

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

Институт машиностроения  
(наименование института полностью)

---

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»  
(наименование)

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

Проектирование технологических процессов  
(направленность (профиль) / специализация)

---

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления корпуса механизма зажима

---

Обучающийся

Н.И. Дергунов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент В.А. Гуляев

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

Консультант(ы)

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2022

## Аннотация

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

## Содержание

Введение.....	4
1 Анализ объекта проектирования.....	6
1.1 Анализ технологичности объекта проектирования.....	6
1.2 Формулировка задач работы.....	10
2 Технология изготовления детали.....	12
2.1 Расчет заготовки, выбор методов и средств оснащения.....	12
2.2 Расчет технологической операции.....	19
3 Расчет и проектирование средств оснащения.....	24
3.1 Проектирование основного приспособления.....	24
3.2 Проектирование вспомогательного приспособления.....	28
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	33
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	33
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	34
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	35
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	37
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	39
5 Экономическая эффективность работы.....	41
Заключение.....	46
Список используемых источников.....	47
Приложение А. Технологическая документация.....	49

## Введение

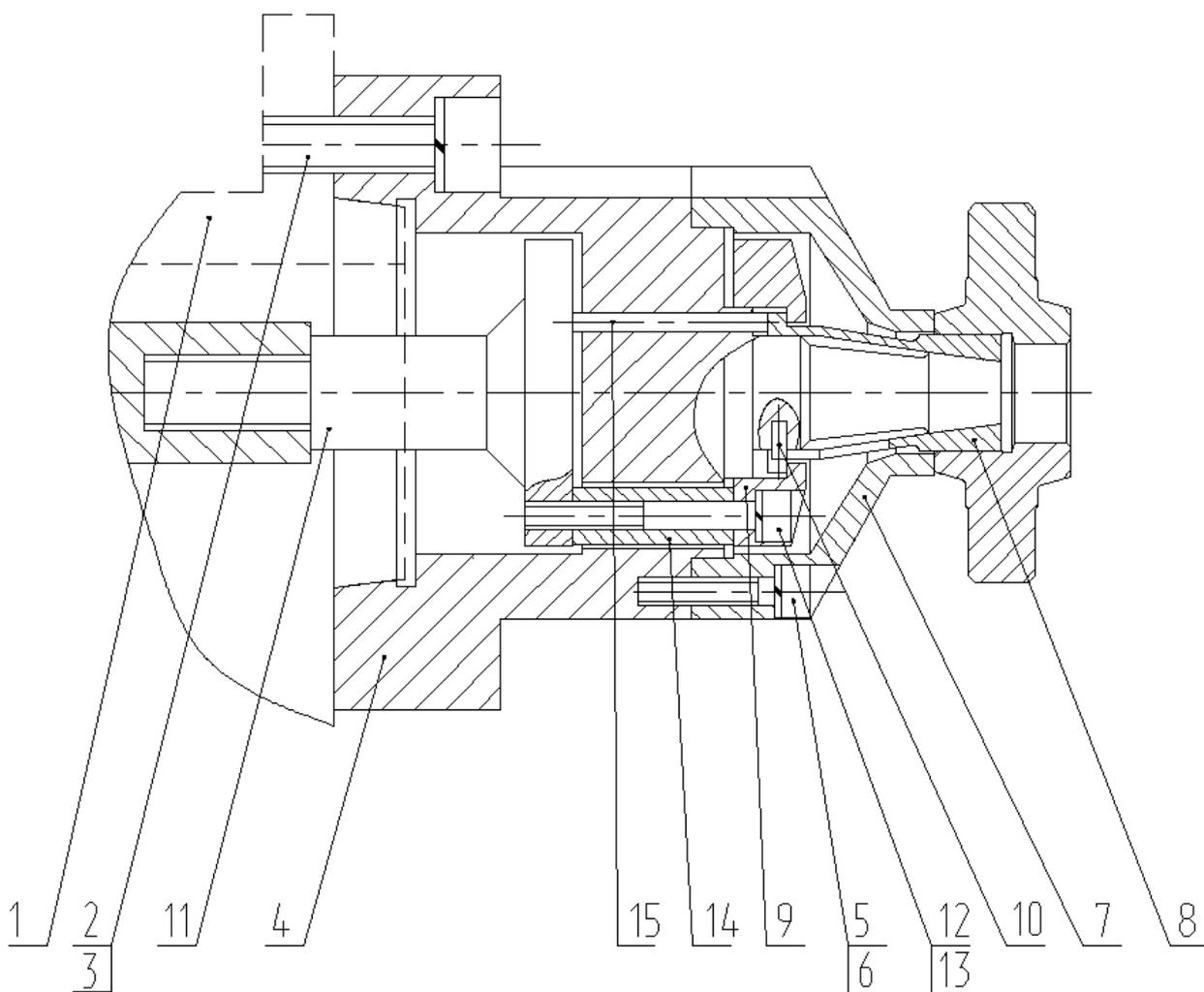
Станкостроение, является одной из ключевых отраслей любой экономики мира. Это высокотехнологичная отрасль является показателем научно-технологического развития страны. Технологические процессы, содержащие целенаправленные решения по корректировке и установлению состояния трудовых орудий, есть главная часть производственного процесса. Во время осуществления технологических процессов выполняется корректировка геометрических размеров, а также форм, свойств трудовых предметов физического и химического типа. Процессы делятся на главные, сопутствующие, сервисные и неосновные хозяйства в соответствии с их масштабом и производственной функцией. Технологические процессы, которые производят основной набор продуктов, выпускаемых предприятием. В значительной степени от слаженной работы производственных объектов (вспомогательного и обслуживающего типов), на которые возложена задача оптимального снабжения основного производства оборудованием, материалами и так далее, зависит своевременное и надежное выполнение непосредственно основного типа производства. В производственной области автоматизированной продукции остаётся тенденция к соединению главных и процессов сервисного типа. Начиная с конца семидесятых и начала восьмидесятых годов двадцатого века в машиностроении начинают в большом количестве внедряться станки с ЧПУ. При внедрении наряду с увеличением производительности стали проявляться проблемы с привязкой и настройкой инструмента. Которые, несмотря на увеличение скорости обработки и повышение качества изготовления, выливались в серьёзные потери времени при предварительной настройке оборудования перед работой. Разработчики станочного оборудования не оставили без внимания эту проблему. Решить эту задачу на необходимом уровне позволило появление в конце девяностых годов двадцатого века электронно-вычислительных машин с встроенными базами данных инструмента,

используемого в производстве и интеграцию их в процесс предварительной размерной настройки инструмента, модернизировав при этом и приборы измерения, дополнив их функционал возможностью получения, обмена и хранения данных о инструменте и возможности передачи их непосредственно на станок в управляющий блок ЧПУ. На основе этого оборудования вначале за рубежом, а потом и в России стала внедряться автоматизированная система управления инструментом, или по-другому системы «tool менеджмента», с автоматизированным учётом оборотного инструмента. Приборы для размерной настройки инструмента вне станка практически не претерпели больших изменений в плане механической части. А, именно, во многом остаются без изменений системы крепления инструмента для проведения измерений, системы микрометрических подач, станины приборов. Процесс модернизации шёл по пути интеграции электронных средств измерения в приборы, и создания программного обеспечения для работы с прибором и обменом данными с базами накопителей и обслуживаемыми станками. В связи с этим важной задачей инженера-технолога является разработка рациональных и экономически целесообразных технологических процессов изготовления элементов сцепки с учётом прогрессивных технологий, приспособленных к условиям конкретного предприятия, которые обеспечат высокую производительность производства продукции при ее наименьшей себестоимости. Необходимо «разработать новый технологический процесс изготовления детали «корпуса» [18] механизма зажима, использовать при обработке детали высокопроизводительное оборудование и специальную технологическую оснастку с использованием современных подходов к обеспечению точности обработки и снижению трудоемкости изготовления.

## 1 Анализ объекта проектирования

### 1.1 Анализ технологичности объекта проектирования

Корпус механизма зажима является основой для направления рабочего органа механизма зажима в виде штока. Часть механизма зажима представлена на рисунке 1.



1 – часть шпинделя; 2 – установочные винты; 3 – шайбы; 4 – корпус механизма зажима; 5 – крепежные винты; 6 – шайбы; 7 – опора; 8 – цапга; 9 – кольцо; 10 – штифт; 11 – шток; 12 – крепежные винты; 13 – шайбы; 14 – втулки; 15 – плунжеры.

Рисунок 1 – Часть механизма

Деталь относится к классу тел вращения и устанавливается в специальном приспособлении, применяемом при обработке корпусных деталей и необходима для направления прижима на штоке для фиксации заготовки зажимом. Корпус в приспособлении неподвижен и подвергается равномерным значительным переменным нагрузкам [2]. Материал детали – сталь 19ХГН ГОСТ 4543 [8].

Исполнительными являются все поверхности корпуса, которые предназначены для направления движения штока зажима, а также для его фиксации. Это направляющее отверстие, а также отверстие под направляющую штифт-шпонку (поверхности 3 и 6). Основной конструкторской базой является резьбовое посадочное отверстие и торец, которым она упирается в поверхность шпинделя (поверхности 22 и 26). Плоскость с отверстиями под направляющий штифт и резьба для крепления планки являются вспомогательными конструкторскими базами (поверхности 10, 12, 14, 16, 23, 28, 30-33, 35 и 37). Остальные поверхности относятся к категории свободных. Показано на рисунке 2. Физико-механические свойства стали 19ХГН определяются ее «химическим составом, который приведен в таблице 1. Параметры материала даны в таблице 2» [12].

Таблица 1 – Химический состав

Элемент	C	Si	Mg	P	S	Cr	Mo	Ni
Содержание, %	0,16-0,21	0,17-0,37	0,7-1,0	0,035	0,035	0,8-1,1	0,1	0,8-1,1

В таблице указаны: C – углерод, Si – кремний, Mg – магний, P – фосфор, S – сера, Cr – хром, Mo – молибден, Ni – никель. Основным химическим элементом в рассматриваемом материале является Fe – железо, содержание которого может принимать значение из интервала 96-97 %.

Таблица 2 – Физико-механические свойства

Сортамент	$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, кДж/м <sup>2</sup>	НВ
поковка	930	1180	7	60	69	217

Коэффициент обрабатываемости материала, как быстрорежущим, так и твердосплавным инструментами, равен единице. Заготовку детали можно получать с учетом ее цилиндрической формы, как из штамповки, так и из проката.

