad (7)$$

где  $C_C$  – текущие затраты принимаем равным 14,8 руб./кг [14];

$C_K$  – капитальные затраты принимаем равным 32,5 руб./кг [14];

$E_H$  – нормативный коэффициент принимаем равным 0,16 [14].

Получим  $C_{вд} = 14,8 + 0,16 \cdot 32,5 = 20$  руб.

Тогда, подставив все данные в формулу, получаем:

$$C_{мо} = (M_{ш} - M_{д}) \cdot C_{вд} = (0,46 - 0,13) \cdot 20 = 6,50 \text{ руб.}$$

Рассчитаем стоимость отходов (стружки) от производства:

$$C_{отх} = (M_{ш} - M_{д}) \cdot C_{отх}, \quad (8)$$

где  $C_{отх}$  – стоимость за 1 кг отходов (стружки).

Примем  $C_{отх}$  равной 0,4 руб./кг

Получаем:

$$C_{отх} = (M_{ш} - M_{д}) \cdot C_{отх} = (0,46 - 0,13) \cdot 0,4 = 0,13 \text{ руб.}$$

$$C_{д} = C_{з} + C_{мо} - C_{отх} = 9,27 + 6,50 - 0,13 = 15,64 \text{ руб.}$$

Стоимость прокатной заготовки будем находить по формуле:

$$C_{пр} = C_{мп} \cdot M_{пр} + C_{оз}, \quad (9)$$

где  $C_{оз}$  – стоимость отрезка найдем ниже по формуле:

$$C_{оз} = \frac{C_{пз} \cdot T_{шт}}{60}, \quad (10)$$

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

$T_{шт}$  – норма штучного времени, найдём по формуле:

$$T_{шт} = T_0 \cdot \varphi_K, \quad (11)$$

где  $T_0$  – основное время, мин

$\varphi_K$  – коэффициент оснастки, равный 1,5

$T_0$  определим по формуле:

$$T_0 = 0,19 \cdot d_{\text{ПР}}^2 \cdot 10^{-3} \quad (12)$$

Тогда, получаем:  $T_0 = 0,19 \cdot d_{\text{ПР}}^2 \cdot 10^{-3} = 0,19 \cdot 45^2 \cdot 10^{-3} = 0,38$  мин.

Следовательно, получим:

$$T_{\text{ШГ}} = T_0 \cdot \varphi_K = 0,38 \cdot 1,5 = 0,58 \text{ мин.}$$

$$C_{\text{ОЗ}} = \frac{C_{\text{ПЗ}} \cdot T_{\text{ШГ}}}{60} = \frac{30,2 \cdot 0,58}{60} = 0,29 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ПР}} = C_{\text{МПР}} \cdot M_{\text{ПР}} + C_{\text{ОЗ}} = 12 \cdot 0,53 + 0,29 = 6,64 \text{ руб.}$$

Найдём затраты на механическую обработку при прокате:

$$C_{\text{МО}} = (M_{\text{ПР}} - M_{\text{Д}}) \cdot C_{\text{ВД}} = (0,53 - 0,13) \cdot 20 = 8 \text{ руб.}$$

Найдём затраты на отходы:

$$C_{\text{ОТХ}} = (M_{\text{ПР}} - M_{\text{Д}}) \cdot C_{\text{ОТХ}} = (0,53 - 0,13) \cdot 0,4 = 0,16 \text{ руб.}$$

Тогда

$$C_{\text{Д}} = C_3 + C_{\text{МО}} - C_{\text{ОТХ}} = 6,64 + 8 - 0,16 = 14,46 \text{ руб.}$$

Следовательно, экономически обоснованным оптимальным методом получения заготовки будет прокат.

Учитывая коэффициенты цен на текущий 2021 год, то все полученные результаты приблизительно удваиваем, следовательно, получаем, что  $C_{\text{Д.ПР}} = 28,92$  руб., а  $C_{\text{Д.Ш}} = 31,28$  руб.

Проведём сравнение заготовок, определив коэффициент использования материала:

$$K_{\text{ИМ}} = \frac{M_{\text{Д}}}{M_3} \quad (13)$$

$$\text{Для штамповки: } K_{\text{ИМ}} = \frac{0,13}{0,46} = 0,29.$$

Для проката:  $K_{ИМ} = \frac{0,13}{0,53} = 0,25$ .

Проведя сравнение, можно сделать вывод, что заготовка из проката будет выгоднее штамповки [12].

Годовой экономический эффект рассчитаем по формуле:

$$\mathcal{E}_Г = (C_{Дш} - C_{Дпр}) \cdot N_Г \quad (14)$$

где  $C_{Дш}$  – стоимость штампованной заготовки;

$C_{Дпр}$  – стоимость прокатной заготовки;

$N_Г$  – годовая программа выпуска детали в год, равная 10000 шт.

Получаем:  $\mathcal{E}_Г = (31,28 - 28,92) \cdot 10000 = 23600$  руб.

Проектируем маршрут обработки поверхностей, учитывая точность и шероховатость этих поверхностей [24]. Данные представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Методы обработки

Поверхности	Маршрут	IT	Kт	Ra	HRC
12	Т, Тч, ТО, Шч	10	3,0	3,2	59
1, 3, 4, 6, 9	Т, Тч, ТО	11	2,2		
10, 8	Т, Тч, ТО	12			
2, 5, 7, 11	Т, Тч, ТО	14			
14, 18	С, Р, Рч, Ш, ТО, Шч	8	9,2	0,4	
20	С, Р, Рч, ТО	9	3,6	3,2	
15	С, Р, Рч, ТО	12			
19	С, Р, Рч, ТО	13			
13, 16, 17, 21	С, Р, Рч, ТО	14			
29	С, ТО	12	1,2		
22-24, 26	Ф, Фч, ТО	10	2,5		
27, 28	Ф, Фч, ТО	9			
25	Ф, Фч, ТО	8			

Анализ данных таблицы 4 показывает, что методы и последовательность обработки соответствующим образом обеспечивают

заданное качество механической обработки согласно техническим условиям. Данные, представленные в таблице 4, являются основой в проектировании технологического процесса изготовления пробойника в дальнейших разделах.

Проведем конечный этап проектирования заготовки, рассчитав припуски по выбранному оптимальному методу получения заготовки – прокату на наружный диаметр равный  $\varnothing 41\ h10_{(-0.1)}$ . Данные указаны в таблицах 5 и 6.

Таблица 5 – Последовательность обработки

Код	Обработка	Оборудование	Установка
010	Черновое точение	ВСТ-625-21 CNC34	В патроне [3]
020	Чистовое точение		

Таблица 6 – Припуски

№	Переход	Припуск, мкм				2Z min, мкм	Допу ск Td/J T	Размеры, мм		Припуски, мм	
		$h^{i-1}$	$Rz^{i-1}$	$\varepsilon_{уст}^{i-1}$	$\rho^{i-1}$			$d^i$ min	$d^i$ max	2Z min	2Z max
1	Прокат	25 0	150	-	389	-	1150 15	42,954	44,104	-	-
2	Точить	25	25	320	23	1807	390 13	41,147	41,537	2,567	1,807
3	Точить	15	10	70	16	247	100 10	40,90	41,00	0,537	0,247

Анализ данных таблицы 6 показывает, что методы и последовательность обработки соответствующим образом обеспечивают заданное качество механической обработки согласно техническим условиям [19].

