



## Аннотация

В данной выпускной квалификационной работе решается задача проектирования технологического процесса изготовления вала кулачкового. Спроектированный технологический процесс позволяет обеспечить минимальные затраты на производство годовой программы деталей заданного качества в условиях среднесерийного типа производства.

Во введении формулируется цель работы. Затем проводится анализ исходных данных, в результате которого определяются основные особенности конструкции детали и условия проектирования технологического процесса. Исходя из этого, формулируются задачи работы, которые необходимо решить в ходе проектирования.

Технологические задачи включают в себя выбор метода получения заготовки и ее проектирование. Проектирование маршрутной технологии изготовления детали, выбор оборудования и средств технологического оснащения, расчет параметров технологических операций и их подробное проектирование.

Задачи по модернизации базовой технологии, решены путем проектирования специальной технологической оснастки и режущего инструмента. Проектирование токарного патрона позволило решить проблему обеспечения требуемой точности обработки и снижения времени проведения токарных операций. Проектирование резца позволило решить проблемы образования сливной стружки на токарных операциях.

Все принятые технические решения оценены с точки зрения безопасности и экологичности их внедрения в производство.

Экономические расчеты показателей спроектированного технологического процесса подтвердили его эффективность.

Данная работа содержит из 63 страницы пояснительной записки и 7,5 листов формата А1 графической части в объеме.

## Содержание

Введение.....	4
1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных.....	5
1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации ..	5
1.2 Анализ технологических показателей детали .....	6
1.3 Анализ типа производства.....	7
1.4 Задачи работы .....	9
2 Разработка технологии изготовления .....	10
2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки .....	10
2.2 Разработка плана изготовления детали.....	20
2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки.....	21
2.4 Проектирование операций технологического процесса .....	23
3 Проектирование специальной технологической оснастки .....	28
3.1 Проектирование токарного патрона.....	28
3.2 Проектирование токарного резца .....	33
4 Безопасность и экологичность технического объекта .....	36
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта .....	36
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	37
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	40
5 Экономическая эффективность работы .....	43
Заключение .....	47
Список используемых источников.....	48
Приложение А Технологическая документация.....	51
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам .....	61

## Введение

Тормозные системы применяются в конструкции различных промышленных машинах и механизмах для остановки их перемещений. Особенно важно иметь эффективную тормозную систему для остановки перемещений тяжелых промышленных машин и механизмов.

Технически реализация данных систем может быть различной. На практике чаще всего применяются гидравлические, пневматические, электрические, механические и комбинированные приводы, которые представляет собой совокупность устройств для передачи усилия от источника к тормозным механизмам и управления ими в процессе торможения.

Самыми эффективными при работе с тяжелыми машинами и механизмами считаются тормозные приводы механического и комбинированного типов. Это объясняется простотой их конструкции и отсутствием сложных электронных систем, которые не всегда могут адекватно работать особенно в сложных производственных и климатических условиях. Такие системы относятся к классу систем отвечающих безопасности, поэтому к эффективности их работы и надежности предъявляются особые требования. Обеспечение таких характеристик требует выполнения соответствующих требований к изготовлению как всего тормозного привода в целом, так и его частей, одной из которых является рассматриваемый в работе кулачковый вал. При производстве кулачкового вала, кроме качества его изготовления, необходимо обеспечить требуемую производительность и минимизировать затраты на его производство.

Таким образом, цель данной выпускной квалификационной работы можно сформулировать как разработка технологии изготовления вала кулачкового, обеспечивающей его изготовление в необходимом количестве при условии обеспечения требуемого качества и минимальных затратах.

## **1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных**

### **1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации**

Вал кулачковый является одной из основных деталей привода тормозного механизма и служит для передачи крутящего момента со шлицов вала на кулачок, который взаимодействует с тормозными элементами привода по своим рабочим поверхностям. Таким образом, кулачок вала служит для изменения взаимного расположения тормозных колодок с целью обеспечения торможения. Кулачковый вал устанавливается в корпусе привода тормозного механизма посредством подшипников, которые и определяют его положение в механизме.

Эксплуатационные нагрузки зависят от режимов использования всего механизма. Как правило, они являются расчетными и не критичны для данной детали. Характер нагрузок может быть различным и зависит от цикличности их приложения. Возможно возникновение вибрационных нагрузок переменной направленности, что увеличит износ рабочих поверхностей. В процессе работы механизма выделяется большое количество тепла, что может привести к воздействию на деталь повышенных температур и ее деформации. Влияние на кулачковый вал внешних факторов ограничено, так как тормозной механизм работает в условиях закрытого производственного помещения с соответствующими параметрами микроклимата. В процессе работы возможен непосредственный контакт некоторых поверхностей детали с технологическими жидкостями, такими как смазочно-охлаждающая жидкость, индустриальные масла и другими технологическими жидкостями, используемыми на производстве. Это может привести к повреждению поверхностного слоя и коррозии.

## 1.2 Анализ технологических показателей детали

Анализ технологических показателей подразумевает оценку на технологичность материала детали, конструкции детали и механической обработки детали.