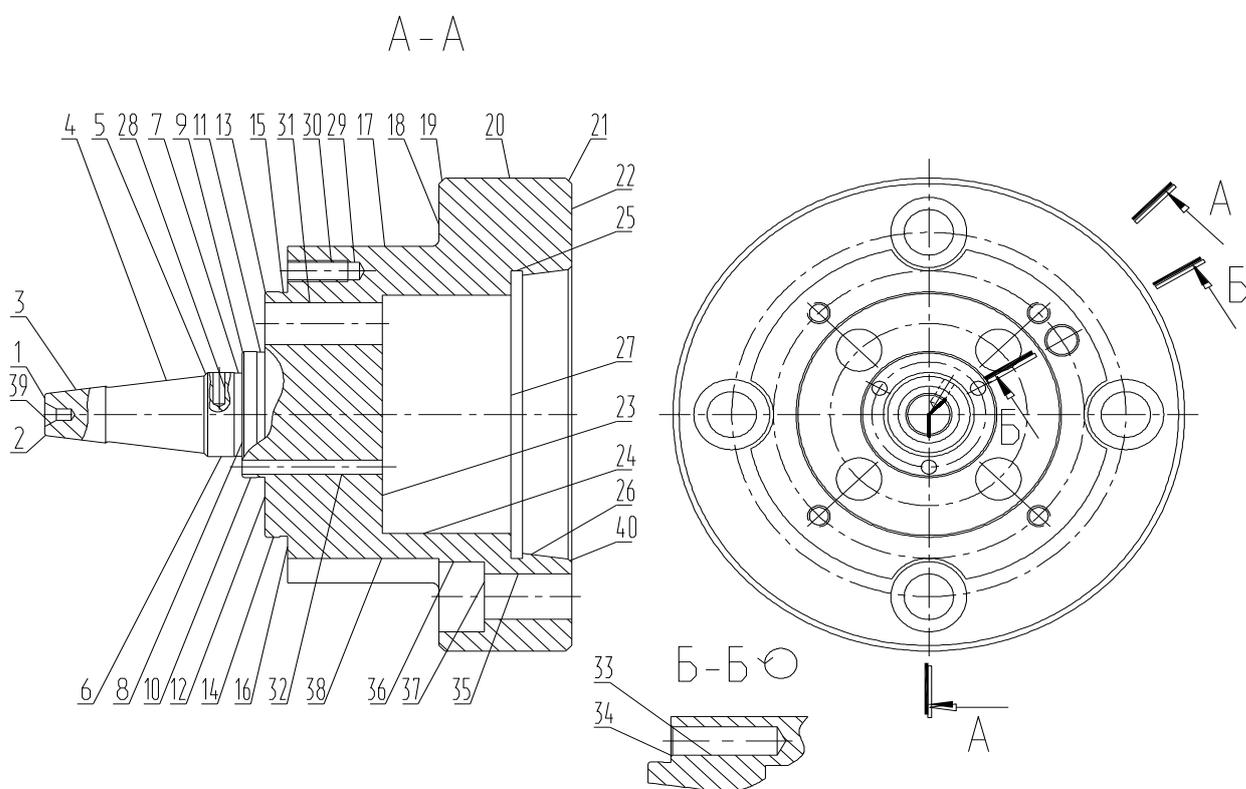


Рисунок 2 – Классификация поверхностей

Для заготовки из проката можно использовать как горячекатаный, так и калиброванный прокат. Так как прокат будет цельный пруток, из-за обработки центрального отверстия с его высверливанием, «коэффициент использования материала будет небольшим. Для штамповки перепад габаритных размеров приемлем, что делает использование данного метода

получения заготовки» [9] для годового объема выпуска в 10000 деталей рациональным.

Деталь имеет симметричную форму из-за наличия двух плоскостей, которые расположены параллельно друг другу с одинаковым расстоянием от осевой линии детали. Это дает возможность отказаться от использования точной поворотной индексации заготовки при обработке этих плоскостей. Направляющее отверстие под шток требуется изготовить по высокому шестому качеству с малым отклонением от формы круга. Кроме этого, необходимо обеспечить отклонение от округлости отверстия под направляющий штифт, а также перпендикулярность положения этого отверстия относительно направляющего отверстия под шток. Также необходимо обеспечить отклонение от перпендикулярности опорного буртика относительно резьбы. Для самой установочной резьбы требуется изготовление с высоким классом точности – 4h с шероховатостью 1,25 мкм.

Сам чертеж имеет все необходимые технические требования. Простановка размеров выполнена координатным способом от правого базового торца детали. Данная деталь имеет группу взаимосвязанных поверхностей. Это две плоскости параллельные друг другу и расположены на одной из плоскостей группа направляющих и крепежных отверстий. Из этого вытекает необходимость обработки данной группы поверхностей на одной технологической операции с одного технологического станова. Для точного позиционирования плоскостей необходимо обеспечить непрерывность закрепление заготовки, а для углового ориентирования необходимо использовать точные делительные приспособления. В целом деталь имеет среднюю технологичность для среднесерийного типа производства с программой выпуска 10000 деталей в год.

## 1.2 Формулировка задач работы

В ходе проведенного анализа предлагаемых в задании исходных данных для совершенствования технологического процесса изготовления корпуса механизма зажима следует решить ряд взаимосвязанных друг из друга в порядке решения технических и технологических задач, сформулировать которые можно следующим образом:

- изучить технологический процесс изготовления детали, применяемое оборудование и приспособления;
- рассмотреть особенности технологического процесса изготовления детали и выбрать пути его совершенствования;
- проанализировать отечественные и зарубежные научные публикации по теме исследования и сделать выводы и предложения по усовершенствованию технологического процесса;
- проанализировать базовый технологический процесс и исследовать пути его совершенствования; выявить оборудование, применяемое на операциях технологического процесса; провести анализ оборудования на предмет его соответствия типу производства;
- провести анализ применяемого оборудования;
- произвести анализ применяемых приспособлений; выявить станочные приспособления, применяемые на операциях технологического процесса; провести анализ приспособлений на предмет их соответствия типу производства; выявить приспособления, обеспечивающие требуемые характеристики качества обработки и производительности;
- произвести анализ применяемого режущего инструмента; произвести анализ режимов резания;
- произвести анализ и расчет контрольного приспособления.

В разделе, исходя из поставленной цели, а также описания служебного назначения детали и ее технологичности были сформулированы задачи

выпускной квалификационной работы. В первую очередь был определен тип производства, так как все характеристики проектируемого «технологического процесса зависят от типа производства» [6]. Было установлено, что деталь легко изготавливается в условиях среднесерийного производства. Исходя из особенностей производства, в следующих разделах будем определять способ получения заготовки и ее проектирование. При этом необходимо рассмотреть не менее двух способов получения заготовки и выбрать наиболее экономичный способ на основе технико-экономического анализа. Далее необходимо «спроектировать план изготовления» [13] детали; «выбрать средства технологического оснащения и спроектировать технологические» [1] операции. «После этого необходимо спроектировать» [19] более совершенное станочное приспособление и режущий инструмент. В заключении необходимо сделать выводы о проделанной работе в соответствии с решенными задачами и сформулировать рекомендации по дальнейшему совершенствованию.

## 2 Технология изготовления детали

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

Выбор типа производства основан на анализе трудоёмкости, которая определяется косвенно по массе самой детали и заданному годовому выпуску. Для массы 4,55 кг. и 10000 деталей в год тип производства – среднесерийный.

Рассмотрим два метода получения заготовки – штамповка на ГКМ и на КГШП.

«Для определения массы заготовки  $M$  при штамповке будем пользоваться формулой

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

где  $M_D$  – масса детали, кг;

$K_P$  равен 1,5.

Получим:

$$M = 4,55 \cdot 1,5 = 6,82 \text{ кг.}$$

Габариты заготовки:

$$D = 135 \cdot 1,05 = 142 \text{ мм.}$$

$$H = 139 \cdot 1,05 = 146 \text{ мм.}$$

Расчетная масса определяется по формуле:

$$m = V \cdot \gamma, \quad (2)$$

где  $V$  – объем заготовки, мм<sup>3</sup>;

$\gamma$  – плотность материала заготовки, кг/мм<sup>3</sup>» [14].

«Геометрический объем всех цилиндрических частей детали будет:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{ПР}}^2 \cdot l_{\text{ПР}} = \frac{3,14}{4} \cdot (142^2 \cdot 146) = 2310996 \text{ мм}^3.$$

Масса заготовки:

$$m = 2310996 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 18,10 \text{ кг}.$$

$$\frac{M}{m} = \frac{6,82}{18,10} = 0,37 \text{ [14].}$$

«Коэффициент использования материала:

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

Выбор в пользу того или иного способа получения заготовки будем определять по его себестоимости:

$$C_{\text{Д}} = C_{\text{З}} + C_{\text{МО}} - C_{\text{ОТХ}}, \quad (4)$$

где стоимость  $C_{\text{З}}$  – заготовки;

$C_{\text{МО}}$  – механической обработки;

$C_{\text{ОТХ}}$  – стружки» [14].

«При штамповке стоимость заготовки:

$$C_{\text{З}} = C_{\text{Б}} \cdot M_{\text{Ш}} \cdot K_{\text{Т}} \cdot K_{\text{СЛ}} \cdot K_{\text{В}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{П}}, \quad (5)$$

где  $C_{\text{Б}}$  – цена 1 кг заготовки, руб./кг;

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

Коэффициенты, которые учитывают:

$K_{\text{Т}}$  – точность;

$K_{\text{СЛ}}$  – сложность;

$K_{\text{В}}$  – массу;

$K_{\text{М}}$  – материал;

$K_{\text{П}}$  – серийность.

Примем  $C_B$  равным 0,315 руб./кг,  $K_T$  равным 1,05,  $K_{СД}$  равным 1,00,  $K_B$  равным 0,89,  $K_M$  равным 1,21 и  $K_{Д}$  равным 1,0» [14].

Тогда

$$C_{31} = 0,315 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,89 \cdot 1,21 \cdot 1,0 = 0,339 \text{ руб.}$$

$$C_{32} = 0,315 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 0,89 \cdot 1,21 \cdot 1,0 = 0,356 \text{ руб.}$$

«Определим стоимость обработки:

$$C_{MO} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{УД}, \quad (6)$$

где  $C_{УД}$  – цена 1 кг материала, руб./кг.

Удельные затраты:

$$C_{УД} = C_C + E_H \cdot C_K. \quad (7)$$

Себестоимость на ГКМ» [14]:

$$C_{T1} = 0,339 \cdot 8,1 + 0,273 \cdot (8,1 - 4,55) - 0,0298 \cdot (8,1 - 4,55) = 3,609 \text{ руб.}$$

На КГШП:

$$C_{T2} = 0,356 \cdot 6,5 + 0,273 \cdot (6,5 - 4,55) - 0,0298 \cdot (6,5 - 4,55) = 2,788 \text{ руб.}$$

$$\text{ГКМ: } K_{ИМ} = \frac{4,55}{8,1} = 0,56.$$

$$\text{КГШП: } K_{ИМ} = \frac{4,55}{6,5} = 0,70.$$

Расчет показал, что штамповка на КГШП выгоднее чем на ГКМ.