На рисунке 3 представлена схема расположения припусков, допусков и операционных размеров согласно данным таблицы 6.

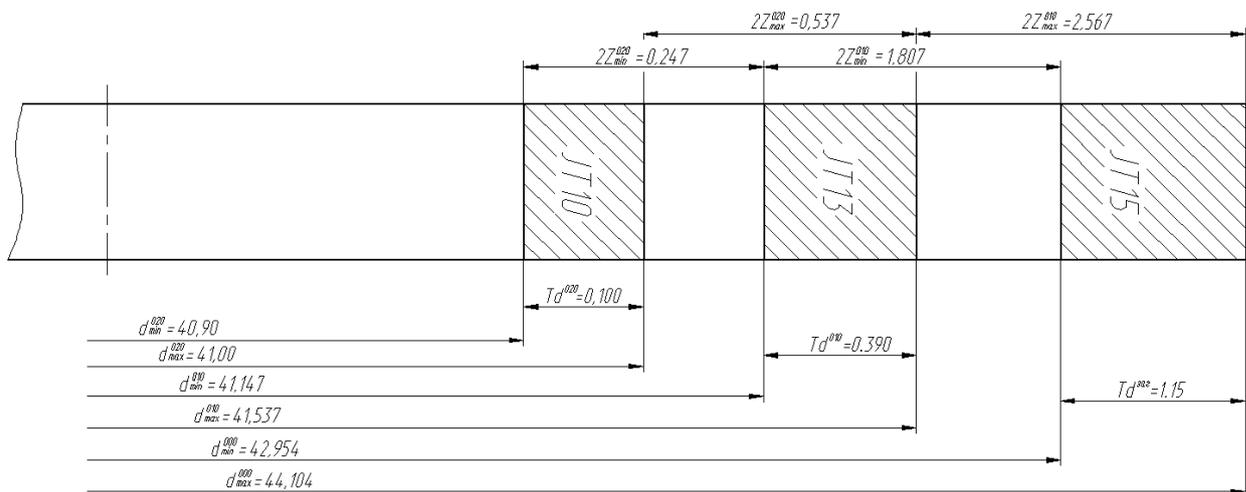


Рисунок 3 – Схема припусков и допусков для  $\varnothing 41h10_{(-0.1)}$

Припуски, рассчитанные табличным методом [19], указаны в таблице 7.

Таблица 7 – Припуски

№	Операция	Поверхности	Припуск, мм
005	Токарная	8-10, 12, 15, 16, 18	2,0max
010	Токарная	1, 3, 4, 6, 19, 20, 22	2,0max
015	Токарная	1, 7, 8-16, 17	0,30
020	Токарная	1-6, 19-22	0,30
025	Внутришлифовальная	14, 18	0,10
060	Внутришлифовальная	18	0,05
065	Внутришлифовальная	12, 14	0,10 0,05

Определим максимальный диаметр заготовки, исходя из припусков. 1,1 мм пусть будет припуск на обработку на сторону при черновом точении, а 0,4 мм – при чистовом. Тогда

$$D = 41 + 2,2 + 0,8 = 44 \text{ мм.}$$

Для заготовки необходимый размер примем по ГОСТ 2590-2006 горячекатаного проката обычной точности.

Круг  $\frac{44 - B - \text{ГОСТ } 2590 - 2006}{20X2H4A - \text{ГОСТ } 4543 - 71}$  [11].

Общая длина заготовки тогда будет  $L = 38,5 + 2,2 + 0,8 = 41,5$  мм.

Объем заготовки определим по плюсовым допускам  $\varnothing 44^{+0,4}_{-0,75}$ :

$$V = 3,14/4 \cdot (44,4^2 \cdot 41,5) = 64222 \text{ мм}^3.$$

$$\text{А масса } M = V \cdot \gamma = 64222 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 0,50 \text{ кг.}$$

План обработки пробойника представлен в графической части выпускной квалификационной работы.

В таблице 8 представлен маршрут обработки пробойника.

Таблица 8 – Маршрут

Операции	Поверхности	Ra, мкм	IT	Оборудование
000 Заготовительная		40	16	8Г240
005 Токарная	8-10, 12, 15, 16, 18	6,3	13	BCT-625-21 CNC34
010 Токарная	1, 3, 4, 6, 19, 20			
015 Токарная	1, 7-16, 18	3,2	10	
020 Токарная	1-6, 19-22			
025 Внутришлифовальная	14, 18	1,25	9	3M151
030 Фрезерная	25, 26	3,2	12	6P81ГМФ3-1
	25, 26	3,2	8	
035 Фрезерная	22, 23	3,2	10	ГФ5171М
	27, 28	3,2	9	
060 Внутришлифовальная	18	0,4	8	3K227B
065 Внутришлифовальная	14	0,4	8	
	12	3,2	10	

Анализ данных таблицы 8 показывает, что методы и последовательность обработки соответствующим образом обеспечивают заданное качество механической обработки согласно техническим условиям [10]. В таблице 9 представлены данные по выбранному оборудованию, приспособлениям, режущему инструменту и мерительному инструменту, необходимых для реализации проектируемого технологического процесса.

Таблица 9 – выбор СТО

Операция	Оборудование	Приспособлен ие	Инструмент	Мерительны й инструмент
005, 010 Черновая токарная	ВСТ-625-21 CNC34	Патрон ГОСТ 2675-80 [8]	Резец токарный проходной. Пластина 3х- гранная, Т5К10, Сверло Р18К5Ф2 ГОСТ 10902-77, Резец токарный расточной. Пластина, Т5К10, ОСТ 2И.101-83	Калибр-скоба ГОСТ 18355- 73. Калибр- пробка ГОСТ 14807-69. Шаблон ГОСТ 2534- 79
015, 020 Чистовая токарная				
025 Внутришлифов альная	3К227В торцевнутришли фовальный	Патрон мембранный ОСТ 3-3443-76	Круг шлифовальный 5 14x10x6 [10] 91А F46 L 9 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007 [7]	Шаблон ГОСТ 2534- 79. Калибр- пробка ГОСТ14827- 69 [9]
030 Фрезерная	6Р81ГМФ3-1 горизонтально- фрезерный с ЧПУ	Приспособлен ие специальное самоцентриру ющее с гидроприводе м ОСТ 3-3907- 77	Фреза шпоночная ГОСТ 9140-78, Сверло центровочное тип А ГОСТ 14952-75 Р18К5Ф2,	
035 Фрезерная	ГФ5171М вертикально- фрезерный с ЧПУ		Фреза концевая радиусная покрытие Ti-Nb-N	
060, 065 Внутришлифов альная	3К227В	Патрон цанговый ОСТ 1-52345-79	Круг шлифовальный ГОСТ Р 52781-2007	

Анализ данных таблицы 9 показывает, что методы и последовательность обработки соответствующим образом обеспечивают заданное качество механической обработки согласно техническим условиям.