Материал вала кулачкового сталь 19ХГН ГОСТ 4543-71. Для оценки материала детали рассмотрим его химический состав и физико-механические характеристики [23]. «Химический состав: 0,16 – 0,21% углерода, 0,8 – 1,1% хрома, 0,8 – 1,1% никеля, 0,035% серы, 0,035% фосфора, 0,17 – 0,37% кремния, 0,7 – 1,1% марганца» [23]. «Предел прочности при растяжении 520 МПа» [23]. При таких механических свойствах данная марка стали обладает хорошими показателями обрабатываемости резанием. Кроме этого сталь обладает хорошей коррозионной стойкостью по отношению к технологическим жидкостям, с которыми контактирует деталь в процессе эксплуатации. Рассматриваемая сталь обладает плохими литейными свойствами, поэтому необходимо отказаться от применения методов литья для получения заготовки. При этом пластические свойства стали очень хорошие, что делает возможным применение методов штамповки для получения заготовки. Данные методы часто применяются для получения заготовок ответственных деталей, так как позволяют получить более равномерную структуру материала, что хорошо подходит для рассматриваемого кулачкового вала.

Конструкция кулачкового вала достаточно сложная, ступенчатая с не симметричными поверхностями кулачков. Однако такая конструкция типична для деталей данного класса. Поверхности, формирующие контур детали имеют простые формы в виде цилиндров и плоскостей, что позволяет их получить стандартными методами обработки.

Технологичность механической обработки обуславливается необходимостью применения специального оборудования, оснастки, режущего и контрольного инструмента. Исходя из точности обрабатываемых

поверхностей и их геометрических особенностей, в данном случае применения специального оборудования, режущего инструмента и оснастки не требуется. Все требуемые характеристики поверхностей могут быть получены с применением стандартного оборудования, режущего инструмента и оснастки. Исходя из того, что все размеры детали соответствуют предпочтительному ряду чисел, а точность не превышает седьмого квалитета для контроля достаточно применять стандартные измерительные инструменты и контрольно-измерительные приборы. Еще одним важным вопросом, влияющим на технологичность механической обработки, является возможность базирования заготовки на операциях. В данном случае в качестве баз могут быть использованы специально созданные технологические базы в виде центровых отверстий. Однако, реализация базирования заготовки на операциях механической обработки не потребует применения специальных средств оснащения.

Анализ технологических показателей, проведенный выше, показал хорошие результаты и позволил выявить основные направления и ограничения при дальнейшем проектировании технологии изготовления вала кулачкового.

### **1.3 Анализ типа производства**

Для проведения анализа типа производства необходимо провести его определение. Согласно рекомендациям [20] при массе корпуса 1,48 кг и годовой программе выпуска в 6000 штук тип производства среднесерийный. Теперь зная тип производства, проведем анализ его основных характеристик. Для этого воспользуемся литературными данными [14].

Технологический процесс строится на основе запуска деталей в производство периодически повторяющимися партиями при условии циклической и линейной формы организации. Технология изготовления проектируется на базе типовой, что снижает время проектирования без

потери качества. Маршрут обработки формируется исходя из необходимости обеспечения минимума удельных затрат на обработку с применением принципа экстенсивной концентрации переходов, в случае обоснованной необходимости возможно применение принципа интенсивной концентрации переходов. Техпроцесс оформляется в виде маршрутной карты, в случае необходимости на наиболее сложные операции разрабатываются операционные карты с соответствующими картами эскизов. В качестве заготовки в условиях среднесерийного типа производства применимы все наиболее распространенные методы получения. В данном случае применимость методов ограничивается свойствами материалов детали. Наиболее подходящими являются методы штамповки. Определение припусков на обработку и межпереходных размеров производится с использованием статистического метода. Исключение составляют размеры точнее восьмого качества. В этом случае предпочтительным является использование расчетно-аналитического метода. При проектировании технологических операций следует учитывать следующее. Концентрация переходов назначается исходя из возможностей технологического оборудования. При выборе оборудования и средств технологического оснащения следует отдавать предпочтение универсальным, стандартным и нормализованным, которые выпускаются промышленностью серийно. Применение специальных и специализированных оборудования и средств технологического оснащения допускается в обоснованных случаях. Предпочтительным методом достижения точности обработки является метод работы на настроенном оборудовании. В исключительных случаях допускается использование метода пробных ходов и промеров. На финишных операциях для достижения требуемой точности обработки желательно использование средства активного контроля. С целью обеспечения минимальных припусков и допусков на обработку при проектировании технологических операций необходимо соблюдать принципы базирования. Расчет припусков на обработку выполняется при

помощи статистических таблиц, а для поверхностей имеющих высокую точность или большой объем механической обработки расчетно-аналитическим методом с целью снижения величины припусков за счет увеличения точности расчетов. При организации производства следует придерживаться следующих рекомендаций. Оборудование в цехе следует располагать по групповому признаку, в обоснованных случаях допускается расстановка по ходу техпроцесса. Производство деталей происходит периодически повторяющимися партиями, что обеспечивает общую загрузку оборудования на уровне 70%. Квалификация работников цеха должна быть достаточно высокой с разделением на группы, такие как, операторы, наладчики и вспомогательные рабочие.