Годовой экономический эффект:

$$\mathcal{E}_Г = (C_{T1} - C_{T2}) \cdot N_Г \quad (8)$$

где  $C_{T1}$  – стоимость детали, если используется ГКМ;

$C_{T2}$  – стоимость детали, если используется КГШП.

Получим

$$\mathcal{E}_T = (3,609 - 2,788) \cdot 10000 \cdot 60 = 492600 \text{ руб.}$$

Методы и порядок обработки поверхностей детали сведем в таблицу 3.

Таблица 3 – Последовательность методов обработки

Поверхности	Последовательность обработки	$R_a$	$IT$	$K_T$
1, 2, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 13, 15, 17- 21	«т-тч-то	12,5	14	3,4
39	ц-то-шч	1,25	7	3,4
10	т-тч-то-шч	1,25	9	3,4
12	т-тч-то-шч	2,5	9	2,2
14, 16	т-тч-ш-то-шч	1,25	8	2,2
3, 6	т-тч-ш-то-шч	0,63	7	2,2
22	т-тч-ш-то-шч	0,63	6	2,2
40	рч-то-шч	1,25	7	2,2
26	р-рч-ш-то-шч	0,63	5	2,2
24, 25	р-рч-то	12,5	14	1,2
23	р-рч-то	2,5	12	1,2
32	с-з-то	1,25	9	1,2
28, 33	с-з-рв-то	1,25	7	1,2
31, 34-37	с-то	12,5	14	1,2
29, 30	с-рз-то	12,5	10	1,2
38	ф-то» [3]	12,5	14	1,2

Принятые сокращения в таблице 3:

р – «расточивание черновое; рч – расточивание чистовое» [2]; рз – развертывание; ф – фрезерование чистовое; т – точение; «тч – точение чистовое; ш – шлифование; шч – шлифование чистовое; с – сверление» [2]; то – термическая обработка.

Расчетные «припуски на диаметральный размер 82,563 мм и результаты вычислений внесем в таблицу 4 и таблицу 5» [2].

Таблица 4 – Припуски

«Переходы	Элементы, мкм			2Z min	Td/IT	Размеры		Припуск» [2]	
	Rz <sup>i-1</sup>	$\varepsilon_{уст}^{i-1}$	$\rho^{i-1}$			d <sup>i</sup> min	d <sup>i</sup> max	2Z min	2Z max
«первый	360	-	944	-	3600 16	75,696	79,296	-	-
второй	90	120	56	-	540 13	81,379	81,919	6,223	2,083
третий	50	60	38	2,25 4	140 10	82,123	82,263	0,884	0,204
четвертый	30	30	19	0,39 7	35 7	82,424	82,459	0,336	0,161
пятый» [2]	15	15	9	0,19 7	10 4	82,557	82,567	0,143	0,098

Таблица 5 – Припуски на обработку поверхностей

«Операция	Поверхности	Припуск Z, мм	Обработка
005	1, 3, 6, 8, 10, 12, 14, 16- 18	2,3	обтачивание
010	20, 22- 24, 26, 27	2,3	обтачивание
015	1-19	0,4	обтачивание
020	20-27	0,4	обтачивание
025	3, 6, 14, 16	0,17	шлифование
030	26	0,15	шлифование
	22	0,17	
065	3, 6, 14, 16	0,08	шлифование
070	10, 12	0,10	шлифование
075	22, 26	0,08	шлифование» [2]

Для «штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе» [15] основные параметры будут такие. Штамповочные уклоны не более 5°. Радиусы закруглений не более 5 мм. Для назначения табличных допусков и припусков по ГОСТ 7454-89 необходимо выбрать исходные параметры для определения исходного индекса. Для 19ХГН группа стали – М2; для конфигурации детали степень сложности – С2; для пресса ГКШП класс точности – Т2. Тогда по номограмме исходный индекс равен 10 [9]. На рисунке 3 представлена схема припусков.

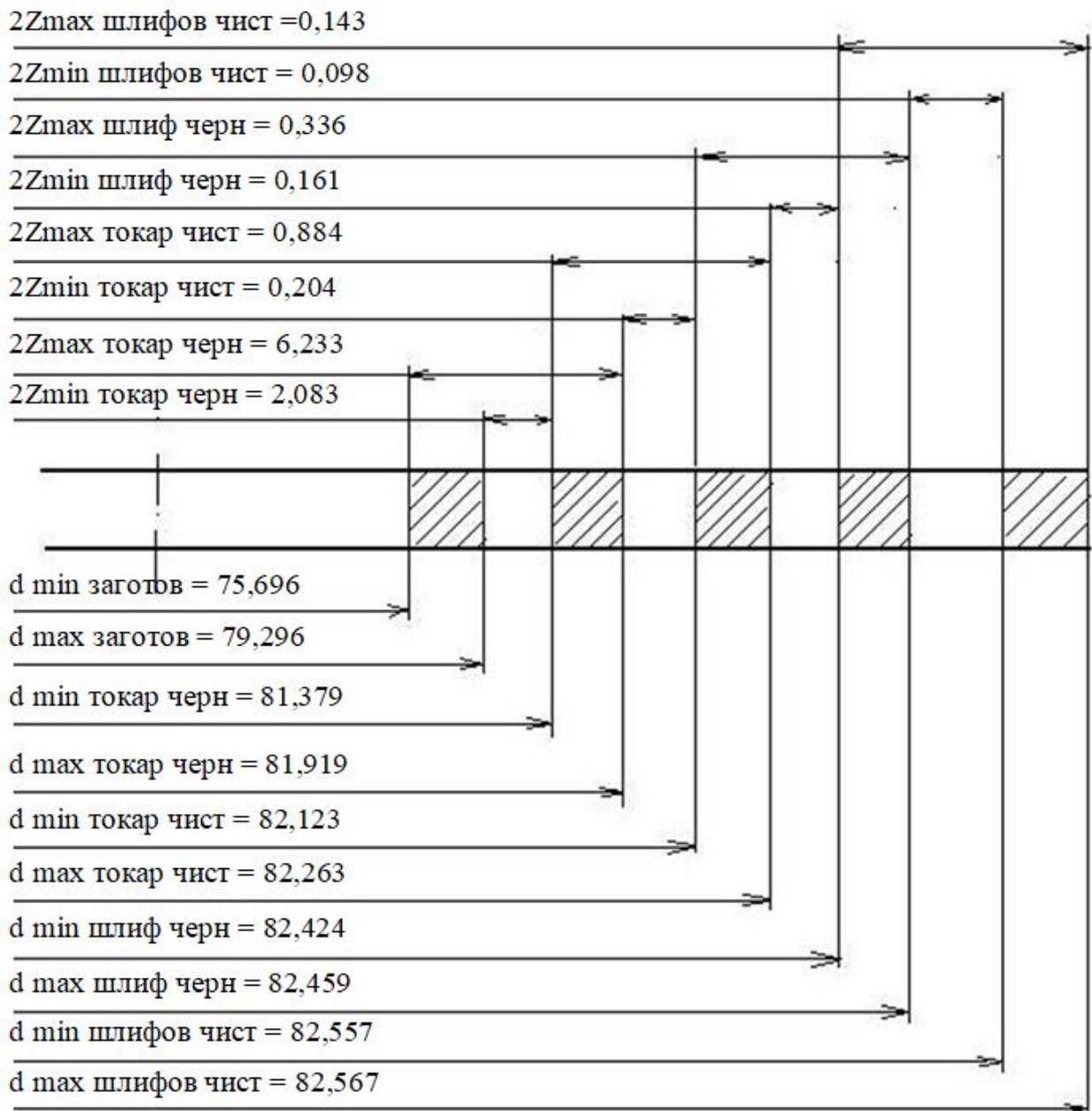


Рисунок 3 – Схема припусков на размер 40H7

На основе рекомендаций и справочных данных [24] необходимо сформировать маршрут изготовления детали для дальнейшей разработки плана изготовления. Для формирования маршрута изготовления при выбранном типе производства необходимо учитывать принципы концентрации и дифференциации технологических переходов. Учитывая особенности изготавливаемой детали за основу возьмем принцип концентрации технологических переходов, что в итоге должно привести к

сокращению времени на обработку за счет максимального использования потенциала выбранного оборудования. В таблице 6 представлены технологические операции – номера, наименования и выбранное оборудование для их реализации.

Таблица 6 – Технологические операции

Номер	Название	Оборудование
005, 010	токарная черновая	16A20Ф3 с ЧПУ
015, 020	токарная чистовая	
025, 065, 070	круглошлифовальная	ЗБ153Т
030	внутришлифовальная	ЗК227В
035	сверлильная	6906ВМФ2 с ЧПУ
060	центрошлифовальная	3925

В таблице 7 представлены результаты выбора оборудования, технологической оснастки, режущего и мерительного инструмента, от которого во многом зависят технико-экономические показатели всего технологического процесса в целом.

Таблица 7 – Выбор оборудования и инструмента

Операция	«Оснастка	Режущий инструмент	Мерительный инструмент» [4]
005, 010, 015, 020	«патрон токарный ГОСТ 2675-80.	проходной резец. пластина Т5К10 ОСТ. расточной резец. канавочный резец. центровочное сверло	калибр-скоба ГОСТ 18355-73. калибр-пробка ГОСТ 14807-69. шаблон ГОСТ 2534- 79.
025, 065, 070	патрон поводковый ГОСТ 18259-72.	шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.	калибр-скоба ГОСТ18355-73. шаблон ГОСТ 2534- 79. мерительное приспособление с индикатором ГОСТ 5584-61» [4]
030	патрон цанговый		

Продолжение таблицы 7

«Операция»	Оснастка	Режущий инструмент	Мерительный инструмент» [4]
035	СНП ГОСТ 12195-66	«концевая фреза. центровочной сверло. спиральные сверла. машинный метчик. зенкер. развертка.	калибр-пробка ГОСТ 18355-73. шаблон ГОСТ 2534-79. пробка резьбовая ГОСТ 17756-72.
060			калибр-скоба ГОСТ18355-73. шаблон ГОСТ 2534-79. микроинтерферометр МИИ-6. приспособление мерительное с индикатором ГОСТ 5584-61» [4]

Маршрутные и операционные карты, представленные в Приложении А, содержат данные из таблицы 6 в виде необходимых сведений, соответствующих конструкторско-технологической документации.