## 2.2 Проектирование технологической операции

020 токарная операция.

Выдерживать размеры по чертежу.

Выбирать инструмент по таблице 9.

Оборудование станок токарно-винторезный с ЧПУ ВСТ-625-21 CNC34.

Припуск 0,30 мм.

Расчетная скорость резания:

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

«где  $C_U$  равен 420;

$T$  равно 60 мин;

$m$  равно 0,2,  $x$  равно 0,15,  $y$  равно 0,20;

$K_U$  примем равным 0,59» [17].

Получим

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,3^{0,15} \cdot 0,15^{0,2}} \cdot 0,59 = 191,2 \text{ м/мин.}$$

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

Тогда при обработке на переходах 1-4 получим:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 191,2}{3,14 \cdot 36} = 1691 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 191,2}{3,14 \cdot 41} = 1485 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 191,2}{3,14 \cdot 22} = 2476 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_4 = \frac{1000 \cdot 191,2}{3,14 \cdot 16,3} = 3342 \text{ мин}^{-1}.$$

Определим составляющие силы резания:

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

«где  $C_P$  – равен 300;

$x, y, n$  – равны 1,0, 0,75, 0,15;

$K_p$  – коррекция» [16].

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

где  $K_{MP}, K_{\phi P}, K_{\gamma P}, K_{\lambda P}$  и  $K_{rP}$  равны 1,48, 0,89, 1,0, 1,0 и 1,0.

Тогда

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,15^{0,75} \cdot 180,8^{-0,15} \cdot 1,48 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 131 \text{ Н.}$$

Требуемая мощность определяется:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{131 \cdot 180,8}{1020 \cdot 60} = 0,39 \text{ кВт.}$$

«Мощность выбранного станка ВСТ-625-21 CNC34 намного выше и равна 7,5 кВт, то есть использование этого оборудования оправдано» [17].

Режимы резания указаны в таблице 10.

Таблица 10 – Режимы резания

Операция	Переход	Глубина резания $t$ , мм	Подача $S$ , мм/об	Скорость $V_r$ , м/мин	Частота вращения, об/мин	Принятая частота вращения $n_{пр}$ об/мин	Действительная скорость $V_{пр}$ м/мин
05 Черновая токарная	Точить Ø33,5	2,0	0,4	80	760	800	84,1
	Сверлить отв. Ø14	7,0	0,20	18	409	400	17,6
	Расточить Ø15	0,5	0,4	72	1528	1600	75,3
	Расточить Ø25	2,0	0,4	72	917	1000	78,5
10 Черновая токарная	Точить Ø36,7	2	0,4	80	694	630	72,6
	Точить Ø41,7	1,65	0,4	80	610	630	82,5
	Расточить Ø21,3	2,0	0,4	72	1076	1000	66,9
	Расточить Ø15,6	0,3	0,4	72	1469	1250	61,2
15 Чистовая токарная	Точить Ø32,8	0,3	0,15	191,2	1856	1600	164,8
	Расточить Ø25,7	0,3	0,15	172,1	2132	2000	161,4
	Расточить Ø15,7	0,3	0,15	172,1	3491	2000	98,6
20 Чистовая токарная	Точить Ø36	0,3	0,15	191,2	1691	1600	180,8
	Точить Ø41	0,3	0,15	191,2	1485	1250	160,9
	Расточить Ø22	0,3	0,15	172,1	2476	2000	138,2
	Расточить Ø16,3	0,3	0,15	172,1	3342	2000	102,3

Продолжение таблицы 10

Операция	Переход	Глубина резания $t$ , мм	Подача $S$ , мм/об	Скорость $V_T$ , м/мин	Частота вращения, об/мин	Принятая частота вращения $n_{пр}$ об/мин	Действительная скорость $V_{пр}$ м/мин
25 Черновая внутришлифовальная	Шлифовка $\varnothing 25,9$	0,1	5000** 0,006*	35	435	435	35
	Шлифовка $\varnothing 15,9$	0,1	5000** 0,006*	35	701	701	35
30 Фрезерная	Фрезеровка $\varnothing 5,02$ Центровать $\varnothing 4$	2,1	0,04	35	2220	2000	31,5
		2,0	0,06	20	1592	1600	20,1
35 Фрезерная	Фрезеровка $\varnothing 5,4$	2,2	0,1-4	35	2064	2000	33,9
	Фрезеровка $\varnothing 6$	0,3	0,05-4	50	2654	2500	47,1
	Фрезеровка $\varnothing 16$	2,5-3	0,15-4	45	898	1000	50,2
	Фрезеровка $\varnothing 16$	0,3	0,05-4	65	1293	1250	62,8
60 Чистовая внутришлифовальная	Шлифовка $\varnothing 16$	0,05	4200** 0,003*	35	696	696	35
65 Чистовая внутришлифовальная	Шлифовка $\varnothing 26$	0,05	4200** 0,003*	35	428	428	35
	Шлифовка торца	0,10	5000** 0,006*	35	428	428	35

Нормы времени на операциях внесем в таблицу 11.

Таблица 11 – Нормы времени

Операция	$T_{оп}$	$T_B$	$T_0$	$T_{об.от}$	$T_{п-з}$	$T_{шт-к}$	$n$	$T_{шт}$
05 Токарная	1,689	0,747	0,942	0,101	21	1,879	236	1,790
10 Токарная	0,911	0,673	0,238	0,055	21	1,055	236	0,966
15 Токарная	1,053	0,832	0,221	0,063	21	1,205	236	1,116
20 Токарная	1,017	0,758	0,259	0,061	21	1,167	236	1,078
25 Внутришлифовальная	0,569	0,503	0,066	0,043	18	0,688	236	0,612

Продолжение таблицы 11

Операция	$T_{оп}$	$T_B$	$T_0$	$T_{об.от}$	$T_{п-3}$	$T_{шт-к}$	$n$	$T_{шт}$
30 Фрезерная	0,841	0,629	0,212	0,050	24	0,992	236	0,891
35 Фрезерная	2,158	0,924	1,234	0,129	32	2,422	236	2,287
60 Внутришлифовальная	0,573	0,526	0,047	0,046	18	0,695	236	0,619
65 Внутришлифовальная	0,759	0,703	0,056	0,056	18	0,891	236	0,815

В таблице 11 значения времени даны в минутах. Для выбранной операции 020 токарной чистовой получаем затраченное время: 1,017 мин – операционное  $T_{оп}$ ; 0,758 мин – на управление станком  $T_B$ ; 0,259 мин – машинное  $T_0$ ; 0,061 мин – на удаление стружки и замену инструмента  $T_{об.от}$ ; 21 мин – на ознакомление с чертежом  $T_{п-3}$ ; 1,167 мин – на выполнение технологической операции  $T_{шт-к}$ . 1,078 мин – штучное  $T_{шт}$ .