## 2.2 Расчет технологической операции

На 015 токарной операции применяется оборудование – станок модели 16А20Ф3 токарно-винторезный с ЧПУ. Инструмент выбираем из таблицы 7 – проходной резец с механическим креплением ОСТ 2.И.10.1-83, пластина Т5К10. Припуск – 0,4 мм. Перемещение инструмента – 0,25 мм/об. «Тогда скорость резания будем рассчитывать по формуле:

$$V = \frac{C_U}{T^{m \cdot t^{x \cdot S^y}} \cdot K_U}, \quad (9)$$

где выберем базовую величину  $C_U$  равную 420;

время работы одной пластины  $T$  равное 60 мин;

табличные величины степеней:  $t$  равно 0,2,  $x$  равно 0,15,  $y$  равно 0,20;

коэффициент, обеспечивающий условия обработки  $K_U$  примем равным 0,77» [16].

Тогда «для точения:

$$V_T = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,4^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 0,77 = 215,9 \text{ м/мин.}$$

Для расточки:

$$V_P = V_T \cdot 0,9 = 194 \text{ м/мин.}$$

Частота:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (10) \gg [8]$$

Диаметр 135 мм «на первом переходе:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 215,9}{3,14 \cdot 135} = 509 \text{ мин}^{-1}.$$

Диаметр 82,1 мм на втором переходе:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 194}{3,14 \cdot 82,1} = 752 \text{ мин}^{-1}.$$

Диаметр 68 мм на третьем переходе:

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 194}{3,14 \cdot 68} = 908 \text{ мин}^{-1} \gg [11].$$

«Определим составляющие силы резания по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P, \quad (11)$$

где  $C_P$  – коэффициент обработки равный 300;

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

$K_P$  – коэффициент коррекции.

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (12)$$

где  $K_{MP}$ ,  $K_{фP}$ ,  $K_{γP}$ ,  $K_{λP}$  и  $K_{rP}$  равны 1,4, 0,89, 1,0, 1,0 и 1,0» [16].

Тогда

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 0,4^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 211,9^{-0,15} \cdot 1,4 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 236 \text{ Н.}$$

«Определим требуемую мощность по формуле:

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (13)$$

Тогда

$$N = \frac{236 \cdot 211,9}{1020 \cdot 60} = 0,82 \text{ кВт.}$$

У станка 16К20Ф3 мощность намного выше и равна 6 кВт, то есть использование выбранного оборудования оправдано. Режимы резания на остальных операциях представлены в таблице 8» [16].

Таблица 8 – Режимы резания

«Операция»	t, мм	S, мм/об.	V <sub>т</sub> , м/мин	n <sub>т</sub> , об./мин	n <sub>пр</sub> об./мин	V <sub>пр</sub> м/мин» [3]
005	2,2	0,5	120	2873	2000	83,5
	2,2	0,5	120	1510	1600	127,1
	2,2	0,5	120	394	400	121,5
	2,2	0,5	120	535	500	111,9
	2,2	0,5	120	1032	1000	116,2
010	2,2	0,5	120	281	315	134,3
	2,2	0,5	108	511	500	105,5
	2,2	0,5	108	423	400	102,1
015	1,57	0,10	12,0	1213	1250	12,3
	0,4	0,25	215,9	716	630	189,9
	0,4	0,25	215,9	975	1000	221,4
	0,4	0,25	215,9	1848	1600	186,9
	0,4	0,25	215,9	2806	2000	153,8
	0,4	0,25	215,9	5500	2000	78,5

Продолжение таблицы 8

«Операция	t, мм	S, мм/об.	V <sub>т</sub> , м/мин	n <sub>т</sub> , об./мин	n <sub>пр</sub> об./мин	V <sub>пр</sub> м/мин» [3]
020	0,4	0,15	194	908	800	170,8
	0,4	0,25	194	908	800	170,8
	0,4	0,25	194	752	800	206,2
	0,4	0,15	215,9	752	800	206,2
	1,4	0,10	140	543	500	128,7
	0,4	0,25	215,9	509	500	211,9
025	0,17	-	35	158	158	35,0
	0,17	1,8/0,5	35	916	158	6,0
	0,17	-	35	461	158	12,0
030	0,17	5400	35	82	82	35
	0,17	5400	35	135	135	35
035	1,57	0,10	12	1213	1250	12,3
	6,7/3	0,30	28	685/44	500	20,4/3
	6,0	0,25	26	690	630	23,7
	3,85	0,20	22	909	800	19,3
	2,75	0,15	20	1158	1000	17,3
	1,85	0,12	18	1549	1600	18,6
	1,35	0,10	18	2123	2000	16,9
	7,0	0,50	26	376	315	21,7
	0,1	0,35	15	604	630	15,6
	0,1	0,30	14	1143	1000	12,2
	0,1	0,30	14	1537	1600	14,5
	0,05	0,50	10	398	400	10,0
	0,05	0,50	8	636	630	7,9
	0,05	0,50	8	849	800	7,5
	0,5	0,50	7	371	400	7,5
065	0,08	-	45	204	204	45,0
	0,08	-	45	597	204	15,4
	0,08	1,1/0,3	45	1194	204	7,7
070	0,10	1,6/0,4	45	398	398	45,0
075	0,08	4200	45	106	106	45
	0,08	4200	45	173	173	45

«При корректировке частоты вращения получим для первого перехода скорость резания при обработке поверхности диаметром 135 мм равную 211,9 м/мин, для третьего перехода при обработке поверхности диаметром 82,1 мм равную 206,2 м/мин, при обработке поверхности диаметром 68 мм равную 170,8 м/мин.

Нормы времени на операции покажем в таблице 9» [17].

Таблица 9 – Нормы времени (в минутах)

Операция	$T_0$	$T_B$	$T_{OP}$	$T_{OB,O-T}$	$T_{П-З}$	$T_{ШТ}$	$n$	$T_{ШТ-К}$
005	0,517	0,362	0,879	0,053	17	0,932	236	1,004
010	0,809	0,318	1,127	0,068	20	1,195	236	1,279
015	0,750	0,481	1,231	0,074	20	1,305	236	1,390
020	1,210	0,425	1,635	0,098	23	1,733	236	1,830
025	0,278	0,388	0,666	0,076	14	0,742	236	0,801
030	0,223	0,329	0,552	0,062	10	0,614	236	0,656
035	6,456	0,684	7,14	0,428	49	7,568	236	7,775
060	0,24	0,407	0,647	0,071	7	0,718	236	0,747
065	0,310	0,573	0,883	0,152	14	1,035	236	1,094
070	0,265	0,407	0,672	0,075	7	0,747	236	0,777
075	0,451	0,490	0,941	0,112	10	1,053	236	1,095

В таблице 9 обозначено «время:  $T_0$  – машинное;  $T_B$  – на управление станком;  $T_{OP}$  – операционное;  $T_{OB,O-T}$  – на удаление стружки и замену инструмента;  $T_{П-З}$  – на ознакомление с чертежом;  $T_{ШТ}$  – штучное;  $T_{ШТ-К}$  – на выполнение технологической операции» [16].

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

### 3 Расчет и проектирование средств оснащения

#### 3.1 Проектирование основного приспособления

В разделе для 015 операции «проведем расчет для выбранных параметров обработки токарного рычажного патрона, а также его конструкционные особенности. Патрон предназначен для реализации схемы базирования и закрепления заготовки при обработке. Ранее при проектировании 015 операции получено значение главной составляющей силы резания 236 Н» [20].

Необходимо «рассчитать усилие зажима заготовки в проектируемом приспособлении, учитывая систему сил, схема которых представлена на рисунке 5 [10]. Сила зажима препятствует силе резания, обеспечивая равенство моментов этих сил» [20].

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

$$W_Z = \frac{K \cdot P_Z \cdot R_0}{f \cdot R}, \quad (14)$$

где  $K$  – запас;

$P_Z$  – составляющая силы резания;

$R_0$  – радиус зажимаемой поверхности;

$R$  – радиус обрабатываемой поверхности [21];

$f$  – параметр подвижности для кулачков с гладкой поверхностью, который равен 0,16» [7].

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

$$W_Z = \frac{2,5 \cdot 99 \cdot 119}{0,16 \cdot 119} = 1547 \text{ Н.}$$

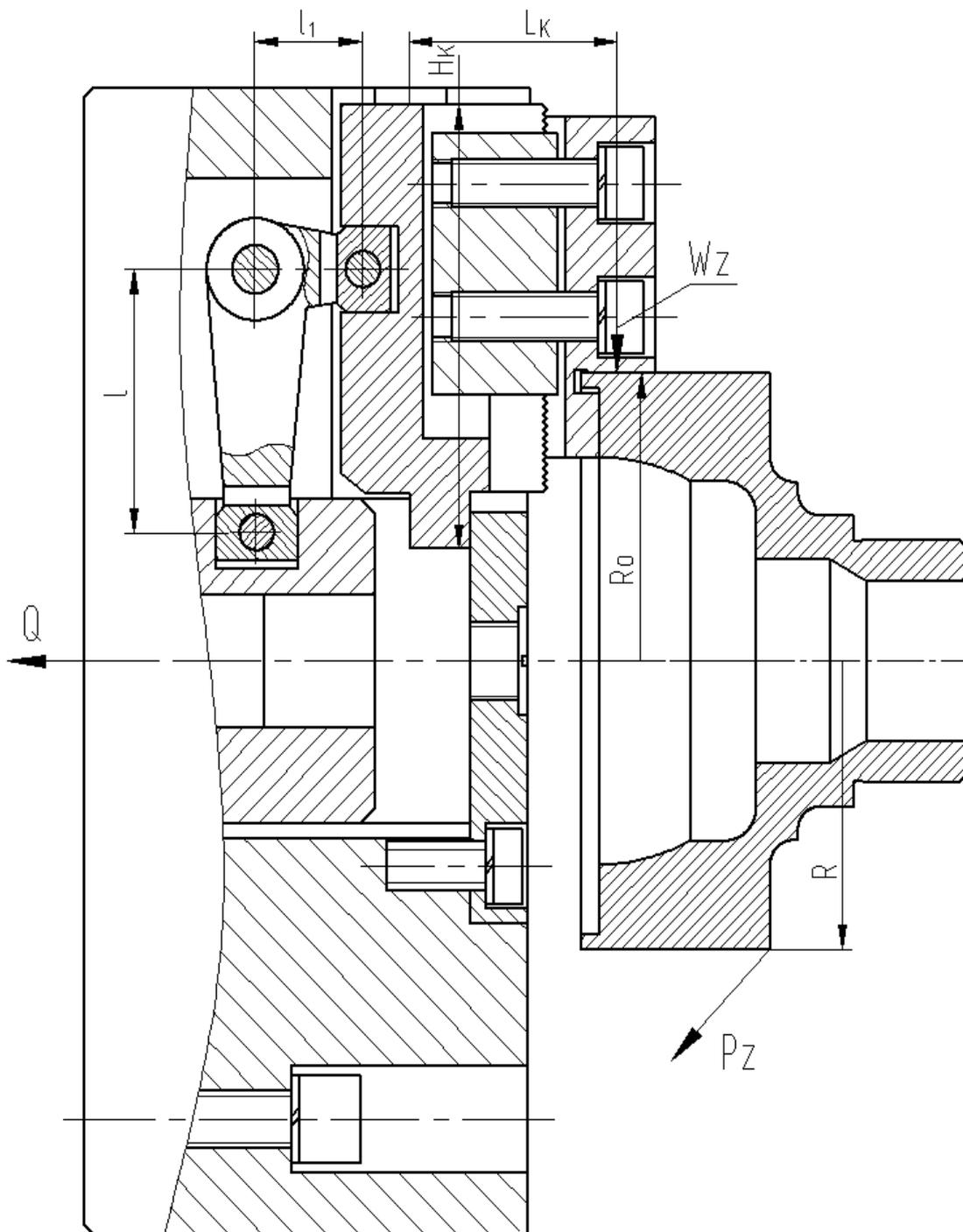


Рисунок 4 – Схема действия сил

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

$$W_1 = \frac{W}{1 - 3 \cdot f_1 \cdot (L/H)}, \quad (15)$$

где  $f_1$  – коэффициент трения равен 0,1 [7];

$L$  – вылет кулачка равен 45 мм;

$H$  – длина направляющей кулачка равна 92 мм» [14].

Тогда получим

$$W_1 = \frac{1547}{1 - 3 \cdot 0,1 \cdot (45/92)} = 1994 \text{ Н.}$$

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

$$Q = W_1 \cdot \frac{l_1}{l}, \quad (16)$$

где  $l_1$  и  $l$  – плечи рычага соответственно равны 22 мм и 55 мм» [16].

При расчете получим:

$$Q = 1994 \cdot \frac{22}{55} = 798 \text{ Н.}$$

«Для обеспечения усилия в 798 Н можно использовать как пневматический привод, так и гидравлический привод [8]. Выбор вида привода согласно условиям обработки отдадим в пользу пневматического привода двустороннего действия с рабочим давлением 0,4 МПа» [8].

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

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

где  $p$  – необходимое давление;

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

Тогда получим:

$$D = 1,17 \cdot \sqrt{\frac{798}{0,4 \cdot 0,9}} = 55,1 \text{ мм.}$$

«Согласно ГОСТ 15608-81 примем ближайшее к расчетному значение для диаметра штока присоединяемого пневматического цилиндра с вращающейся муфтой для резьбового конца шпинделя станка DMTG SKE6150z/1500 100 мм, ход кулачков патрона 3,2 мм и ход рычага 3,5 мм. Для упрощения дальнейших расчетов в настоящей работе погрешностью базирования можно пренебречь» [16].

В графической части работы представлен чертеж станочного приспособления. «Патрон содержит корпус 4, в его направляющих устанавливаются подкулачники 12. Патрон крепится винтами 26 с шайбами 42 к концу шпинделя станка. В пазу подкулачника 12 и в выточке втулки 1 установлены сухари 18, которые установлены на рычаге 16 с помощью осей 9. К подкулачникам 12 сухарями 17 с винтами 25 и шайбами 41 крепятся кулачки 8. К корпусу 4 винтами 24 крепится фланец 20 с пробкой 13. В отверстии корпуса на винте 27 устанавливается втулка 1. Рычаг 16 фиксируется в корпусе патрона осью 10. Винт 27 с помощью гайки 31 крепится к тяге 19, которая, в свою очередь соединена со штоком 21 пневмоцилиндра. На штоке 21 устанавливается поршень 11, который закрепляется гайкой 30 и стопорной шайбой 39. На поршне установлены демпферы 3. Между подшипниками 38 стоит втулка 2. Левый подшипник стопорится кольцом 37. Для подачи воздуха в корпусе пневмоцилиндра просверлены отверстия, выходные отверстия их закрываются пробками 14. Пневмопривод состоит из корпуса 5, в нем на подшипниках 38 устанавливается крышка 7, которая крепится винтами 23 с шайбами 40 к корпусу пневмоцилиндра 6. Для уплотнения в пневмоцилиндре устанавливаются резиновые кольца 32-36» [11].

Разработанный «патрон работает следующим образом: заготовка устанавливается с помощью кулачков 8 с упором в торец. При подаче сжатого воздуха в штоковую полость происходит зажим заготовки. При

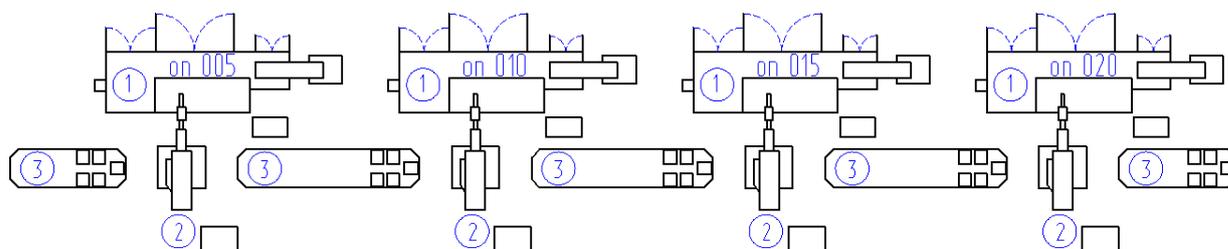
подаче сжатого воздуха в поршневую полость происходит разжим заготовки» [11].

### 3.2 Проектирование вспомогательного приспособления

Для токарных операций «при загрузке и выгрузке деталей принимаем робототехнический комплекс (РТК) М20П.40.01., технические характеристики которого показаны в таблице 10, а эскиз на рисунке 6» [7].

Таблица 10 – Характеристики РТК М20П.40.01

«Грузоподъемность, кг		Число степеней подвижности		Число манипуляторов		Наибольший вылет R, мм	
20		5		1		1100	
Линейные перемещения, мм				Угловые перемещения, град			
по оси Z		по оси R		по $\alpha$		по $\beta$	
500		1100		-90...180		$\pm 3,5$	
Скорость перемещения, м/с				Скорость угловых перемещений, град/с			
по оси Z		по оси R		по $\alpha$		по $\beta$	
0,008...0,5		0,008...1,0		60		30	
				по $\theta$		0,001...0,06	



1 – токарный станок с ЧПУ DMTG СКЕ6150z/1500; 2 – промышленный робот М20П.40.01; 3 – тактовый стол СТ-220

Рисунок 5 – Эскиз автоматизированного-технического комплекса» [7]

«Проведем разработку нового захватного устройства, которое от базового отличается малыми габаритами, надежностью и простотой конструкции.

В процессе перемещения заготовки требуются определенные силы захвата, которые будем определять по формуле:

$$W = K_1 \cdot K_2 \cdot m \cdot g, \quad (18)$$

где  $K_1$  – страховочный коэффициент равен 3;

$K_2$  – передаточный коэффициент» [7].

В «формуле (18)  $m = 0,13$  кг масса заготовки, рассчитанная ранее.  $g$  – ускорение свободного падения ( $9,8 \text{ м/с}^2$ ). Передаточный коэффициент  $K_2$  рассчитаем по формуле:

$$K_2 = \frac{\sin\alpha}{2 \cdot \mu}, \quad (19)$$

где  $\mu$  – коэффициент трения губок в месте контакта равен 0,16;

$\alpha$  – максимальный угол смыкания губок манипулятора  $45^\circ$ » [7].

Тогда «получим:

$$K_2 = \frac{\sin 45^\circ}{2 \cdot 0,16} = 2,2.$$

Окончательно сила захвата:

$$W = 3 \cdot 2,2 \cdot 2,71 \cdot 9,8 = 190 \text{ Н.}$$

Расчетная схема захватного устройства представлена на рисунке 6.

Определим необходимое усилие привода  $Q$  из условия статического равновесия:

$$Q \cdot \eta = \frac{1}{m_c \cdot r_c} \cdot 2 \cdot M, \quad (20)$$

где  $\eta$  – КПД реечной передачи;

$M$  – максимальный момент сил;

$m_c$  – модуль зубчатой передачи сектора равен 2;

$r_c$  – число зубьев сектора равно 11» [7].

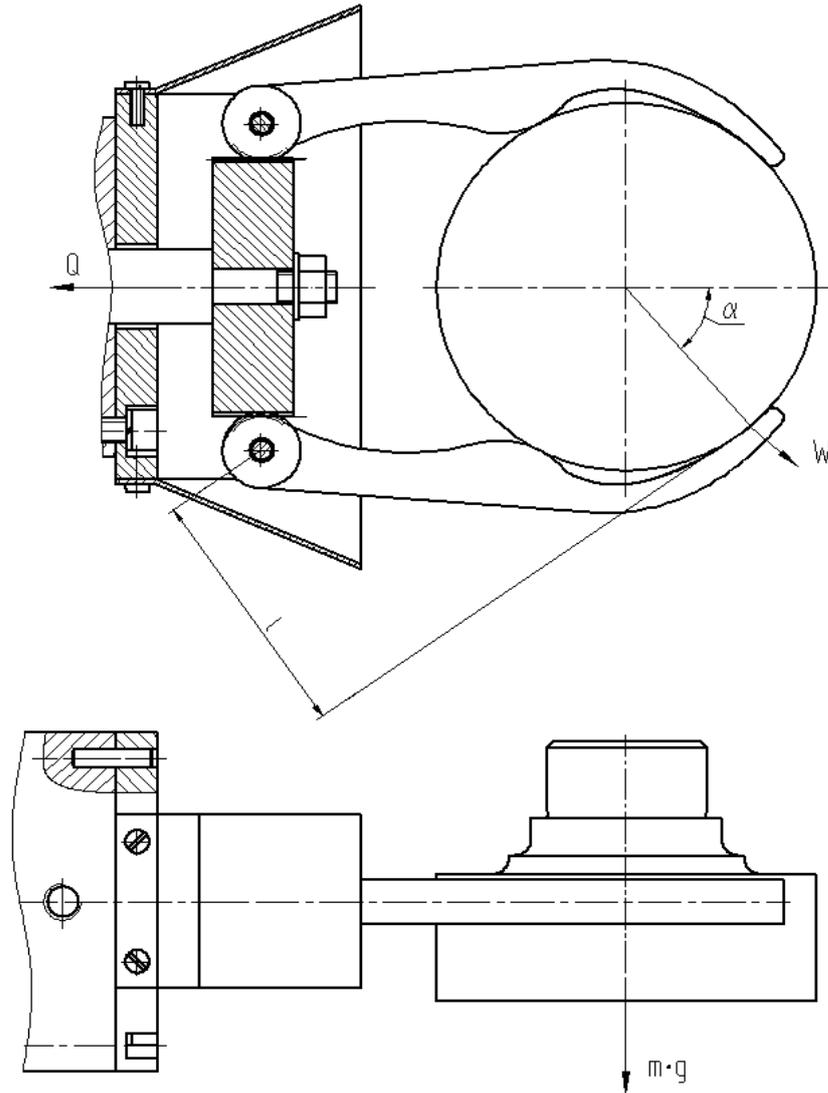


Рисунок 6 – Схема захватного устройства

«Максимальный момент определим по формуле:

$$M = W \cdot l, \quad (21)$$

где  $l$  – плечо (на рисунке 6) равно 82 мм» [14].