### 3 Разработка специальной технологической оснастки

#### 3.1 Разработка станочного приспособления

Для уменьшения погрешности установки заготовки при обработке на токарной операции 020 в данном разделе решается задача по проектированию нового токарного клинового патрона. Будем применять кулачки с рифлениями с возможностью быстрой переналадки на другой размер [25].

Главной составляющей силы резания будем считать значение 131 Н при расчете усилия зажима, которое было получено во втором разделе при расчете режимов резания для токарной операции 020. Расчетная схема действия сил зажима и сил резания представлена на рисунке 4.

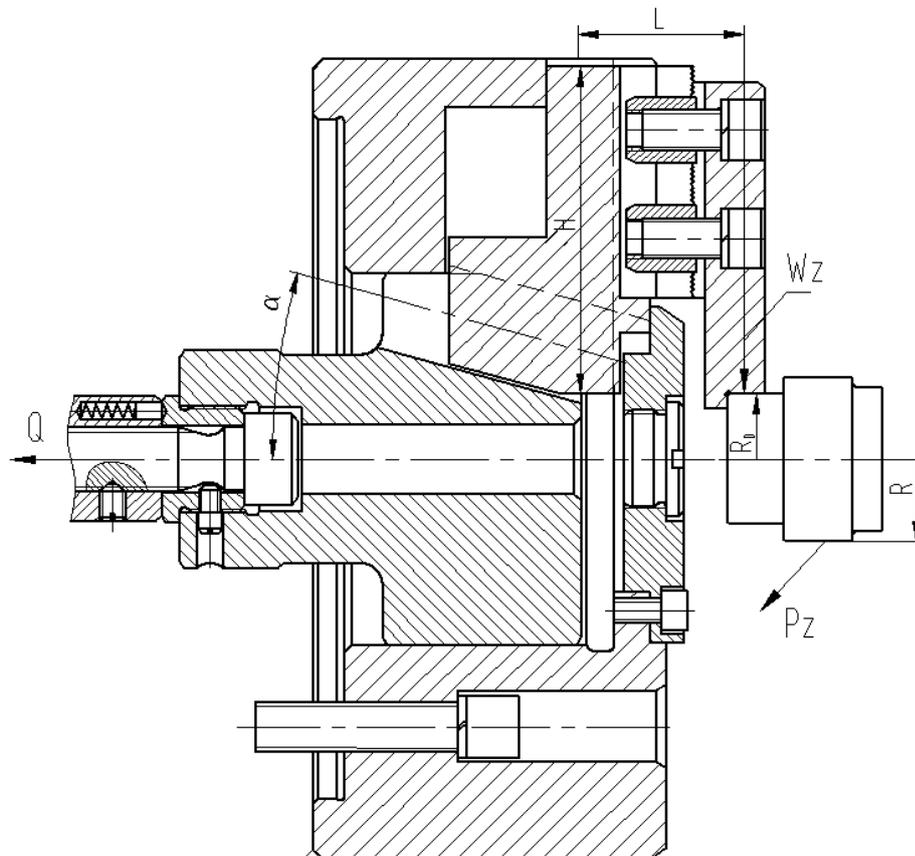


Рисунок 4 – Расчетная схема

Во время обработки закрепленной заготовки на нее действует система сил. Это сила, которая стремится повернуть заготовку в кулачках и препятствующая этому сила зажима. Необходимое усилие зажима заготовки определим из условия равновесия моментов. Необходим учет соответствующего коэффициента запаса. Он определяется:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (19)$$

где  $K_0 = 1,5$  - коэффициент гарантированного запаса;

$K_1 = 1,2$  - коэффициент, учитывающий случайные неровности;

$K_2 = 1,0$  - коэффициент, учитывающий затупление резца;

$K_3 = 1,2$  - коэффициент, учитывающий прерывистое резание;

$K_4 = 1,0$  - коэффициент, учитывающий постоянство сил;

$K_5 = 1,0$  - коэффициент, учитывающий эргономику;

$K_6 = 1,0$  - коэффициент, учитывающий особенности установки.

Тогда  $K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,16$ . При условии  $K \leq 2,5$ , будем считать  $K = 2,5$ . И усилие зажима

$$W_z = \frac{K \cdot P_z \cdot R_0}{f \cdot R} = \frac{2,5 \cdot 131 \cdot 41/2}{0,16 \cdot 32,6/2} = 2574 \text{ Н.}$$

Для расчета зажимного механизма находим усилие создаваемое силовым приводом [7]:

$$W_1 = K_1 \frac{W_z}{1 - 3 \cdot f_1 \cdot (a/h)}, \quad (20)$$

где  $K_1 = 1,05 \div 1,2$  - коэффициент, учитывающий силы трения в патроне;

$f_1 = 0,1$  - коэффициент трения кулачка;

$a = 41$  мм - вылет кулачка;

$h = 82$  мм - длина направляющей кулачка.

$$\text{Тогда } W_1 = K_1 \frac{W_z}{1 - 3 \cdot f_1 \cdot (a/h)} = 1,1 \frac{2574}{1 - 3 \cdot 0,1 \cdot (41/82)} = 3331 \text{ Н.}$$

И усилие силового привода на кулачок определим по формуле:

$$Q = W_1 \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi), \quad (21)$$

где  $\alpha$ ,  $\varphi$  - угол соответственно скоса направляющих и угол трения.

$$\text{Получим } Q = 3331 \cdot \text{tg}(15 + 5^\circ 43') = 1259 \text{ Н.}$$

Учитываем при расчете погрешности установки заготовки в приспособлении, что оно самоцентрирующее и базовые поверхности окончательно обрабатываются в сборе, поэтому погрешность базирования равна нулю [22].

Чертеж приспособления, выполненный на основе результатов расчетов, представлен в графической части пояснительной записки.

Станочное приспособление состоит из пневматического привода и патрона. С помощью винтов 27 и шайб 40 патрон крепится на шпинделе станка. В направляющие корпуса 7 патрона устанавливаются подкулачники, к которым с помощью винтов 26, шайб 39 и сухарей 20 крепятся сменные кулачки 12. Клин 6 устанавливается в корпусе патрона в центральном отверстии, которое затем закрывает крышка 11 с пробкой 15. Подкулачник 14 входит в Т-образный паз клина 6. С помощью пружины 19, фиксатора 22 и втулки 2 с винтом 28 фиксируется винт 1, который установлен во втулке 3 в отверстии клина. Шток 23 пневматического цилиндра соединен с тягой 21 посредством винта 1 с гайкой 32. К корпусу пневматического цилиндра с помощью винтов 25 с шайбами 38 крепится крышка 10, которая установлена на подшипниках 37 корпуса 9 пневматического привода. Поршень 13 закреплен стопорным винтом 30 гайкой 31 и установлен на конце штока 23. Специально для предотвращения ударов поршня 13 о стенки пневматического цилиндра в нем и выточке крышки 10 предусмотрены

демпферы 5. Кольцом 36 зафиксирован левый подшипник. Втулка 4 устанавливается между подшипниками 37. В корпусе пневматического цилиндра для подачи воздуха просверлены каналы. У каналов выходные отверстия закрываются пробками 16, где предусмотрены уплотнительные кольца 33-35.