Тогда получим:

$$Q = \frac{2 \cdot 190 \cdot 82}{0,75 \cdot 20 \cdot 0,9} = 2308 \text{ Н.}$$

«Значением рабочего давления привода будем считать 0,63 МПа. Тогда диаметр поршня пневматического цилиндра определим по формуле:

$$D = 1,17 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}}, \quad (22)$$

Тогда получим:

$$D = 1,17 \cdot \sqrt{\frac{2308}{0,63 \cdot 0,9}} = 74,6 \text{ мм.}$$

По ГОСТу 15608-81 примем ближайшее к расчетному значение для диаметра штока 75 мм, ход губок 22 мм и ход штока цилиндра 4 мм» [14].

«Расчет режимов резания проведен с помощью эмпирических зависимостей (рассчитаны припуски на цилиндрическую поверхность) для обработки самой точной поверхности. Для рассматриваемой операции было определено оборудование. Захватное устройство используется при обработке на станке токарном DMTG СКЕ6150z/1500, который полностью обеспечивает необходимые режимы резания для получения требуемого качества обрабатываемой поверхности» [11].

В графической части представлен чертеж разработанного хватного устройства. Для зажима заготовки служат губки 2. «Губки 3 установлены во фланце 11 с помощью осей 8, зафиксированных кольцами 6. Фланец 11 крепится к корпусу 5 с помощью винтов 16 с шайбами 24 и штифтов 25. Губки 3 своим зубчатым сектором входят в зацепление с зубчатой рейкой 10. Захватное устройство содержит губки 3, служащие для зажима заготовки. Для защиты зубчатого механизма от грязи к фланцу 11 винтами 15 крепится кожух 1. Рейка 10 установлена на конце штока 13 и зафиксирована гайкой 16 с шайбой 24. Через отверстие корпуса 5 проходит шток 13, на конце которого с помощью гайки 17 со стопорной шайбой 22 крепится поршень 9. Пневматический цилиндр состоит из корпуса 5, к которому с помощью винтов 14 с шайбами 23 крепится крышка 7. Давление в цилиндр подается

через два отверстия с резьбой R1/4. Для предотвращения ударов поршня 9 о стенки цилиндра, на поршне установлены демпферы 4. Для уплотнения в пневматическом цилиндре установлены резиновые кольца 18-21» [11].

«Устройство работает следующим образом. При подаче сжатого воздуха в штоковую полость заготовка зажимается губками 2 посредством их поворота зацеплением с зубьями рейки 10. Рейка 10 движется за штоком 12, который тянется поршнем. При подаче сжатого воздуха в поршневую полость шток с рейкой движутся в обратном направлении и заготовка разжимается» [11].

В разделе проведен соответствующий расчет и необходимые мероприятия по проектированию основного и вспомогательного приспособления для реализации лимитирующей технологической операции с минимальными затратами времени и мощностей выбранного оборудования. Предложены к использованию станочное приспособление и устройство для перемещения заготовки по ходу ее обработки. Все представленные вычисления соответствуют известным методикам и проведены с помощью использования самых современных средств автоматизации инженерных расчетов.

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

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

В разделе проведем анализ технического объекта на предмет обеспечения его безопасности и экологичности. Рассмотрим технологический процесс изготовления корпуса механизма зажима. При производстве детали в технологическом процессе предусмотрен комплекс технического и технологического оснащения. Он состоит из «оборудования, приспособлений, режущего и мерительного инструмента» [4]. Технический объект реализуется с помощью использования следующего технологического оборудования:

- токарно-винторезный с ЧПУ 16А20Ф3;
- круглошлифовальный 3Б153Т;
- внутришлифовальный 3К227В;
- сверлильный 6906ВМФ2 с ЧПУ.

Технологического приспособления:

- патрон токарный 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80;
- патрон поводковый ГОСТ 18259-72;
- патрон цанговый;
- СНП ГОСТ 12195-66.

Режущего инструмента:

- проходной резец;
- пластина Т5К10 ОСТ;
- расточной резец;
- канавочный резец;
- центровочное сверло;
- шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007;

- концевая фреза;
- центровочное сверло;
- машинный метчик;
- зенкер;
- развертка.

В разделе будем рассматривать для проведения мероприятий наиболее трудоемкие и потенциально опасные технологические операции:

- токарная;
- сверлильная;
- центрошлифовальная;
- внутришлифовальная;
- круглошлифовальная.

В процессе механической обработки используются в качестве материала для заготовки сталь 19ХГН ГОСТ 4543, смазывающая охлаждающая жидкость, ветошь и другие вспомогательные материалы. При проведении работ по изготовлению детали в технологическом процессе предусмотрены профессиональные рабочие места. Для выбранных технологических операций – это оператор станков с ЧПУ. Технологический процесс реализуется организационно и технически на производственном участке, который оснащен необходимым оборудованием. Для реализации годовой программы выпуска детали применяется двусменный режим работы.

## **4.2 Идентификация профессиональных рисков**

Идентификация опасностей, а также экологических аспектов на производственном участке проводится по локальному нормативному документу, устанавливающему порядок идентификации экологических аспектов, промышленных опасностей и потенциальных рисков. Использование метода предполагает построение показателей с помощью математических моделей и репрезентативных статистических данных.

Идентификация и оценка рисков осуществляется путем сбора сведений о процессе деятельности. В процессе идентификации и оценки рисков учитывают: проблемы (источники как внешние, так и внутренние), связанные с качеством процессов деятельности/продукции; обычную и нерегулярную деятельность; оптимальный технологический режим, режимы останова и пуска, инциденты, аварии; инфраструктуру, сырье, материалы; деятельность соседних подразделений/предприятий, подрядчиков и потребителей; условия труда (шум, вибрация, вредные вещества в рабочей зоне); воздействие на окружающую среду (стоки, выбросы, отходы); происшествия (инциденты, несчастные случаи, аварии), как уже имевшие место на предприятии, так и реально прогнозируемые.

В качестве потенциальных рисков можно выделить: «неприменение СИЗ или применение поврежденных СИЗ, не сертифицированных СИЗ, не соответствующих размерам СИЗ, СИЗ, не соответствующих выявленным опасностям, составу или уровню воздействия вредных факторов» [5]; падение предметов, падение на скользкой поверхности, неадекватное поведение лиц, пожар, авария, заболевание персонала.

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

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

Выявленные потенциальные риски вносятся в реестр. С реестрами рисков знакомят всех рабочих, на которых он распространяется под роспись

в листе (журнале) ознакомления. При необходимости реестры рисков вывешиваются на информационных досках, размещаются в электронной обменной папке. Реестр рисков хранится у разработчика не менее трех лет. Для снижения рисков необходимо обеспечить: «точное соблюдение норм технологического регламента и выполнение требований инструкций по рабочим местам и по охране труда; исправность оборудования, арматуры, трубопроводов, контрольно-измерительных приборов, систем аварийной сигнализации и защитных блокировок» [5]; немедленное устранение любой утечки горючих и агрессивных газов и жидкостей.

Для снижения рисков необходимо соблюдать нормы технологического регламента и выполнять требования инструкций по рабочим местам; «регулярная проверка СИЗ на состояние работоспособности и комплектности. Назначить локальным нормативным актом ответственное лицо за учет выдачи СИЗ и их контроль за состоянием, комплектностью» [5]. А также предлагается ряд мероприятий: обучение персонала по программе обучения работников в области ГО и защиты от ЧС природного и техногенного характера; инструктаж и проверка знаний, сбор и обработка статистики, принятие оперативных и других мер; соблюдение правил противопожарного режима; инструктаж и периодическая проверка знаний; работа в дистанционном формате; введение двухсменного режима работы; организация работы резервных смен; ограничение передвижения по территории предприятия; электронное согласование документов; использование защитных средств на предприятии (масок, перчаток, антисептических средств). «Запрещается пользоваться неисправным ручным инструментом: молотками, зубилами и тому подобное, не отвечающим требованиям техники безопасности, гаечными ключами несоответствующих размеров, с разбитыми или разогнутыми губками, со сбитой рабочей гранью» [5]. При обслуживании машин и механизмов с электрическим приводом необходимо соблюдать меры электробезопасности. Все токоведущие части должны быть закрыты, и исключен доступ к частям, находящимся под

напряжением. Все движущиеся части машин и приводов должны иметь надежное и исправное ограждение. Не допускается эксплуатация машин без защитных ограждений.

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

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

Возникновение пожара на объекте можно отнести к наиболее вероятным источникам возникновения аварийных ситуаций техногенного характера. Пожар возможен на производственном участке. Распространение пожара будет происходить по горючей облицовке стен, через технологические отверстия в стенах в смежные помещения, и на кровлю здания. Линейная скорость распространения огня может составлять 0,6 – 1,0 м/мин. При пожаре возможно интенсивное дымовыделение при горении полимерных и синтетических материалов. Возможно получение ожогов и отравление продуктами горения рабочими. Задымлению будут подвергаться все помещения производственного участка при длительном горении. Спасание пострадавших осуществляется пожарными, а также работниками предприятия. Для оказания первой помощи пострадавшим используется оборудование автомобиля скорой помощи.

Самым рациональным способом для тушения возможного пожара будет способ тушения и охлаждения сплошными постоянными струями воды. Подачу воды производить от гидрантов через насосы пожарных автомобилей. Начинать тушить установки под напряжением можно только после получения сообщения об их отключении от сети электропитания. Организация тушения пожара регламентируется приказом № 444 МЧС

России от 16 октября 2017 года. Таким образом, опасный фактор возможного пожара на техническом объекте можно отнести к классу D и E соответственно горение металлов, металлосодержащих веществ и горение технического объекта пожара, который находится под напряжением электрического тока.