Приспособление работает следующим образом. С упором в торец в кулачках 21 устанавливается заготовка. Поршень 13 через шток 23, винт 1 и тягу 21 тянет клин 6 влево при подаче воздуха в поршневую полость пневматического цилиндра. Клин движется внутри подкулачника 14 с закрепленными сменными кулачками 12, которые отходят вниз и осуществляют зажим заготовки. Далее цикл повторяется в обратном порядке и соответственно заготовка разжимается.

### **3.2 Разработка контрольного приспособления**

Для окончательного выборочного контроля после 075 шлифовальной операции для контроля биения поверхностей 14 и 12 относительно поверхности 18 разработано контрольное приспособление с электронным индикатором фирмы Mitutoyo с точностью 0,05 мм.

Контролируемая заготовка устанавливается в цанговой оправке 2. Цанговая оправка 2 устанавливается в отверстии стойки 9, которая крепится на плите 7 посредством винта 3, гайки 5 с шайбой 13. Стойки 10 и 11 по направляющим устанавливаются на плиту 7 и к ним с помощью винтов 4 закрепляются индикаторы 1.

В цанговой оправке 2 устанавливается деталь. Цанги отходят назад и скользят по внутреннему конусу, когда откручивается отжимной винт. Цанги раздвигаются и центрируют деталь. Движение стоек 10 и 11 производится до тех пор, пока вставки индикаторов не упрутся в контролируемые поверхности. Определяют максимальные отклонения показаний индикатора после полного оборота оправки 2. Значение биения определяют по разнице показаний

индикатора.

Для контроля шероховатости обработанной поверхности предлагается проведение эксперимента. При планировании экспериментов необходимо так изменять исходные параметры, чтобы изменялась только та составляющая, в функции которой проводятся исследования [23]. Так, если исследуется шероховатость в функции скорости резания, то изменять можно только диаметр детали, так как изменение частоты вращения обязательно приведет к изменению продольной подачи на оборот. Аналогично, при исследовании зависимости шероховатости от продольной подачи на оборот, изменять можно лишь продольную минутную подачу, так как изменение частоты вращения приведет к изменению скорости резания, что нарушит условия однофакторного эксперимента.

Рекомендуется готовить таблицу экспериментальных данных так, чтобы параметр, в функции которого выполняются исследования, изменялся в диапазоне с шагом целых чисел. Именно для обеспечения такой возможности заложен шаг изменения диаметра детали 0,1 мм. Вообще, можно сразу изменять обе переменные так, чтобы придерживаться запланированного диапазона и шага изменения подачи на оборот при постоянной скорости резания за счет подбора соответствующих значений диаметра детали, или скорости резания при постоянной подаче на оборот за счет подбора продольной подачи.

Далее выполняется моделирование измерения параметров шероховатости и записи профилограммы поверхности. Профилограмма обработанной поверхности записывается на ленте прибора, имеющей сетку горизонтальных и вертикальных линий [21]. При выполнении экспериментов первой части задания в соответствии с заранее составленной таблицей экспериментальных исследований удобно пользоваться кнопкой «Reset». Эта кнопка переводит программу в исходное состояние, где снова можно изменить переменную, в функции которой проводятся исследования и, после выполнения моделирования измерения шероховатости, записать результаты

в таблицу экспериментальных данных в виде параметров шероховатости, которые оцениваются величинами  $R_a$  и  $R_z$ , от скорости резания при неизменных других параметрах процесса обработки, соответствующих исходным данным.

Аналогично проводятся эксперименты по определению зависимостей параметров  $R_a$  и  $R_z$  шероховатости поверхности от продольной подачи на оборот детали при других неизменных параметрах процесса обработки.

Измерения параметров шероховатости необходимо проводить только при длине измерений, которая афишируется на графическом поле главного интерфейса, когда она превышает минимальное значение длины измерений в зависимости от параметров шероховатости  $R_a$  и  $R_z$ . В этот момент на графическом поле появляется значение параметра  $R_z$  шероховатости.

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

Техническим объектом исследования рассматривается в данном разделе техпроцесс изготовления пробойника механического прессы центра «Формула Студент».

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

Характеристики технического объекта приведены в таблице 12.

Таблица 12 – «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 пробойника	Фрезерная операция	Фрезеровщик	Вертикально-фрезерный с ЧПУ ГФ5171М, Радиусная концевая фреза Т5К10	Сталь 20Х2Н4А по ГОСТ 4543-2016, ветошь, СОЖ
Техпроцесс изготовления пробойника	Внутришлифовальная операция	Шлифовщик	ЗК227В, Шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007	Сталь 20Х2Н4А по ГОСТ 4543-2016, ветошь, СОЖ
Техпроцесс изготовления пробойника	Токарная операция	Токарь	ВСТ-625-21, Резец проходной, резец расточной сборный с твердосплавными пластинами	Сталь 20Х2Н4А по ГОСТ 4543-2016, ветошь, СОЖ

Для анализа и предложения мероприятий по обеспечению безопасности рассматривались три технологические операции: токарная, внутришлифовальная и фрезерная. В качестве объекта выбран технологический процесс изготовления пробойника.

## 4.2 Идентификация профессиональных рисков

Анализ, выбор и идентификация профессиональных рисков, связанных с изготовлением пробойника, показан в таблице 13.

Таблица 13 – «Идентификация профессиональных рисков»

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник и/или вредного производственного фактора» [4]
Фрезерование, фрезеровка, токарная, точение, внутришлифовальная, шлифование.	«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]	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 14 указаны методы и средства, необходимые при защите от вредных и опасных производственных факторов.

Таблица 14 – «Организационно-технические методы и технические средства (технические устройства) устранения (снижения) негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов» [4]

«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 противошумных 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 15 – 17 указаны опасные факторы возможного пожара, его класс, а также рассмотрены возможные источники возникновения пожара и средства, необходимые для его устранения.

Таблица 15 – «Идентификация классов и опасных факторов пожара»

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие проявления факторов пожара» [4]
Производственный участок	ВСТ-625-21. 3К227В. ГФ5171М.	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 16 – «Технические средства обеспечения пожарной безопасности»

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки и системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	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 ЦПП-Б	Автоматические извещатели» [4]

Таблица 17 – «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 пробойника. Станки механической обработки.	«Применение смазочно-охлаждающих жидкостей с использованием негорючих веществ Хранение промасленной ветоши в негорючих 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 три технологические операции: фрезерная, токарная и внутришлифовальная. Техническим объектом исследования рассматривался в данном разделе техпроцесс изготовления пробойника механического пресса центра «Формула Студент».

Рассмотрим применяемое оборудование, используемые инструменты, приспособления и материалы в ходе проведения технологического процесса изготовления пробойника на предмет их негативного воздействия на окружающую среду. Для обеспечения экологической безопасности технического объекта определим опасные факторы и определим необходимые мероприятия для их снижения (таблицы 18 и 19).