Помещения производственного участка оборудованы пожарной сигнализацией, состоящая из дымовых пожарных извещателей «AJAX FireProtect Plus». Извещатели подключены последовательно в один шлейф. Дополнительно все эвакуационные пути оснащены ручными пожарными извещателями ИПР-Р2. Все автоматические извещатели закреплены на перекрытиях, а ручные на стенах и конструкциях на высоте 1,5 метра от пола. Оборудованием, которое считывает показания извещателей является приемно-контрольный прибор «AJAX Hub Plus».

Пожар возможен в любом помещении производственного участка. Перекрытие устроено из металлических листов и щитов. Наружные стены и перегородки выполнены из керамического кирпича. Толщина наружных стен 0,75 м со штукатуркой с пределом огнестойкости не менее 45 мин, стены окрашены водоэмульсионной краской. Помещение возможного места пожара имеет значительную горючую нагрузку. Пожар может распространяться в любую сторону. Огонь будет проникать через различные отверстия в конструктивных элементах здания, в следствие чего будут загораться легковоспламеняемые элементы помещений. Пламя распространяется в основном в вертикальной плоскости и в сторону открытых проемов. Наслоения пыли в вентиляционных шахтах в следствие их загорания приведут к повышению уровня задымления. Вследствие долгого действия высокой температуры от огня, может произойти нарушение целостности конструкции и обрушение перекрытия крыши над зоной пожара. Дым может проникнуть во все помещения производственного участка. Капитальные элементы помещения будут ограничивать тепловое воздействие. Тепловое облучение будет иметь большее значение вблизи очага пожара, оконных

проемах, дверных проемах, возле потолка помещения, в котором происходит горение.

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

Для снижения рисков необходимо: соблюдение правил противопожарного режима; инструктаж и периодическая проверка знаний. Также необходимо снабдить производственный участок следующими инженерными системами: системой вентиляции; системой холодоснабжения; системой энергоснабжения; системой контроля загазованности; системой пожарной сигнализации; системой охранной сигнализации. Необходимо оснащение производственного участка первичными средствами пожаротушения такими как: пожарным гидрантом, огнетушителями, емкостями с песком, пожарными веревками, карабинами, респираторами, противогазами, баграми, лопатами и топорами. Также необходима «пожарная сигнализация, автоматическая система пожаротушения, первичные средства пожаротушения» [5].

#### **4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта**

К наиболее вероятным источникам возникновения чрезвычайных ситуаций экологического характера можно отнести выделение токсических испарений, масляного тумана, металлической стружки. Для снижения рисков экологического характера «на атмосферу необходимо создание и использование фильтрационных систем вентиляции производственного участка; на гидросферу необходимо создание и использование локальной многоступенчатой очистки сточных вод; на литосферу необходимо разделение, сортировка и утилизация на полигонах отходов» [5].

В разделе был исследован технический объект в виде технологического

процесса изготовления корпуса механизма зажима на безопасность. Для реализации изготовления детали в технологическом процессе был предусмотрен комплекс технического и технологического оснащения. Он состоит из оборудования, приспособлений, режущего и мерительного инструмента. При проведении работ по изготовлению детали в технологическом процессе были предусмотрены профессиональные рабочие места. Технологический процесс реализовался организационно и технически на производственном участке, который был оснащен необходимым оборудованием. Для реализации годовой программы выпуска детали был применен график двухсменного режима работы. Были определены опасные и вредные производственные факторы, а также соответствующие «риски их реализации. По снижению этих рисков были предложены мероприятия для обеспечения производственной, пожарной и экологической безопасности технического объекта в виде технологического процесса» [5] изготовления корпуса механизма зажима.

## 5 Экономическая эффективность работы

Используя предложенное техническое решение по совершенствованию технологического процесса, описанное в предыдущих разделах, осуществим экономические расчеты с целью подтверждения целесообразности его внедрения. Чтобы доказать экономическую эффективность технического решения необходимо произвести соответствующие расчеты в определенной последовательности. Последовательный алгоритм экономических расчетов представлен на рисунке 7.

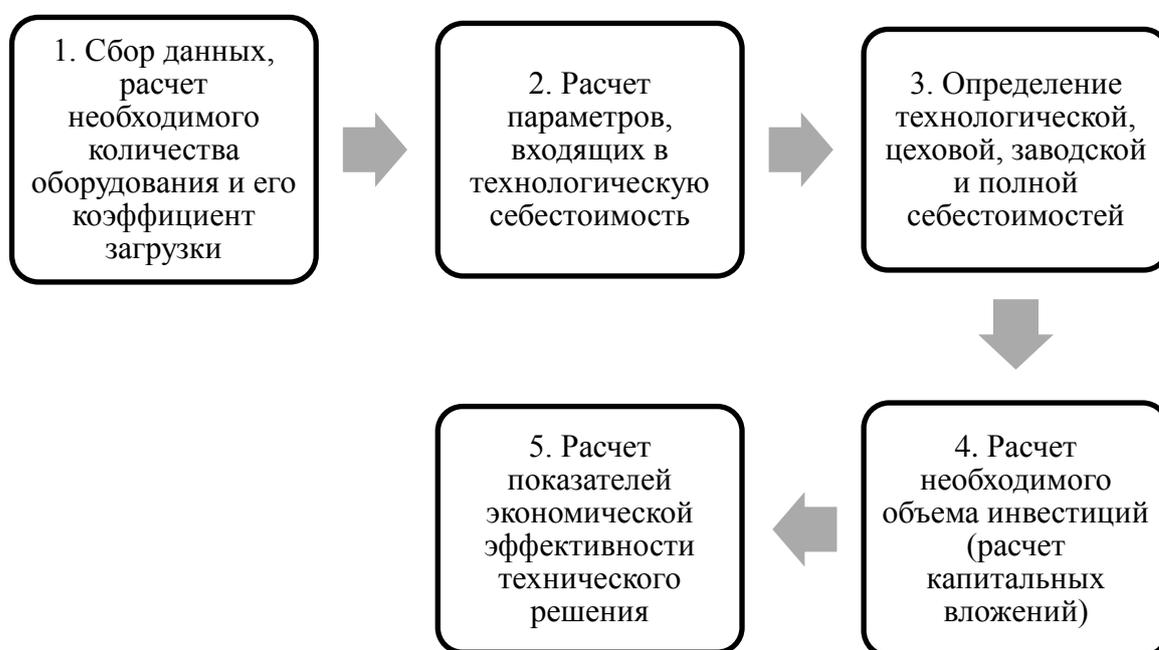


Рисунок 7 – Последовательный алгоритм экономических расчетов

Для составления алгоритма, представленного на рисунке 7, использовалось учебно-методическое пособие для выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы [6]. Выполнение каждого из перечисленных пунктов алгоритма сопровождается соответствующими расчетами, которые очень подробно описаны в этом пособии. Используя описанную методику, вычисление всех необходимых

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

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

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

Проведен расчет параметров, входящих в технологическую себестоимость был проведен, используя собранные данные на предыдущем этапе и необходимую методику, были определены слагаемые технологической себестоимости предложенного технического решения и базового варианта технологического процесса. Результаты расчетов, а точнее значения таких показателей как: заработная плата рабочего-оператора ( $Z_{ПЛ.ОП}$ ), заработная плата наладчика ( $Z_{ПЛ.НАЛ}$ ), социальные отчисления ( $H_{З.ПЛ}$ ) и расходы на эксплуатацию оборудования ( $P_{Э.ОБ}$ ), представлены на рисунке 8.

Анализируя представленные на рисунке 8 значения, можно сказать, что внедрение технического решения позволит уменьшить величину показателей. В зависимости от параметра, благодаря предложенным изменениям, можно достигнуть его сокращения, в интервале от 28,1% до 30,7%, что в рублевом эквиваленте составляет – 0,05-1,91 рубля.

Сложив, представленные на рисунке 8 параметры, будет получено значение технологической себестоимости технического решения, так для базового варианта оно составит 13,72 рублей, а для проектного варианта – 9,68 рублей. Сокращение этой величины в проектируемом варианте составит 29,4%.

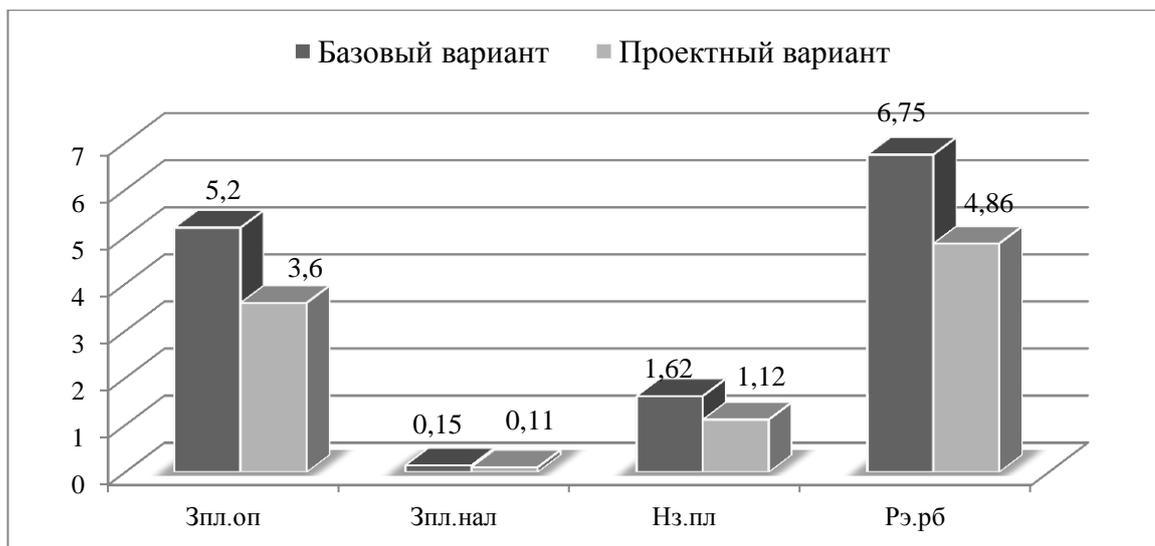


Рисунок 8 – Значения показателей, из которых складывается технологическая себестоимость технического решения, по вариантам, руб.

Проведен анализ технологической, цеховой, заводской и полной себестоимости. Соответствующие результаты проведенных расчетов, связанных с определением этих параметров, представлены на рисунке 9.