Таблица 18 – «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 пробойника	ВСТ-625-21. 3К227В. ГФ5171М.	«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 19 – «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 пробойника
«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.

Техническим объектом исследования рассматривался в данном разделе техпроцесс изготовления пробойника механического прессы центра «Формула Студент». Для анализа и предложения мероприятий по обеспечению безопасности анализировались три технологические операции (таблица 12): фрезерная, токарная и внутришлифовальная.

В таблице осуществлен анализ, выбор и идентификация профессиональных рисков, источниками которых являются оборудование, приспособление, инструмент и материал, необходимые при изготовлении пробойника. Это обрабатывающие станки – горизонтально-фрезерный станок с ЧПУ 6P81ГМФ3-1, торцевнутришлифовальный 3К227В; приспособления – 3-х кулачковый патрон ГОСТ 2675-80, мембранный патрон ОСТ 3-3443-76, цанговый патрон ОСТ 1-52345-79, приспособление специальное самоцентрирующее с гидроприводом ОСТ 3-3907-77; инструмент – резец проходной и расточной, шлифовальный круг ГОСТ Р 52781, радиусная фреза и материалы – сталь 20Х2Н4А ГОСТ 4543, СОЖ.

Далее в таблице 14 указаны методы и средства, необходимые при защите от вредных и опасных производственных факторов.

В таблицах 15-17 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 18 и 19).

## 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 020 Токарную чистовую, основные нюансы которых описаны в предыдущих разделах работы. Далее предстоит рассчитать эффективность с точки зрения экономической целесообразности применения данных изменений.

Все необходимые технические параметры: машинное и штучное время, модель оборудования до и после совершенствования технологического процесса, наименование инструмента и оснастки, также до и после совершенствования, применяемые на операции 020, 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 15.03.03 «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 5, показаны значения слагаемых капитальных вложений, сумма которых составит 31039,02 руб.

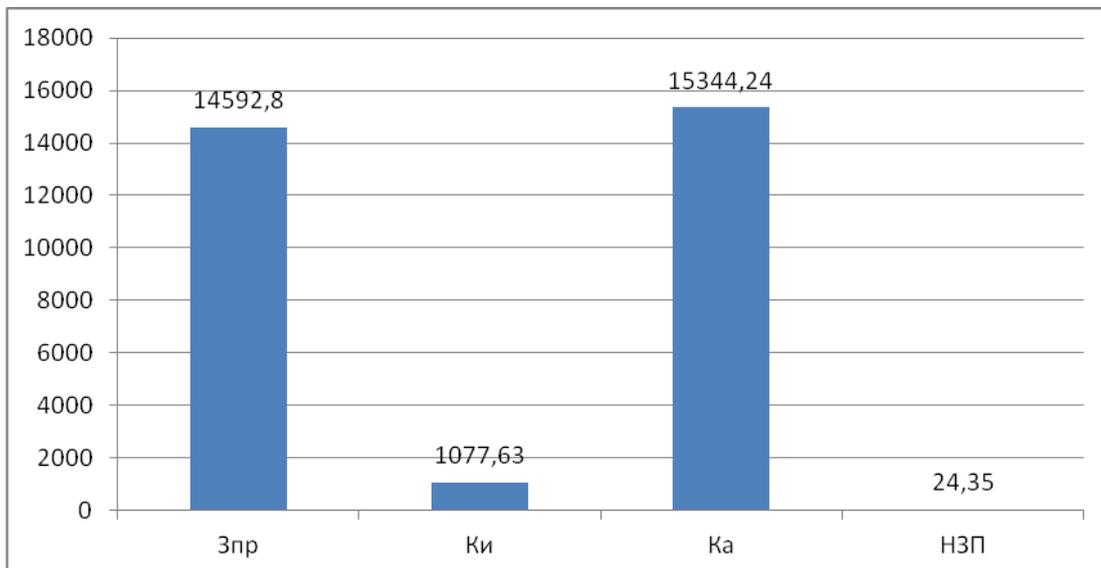


Рисунок 5 – Величина затрат, входящих в капитальные вложения, предложенного проекта, руб.

Анализируя, представленные на рисунке 5, данных, можно сделать вывод о том, что самыми капиталоемкими затраты, имеющими примерные одинаковые величины являются два показателя:

- прямые капитальные вложения в перепрограммирование оборудования под изменившиеся условия работы оборудования (КА), величина которых составила 49,51 % от общей суммы капитальных вложений;
- затраты на проектирование (ЗПР), с долей 47,01 % от всей величины капитальных вложений.

Самыми незначительными является объем незавершенного производства (НЗП), доля которого составила всего 0,08 %. К средним показателям по влиянию на капитальные вложения можно отнести: затраты на инструмент с долей 3,47 %.

На рисунке 6 представлены показатели, из которых складывается технологическая себестоимость детали «Пробойник механического пресса центра «Формула Студент»», 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 метался, поэтому расходы на материал остаются без изменения.

Анализируя диаграмму на рисунке 6, видно, что максимальное, примерно близкое друг к другу по значению, влияние на технологическую себестоимость оказывают два показателя:

- величина заработной платы рабочего оператора (ЗПЛ.ОП), занятого на выполнение 020 токарной операции, доля которой в базовом варианте составляет 46,27 %, а в проектируемом – 45,7 %;
- расходы на содержание и эксплуатацию оборудования (РЭ.ОБ), в базовом варианте доля этого показателя составила 38,08 %, а проектируемом варианте – 38,84 %.

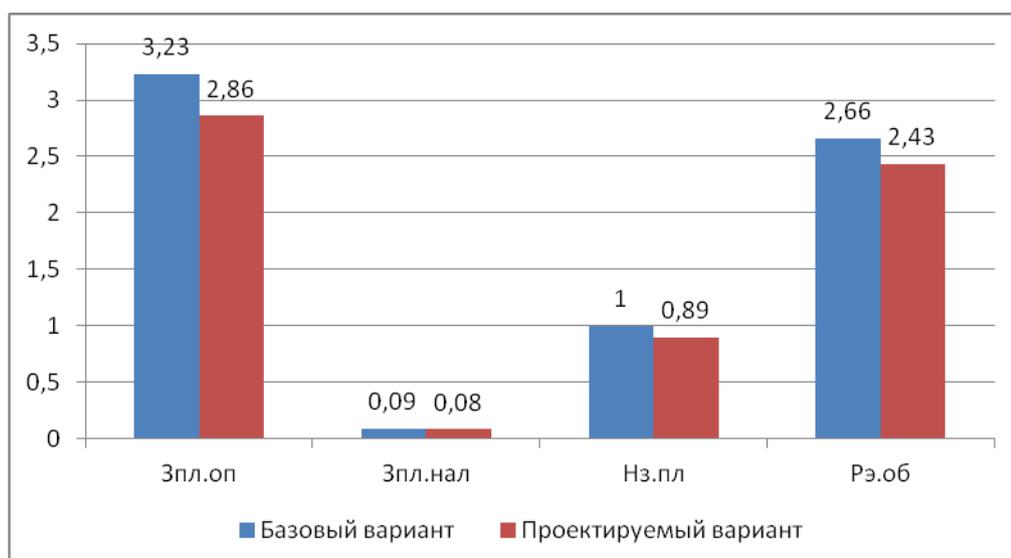


Рисунок 6 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали «Пробойник механического пресса центра «Формула Студент»», по вариантам, руб.

На третьем месте по влиянию на величину технологической себестоимости находится начисления на заработную плату (*НЗП*), доля которых составляет: в базовом варианте 14,36 %, а в проектируемом – 14,19 %. Самое незначительное влияние оказывает заработная плата наладчика (*ЗПЛ.НАЛ*), т.к. его доля составляет: в базовом варианте всего 1,29 %, а в проектируемом – 1,28 %.

Учитывая перечисленные показатели и их величину, технологическая себестоимость (*C<sub>ТЕХ</sub>*) составила: в базовом варианте – 6,98 рублей, а в проектируемом – 6,25 рублей.

Данные показатели позволили сформировать значение полной себестоимости. Результаты калькуляции себестоимости обработки детали «Пробойник механического пресса центра «Формула Студент»» по операции 020 технологического процесса, представлены на рисунке 7.

Согласно рисунку 7, значение полной себестоимости (*C<sub>ПОЛН</sub>*) для базового варианта составило 19,12 рублей, а для проектируемого варианта чуть меньше – 16,99 рублей. Значения по вариантам отличаются, это значит,

что появляется возможность для получения ожидаемой прибыли от снижения себестоимости.

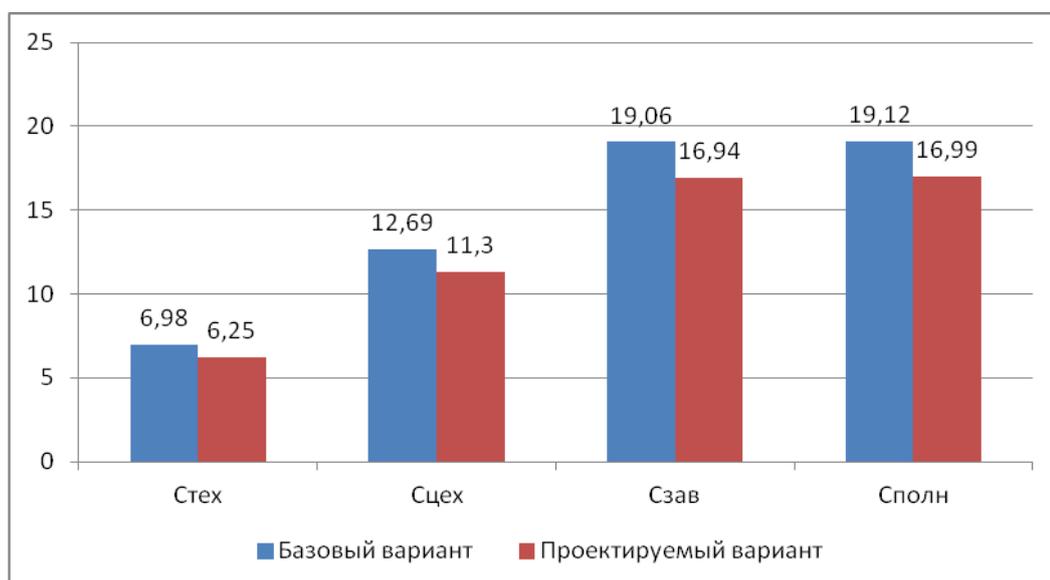


Рисунок 7 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

Дальнейшие расчеты показали, что капитальные вложения, в размере 31039,02 рублей, окупятся в течение 3-х лет. Такой срок является приемлемым для совершенствования технологического характера. Однако прежде чем говорить об его эффективности, проанализируем такой экономический показатель как интегральный экономический эффект или чистый дисконтируемый доход. Величина данного значения составляет 4855,42 рубля со знаком «плюс», что доказывает эффективность предложенных мероприятий. То есть на каждый вложенный рублю будет получен доход 1,16 рублей.

## Заключение

При выполнении выпускной квалификационной работы были получены результаты с использованием средств инженерных расчетов и компьютерной графики. В работе предложен техпроцесс изготовления пробойника, который является особо ответственной деталью в составе конструкции механического пресса. Учитывались самые высокие требования изготовления и материалу пробойника, исходя из его служебного назначения, так как деталь в механическом прессе работает в условиях переменных нагрузок и высоких скоростей.

В работе было осуществлено применение высокопроизводительных станков, таких как полуавтоматы и станки с ЧПУ. При установке заготовки по базовой поверхности 14 поверхность 6 обрабатывалась начисто на токарной чистовой операции; для исключения погрешности базирования заготовка базировалась по поверхности 14; производилась обработка поверхностей 25, 26 и отверстия 29 на одной операции; для увеличения точности обработки фрезерная обработка кулачков 22, 23 и пазов 27, 28 проводилась на одной операции; использован мембранный патрон для шлифования отверстий 14 и 18 одновременно; применена электрохимическая обработка вместо слесарной; применение высокопроизводительного комбинированного инструмента; для токарной операции спроектирован патрон самоцентрирующий; проведен анализ безопасности и экологичности технического объекта и предложены соответствующие мероприятия; проведен анализ экономической эффективности после внесения предлагаемых изменений в технологическом процессе.

Работа проводилась в рамках мероприятий центра «Формула Студент». В представленных в работе разделах рассматривались вопросы применения высокопроизводительных станков, таких как полуавтоматы и станки с ЧПУ.

## Список используемых источников

1. Балашов В.М. Проектирование машиностроительных производств: учебное пособие / В.М. Балашов, В.В. Мешков. – Старый Оскол: ООО ТНТ, 2018. 200 с.
2. Безъязычный В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебник. – М. : Инновационное машиностроение, 2016. 568 с.
3. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. – М. : Альянс, 2015. 256 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. Косов Н.П. Технологическая оснастка: вопросы и ответы: учебное пособие / Н.П. Косов, А.Н. Исаев, А.Г. Схиртладзе. – М. : Машиностроение, 2005. 304 с.

11. 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.
12. Приходько И.Л. Проектирование заготовок: учебное пособие / И.Л. Приходько, В.Н. Байкалова. – М. : Издательство РГАУ–МСХА, 2016. 171 с.
13. Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2016. 330 с.
14. 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.
15. Сулов А.Г. Технология машиностроения: учебник. – М. : КНОРУС, 2013. 336 с.
16. Сысоев С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб. : Издательство «Лань», 2016. 352 с.
17. 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.
18. Филонов И.П. Инновации в технологии машиностроения: учебное пособие / И.П. Филонов, И.Л. Баршай. – Минск : Вышэйшая школа, 2009. 110 с.
19. Aghdam A.B. On the correlation between wear and entropy in dry sliding contact / A.B. Aghdam, M.M. Khonsari. – Wear, 2011. № 270(11-12) – pp. 781–790.
20. Bozina P. Vorrichtungen im Werkzeugmaschinenbau: Grundlagen, Berechnung und Konstruktion / P. Bozina. – Springer Berlin Heidelberg, 2013. 245 p. – ISBN3642327060, 9783642327063.