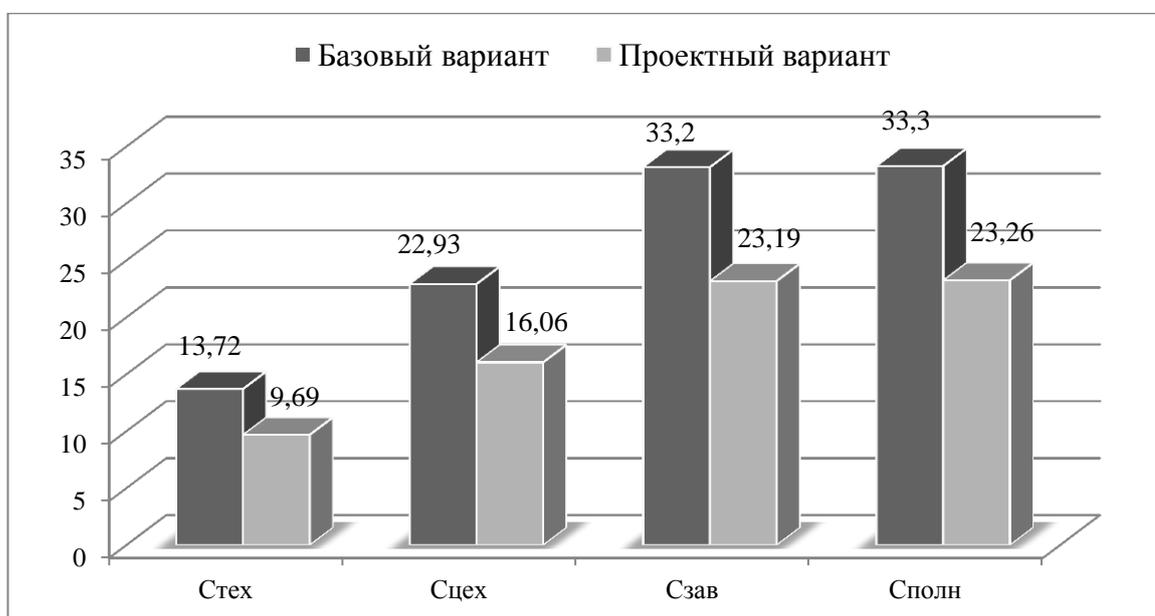


Рисунок 9 – Значение всех видов себестоимостей технического решения по вариантам, руб.

Значения, представленных на рисунке 9 параметров, в проектируемом варианте имеют тенденцию к снижению. Итоговое значение себестоимости (полной себестоимости) уменьшилось на 10,04 рублей, что составило 30,2%.

Далее проведен расчет необходимого объема инвестиций, то есть расчет капитальных вложений. Расчет предполагает определение величины необходимого финансового обеспечения для воплощения технического решения. Результаты проведенных расчетов, связанных с определением объема инвестиций, включающих затраты на: проектирование ( $Z_{IP}$  равно 44029,6 руб.), корректировку управляющей программы ( $K_A$  равно 10574,73 руб.) и величину незавершенного производства ( $HЗП$  равно 40,16 руб.), образовавшуюся в результате внедрения технического мероприятия, представлены на рисунке 10.

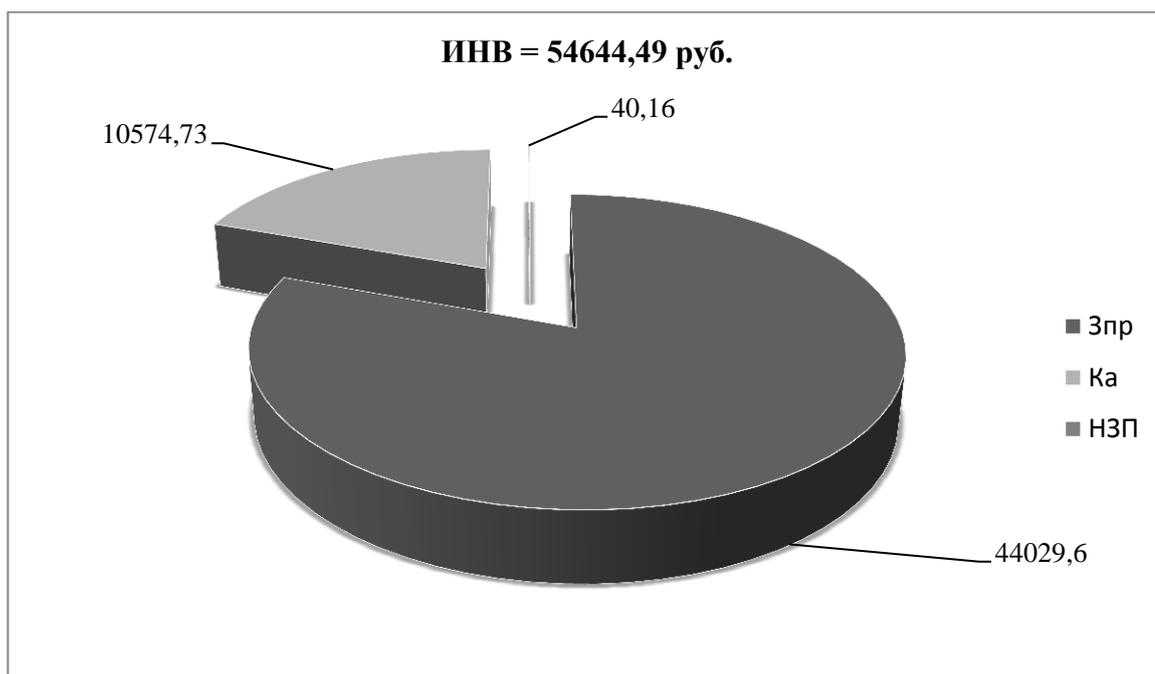


Рисунок 10 – Объем необходимых инвестиций для воплощения технического решения, руб.

Как видно из рисунка 10, наиболее финансово затратным является статья «затраты на проектирование», которая составляет 80,6% от общего объема инвестиций.

Получены показатели экономической эффективности технического решения, параметры которых определяются в результате выполнения соответствующего расчета, представлены на рисунке 11.

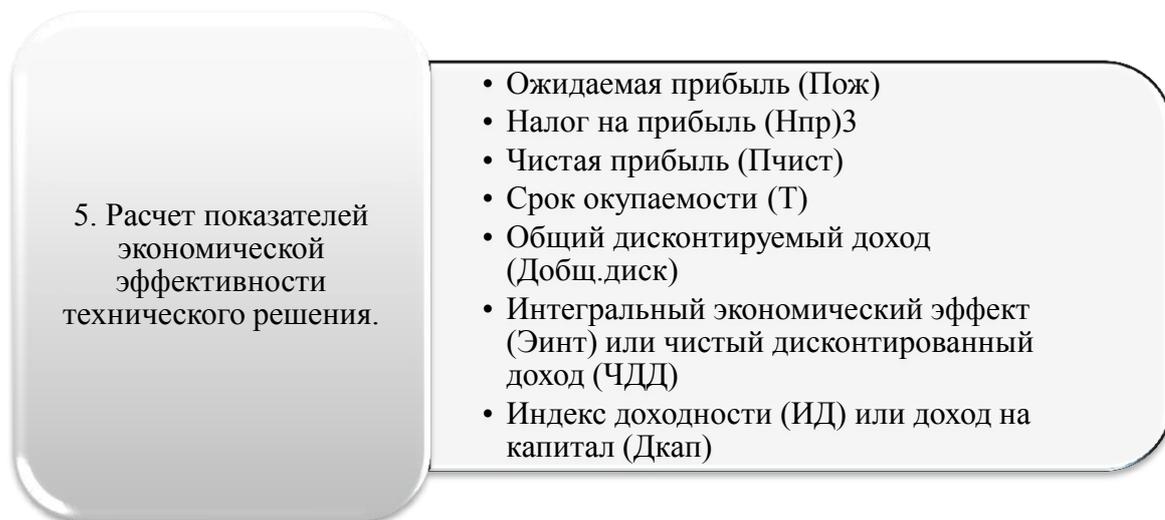


Рисунок 11 – Экономические показатели, определяемые в пункте 5 алгоритма экономических расчетов

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

В разделе, проведя все необходимые расчеты, соответствующие пункту 5 алгоритма, было получено положительное значение интегрального экономического эффекта, величина которого составила 7140,13 рублей. Это значит, что предложенное техническое решение достойно быть внедренным.

## Заключение

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

## Список используемых источников

1. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов. – М. : Машиностроение, 2005. 736 с.
2. Байкалова В.Н. Основы технического нормирования труда в машиностроении: учебное пособие / В.Н. Байкалова, И.Л. Приходько, А.М. Колокатов. – М. : ФГОУ ВПО МГАУ, 2005. 105 с.
3. Безъязычный В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебник. – М. : Инновационное машиностроение, 2016. 568 с.
4. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. – М. : Альянс, 2015. 256 с.
5. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: учебно-методическое пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти : изд-во ТГУ, 2018. 41 с.
6. Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ / Н.В. Зубкова. – Тольятти : ТГУ, 2015. 46 с.
7. Иванов И.С. Расчёт и проектирование технологической оснастки в машиностроении: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2015. 198 с.
8. Иванов И.С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2014. 223 с.
9. Клепиков В.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / В.В. Бодров, В.Ф. Солдатов. – М. : ИНФРА-М, 2017. 229 с.
10. Клепиков В.В. Технология машиностроения: учебник / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. – М. : ФОРУМ, ИНФРА-М, 2004. 860 с.
11. Кондаков А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : КНОРУС, 2012. 400 с.

12. Косов Н.П. Технологическая оснастка: вопросы и ответы: учебное пособие / Н.П. Косов, А.Н. Исаев, А.Г. Схиртладзе. – М. : Машиностроение, 2005. 304 с.
13. Приходько И.Л. Проектирование заготовок: учебное пособие / И.Л. Приходько, В.Н. Байкалова. – М. : Издательство РГАУ–МСХА, 2016. 171 с.
14. Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2016. 330 с.
15. 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.
16. Суслов А.Г. Технология машиностроения: учебник. – М. : КНОРУС, 2013. 336 с.
17. Сысоев С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб. : Издательство «Лань», 2016. 352 с.
18. Филонов И.П. Инновации в технологии машиностроения: учебное пособие / И.П. Филонов, И.Л. Баршай. – Минск : Вышэйшая школа, 2009. 110 с.
19. Bertsche B. Reliability in Automotive and Mechanical Engineering: Determination of Component and System Reliability / B. Bertsche, A. Schauz, K. Pickard. – Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2015. 502 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.











## Продолжение Приложения А

### Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1404-86 Форма 7