21. 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.
22. Bryant M.D. Entropy and dissipative processes of friction and wear – FME Transactions, 2009. № 37(2) – pp.55–60.
23. 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.
24. Klocke F. Manufacturing Processes 2: Grinding, Honing, Lapping. Vol. 2 / F. Klocke. – Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2009. 433 p. – ISBN 978-3- 540-92258-2, e-ISBN 978-3-540-92259-9, DOI 10.1007/978-3-540-92259-9.
25. Nee A. Y. C. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / A. Y. C. Nee. – London : Springer Reference, 2015. 3491 p.







## Приложение Б

### Операционные карты

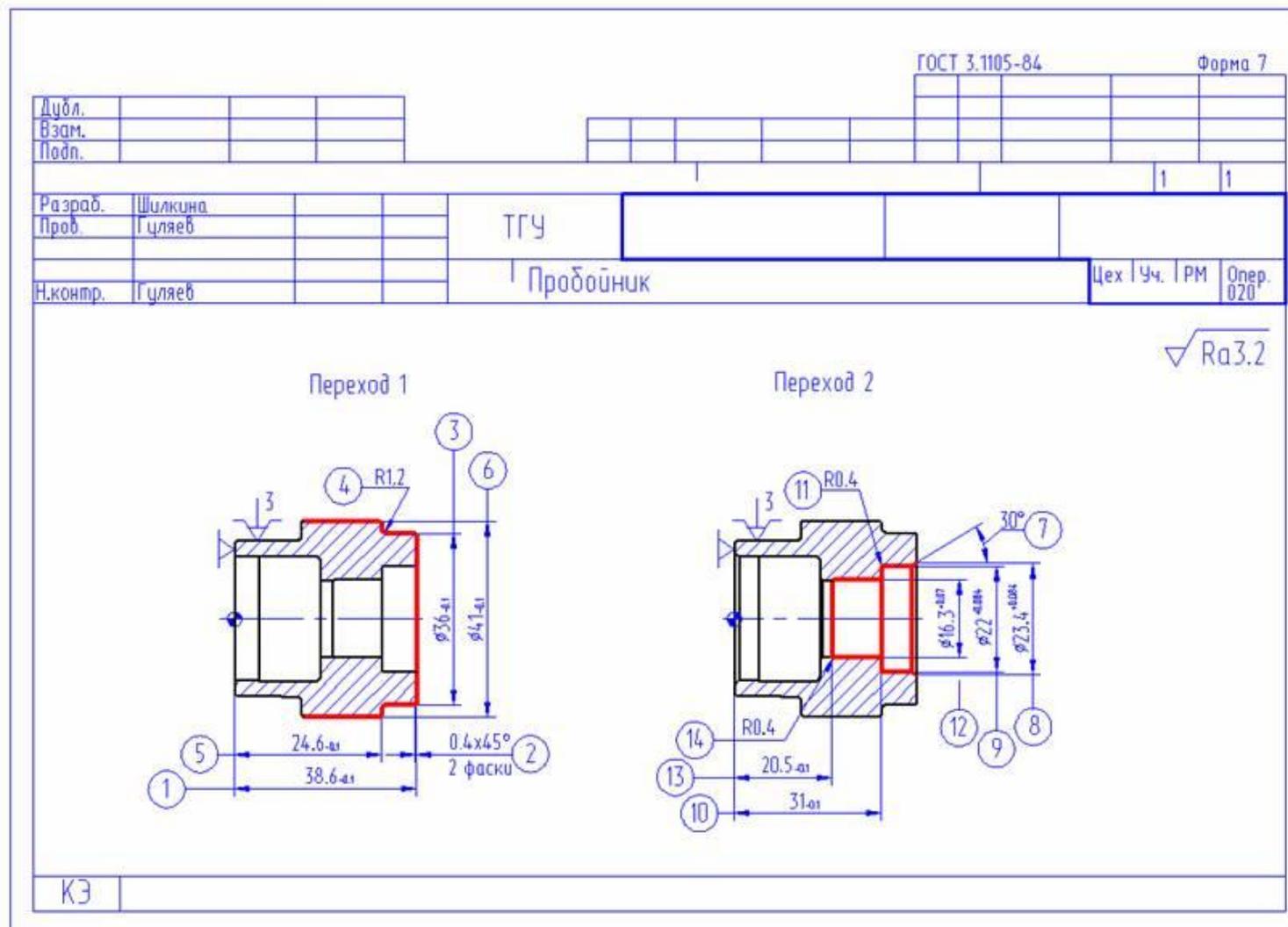
Таблица Б.1 – Операционные карты

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3

Дубл.																	
Взам.																	
Подп.																	
												1	1				
Разраб.	Шилкина			<b>ТГУ</b>													
Пров.	Гуляев																
Н. Контр.	Гуляев			<b>Пробойник</b>										Цех	Уч.	PM	Опер
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры				МЗ	КОИД					
4110 Токарная		Сталь 20Х2Н4А		200 НВ	166	0,13	∅45х42,5				0,53	1					
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	Тв	Тлз	Тшт	СОЖ									
ВСТ-625-21 CNC34		XXXXXX		0,259	0,758	21	1,078	Укринол- 1									
Р		ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V								
01			мм	мм	мм		мм/об	об/мин	м/мин								
002	1. Установить и снять заготовку																
T03	396111XXX- патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80																
004	2. Точить поверхн., выдерж. разм. 1-6																
T05	392110XXX- резец-вставка 25х25 ОСТ 2.И. 10.1-83 Т15К6; 393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83;																
T06	393120XXX- калибр-скоба ГОСТ 2216-84																
P07				XX	36	16	0,35	1	0,20	1600	180,8						
P08				XX	41	21	0,35	1	0,20	1250	160,9						
009	3. Расточить отв., выдерж. разм. 7-14																
T10	392110XXX- резец-вставка расточной ОСТ 2.И. 10.1-83 Т15К6; 393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83;																
T11	393120XXX- калибр-пробка ГОСТ 2216-84																
P12				XX	22	24	0,35	1	0,20	2000	138,2						
ОКП																	

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1





Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

				ГОСТ 3.1105-84				Форма 7	
Дубл.									
Взам.									
Подп.									
				1		1			
Разраб.	Щилкина			ТГУ					
Проб.	Гцяев								
Н.контр.	Гцяев			Пробойник				Цех	Уч.   РМ
								Опер.	060

$\sqrt{Ra0,4}$

The drawing shows a cross-section of a probe. It features a central hole with a diameter of  $\phi 16 \pm 0.016$ . A surface finish requirement of  $Ra 0,4$  is indicated for the inner surface. A feature control frame at the bottom of the hole specifies a circular runout tolerance of  $0,030$  at feature A. A circular feature is labeled with a circled '1' and a square 'A' is also present near the top of the hole.

КЭ	
----	--



Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