#### **1.4 Задачи работы**

Сформулируем задачи, которые вытекают из проведенного выше анализа исходных данных. Необходимо выбрать оптимальный вариант получения заготовки и провести ее проектирование. Для этого необходимо провести соответствующие экономические расчеты, определить припуски на обработку и параметры заготовки. После чего необходимо спроектировать маршрутную технологию изготовления, а также спроектировать технологические операции с учетом особенностей проектирования в среднесерийном типе производства. Далее необходимо выявить лимитирующие операции или операции с техническими недостатками и провести их совершенствование путем проектирования специальных средств оснащения. Спроектированный технологический процесс необходимо проверить на безопасность его выполнения и влияние его на экологию. Все изменения, вносимые в технологию изготовления, необходимо обосновать экономическими расчетами.

В данном разделе проведен анализ исходных данных, по результатам которого сформулированы основные задачи работы.

## 2 Разработка технологии изготовления

### 2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки

Как отмечалось ранее, для деталей из применяемой для изготовления кулачкового вала стали наиболее подходящими методами получения заготовок являются методы штамповки. Проанализировав литературные данные [7] приходим к выводу, что в данном случае наиболее эффективны методы штамповки в закрытых штампах на горизонтально-ковочной машине и на молоте. Окончательно выбор можно сделать, выполнив экономическое сравнение данных методов получения заготовки. Согласно методике [4] для этого необходимо сравнить технологические себестоимости изготовления деталей из заготовок, полученных этими методами. Для этого используется формула:

$$\ll C_i = C_{zi} + C_{обри}, \quad (1)$$

где  $C_{zi}$  – стоимость получения заготовки, руб.;

$C_{обри}$  – стоимость механической обработки, руб.;

$i$  – индекс варианта получения заготовки» [4].

«Стоимость получения заготовки рассчитывается по формуле:

$$C_{zi} = \frac{C_{mi} \cdot M_{zi}}{1000} \cdot K_{сп} \cdot K_T \cdot K_{сл}, \quad (2)$$

где  $C_{mi}$  – цена материала за тонну, руб.;

$M_{zi}$  – масса заготовки, кг;

$K_{сп}$  – коэффициент, определяемый способом получения заготовки;

$K_T$  – коэффициент, определяемый необходимой точностью заготовки;

$K_{сл}$  – коэффициент, определяемый сложностью получения

заготовки» [4].

«Расчет массы заготовки выполняется по формуле:

$$M_{zi} = M_d \cdot K_p, \quad (3)$$

где  $M_d$  – масса детали, кг;

$K_p$  – коэффициент формы заготовки и способа ее получения» [4].

Для определения массы детали используется формула:

$$M_d = V \cdot \rho, \quad (4)$$

где  $V$  – коэффициент, учитывающий особенности метода получения и формы заготовки, см<sup>3</sup>;

$\rho$  – плотность материала детали, кг/см<sup>3</sup>.

Выполняем расчет.

$$M_d = \frac{\pi}{4} \cdot (0,016^2 \cdot 0,020 + 0,045^2 \cdot 0,020 + 0,013^2 \cdot 0,041 + 0,024^2 \times \\ \times 0,035 + 0,016^2 \cdot 0,020 - 0,013^2 \cdot 0,040 - 0,006^2 \cdot 0,014 - 2 \cdot 20 \times \\ \times 0,0796 - 0,024 \cdot 6) \cdot 0,785 = 1,48 \text{ кг.}$$

Далее по формуле (3) рассчитываем массы заготовок.

$$M_{z1} = 1,48 \cdot 1,5 = 2,22 \text{ кг.}$$

$$M_{z2} = 1,48 \cdot 1,7 = 2,52 \text{ кг.}$$

Производим расчеты стоимостей получения заготовки по формуле (2).

$$C_{z1} = \frac{30000 \cdot 2,22}{1000} \cdot 1,2 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 71,93 \text{ р.}$$

$$C_{z2} = \frac{30000 \cdot 2,52}{1000} \cdot 1,3 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 88,45 \text{ р.}$$

«Стоимость механической обработки рассчитывается по формуле:

$$C_{обри} = \frac{C_{уд} \cdot \left(\frac{1}{K_{имі}} - 1\right) \cdot M_d}{K_o}, \quad (5)$$

«где  $C_{уд}$  – удельная стоимость обработки, руб./кг;

$K_{имi}$  – коэффициент использования материала;

$K_0$  – коэффициент обрабатываемости материала» [4].

«Коэффициент использования материала рассчитывается по формуле:

$$K_{имi} = \frac{M_д}{M_з}. \quad (6)» [4].$$

$$K_{им1} = \frac{1,48}{2,22} = 0,67.$$

$$K_{им2} = \frac{1,48}{2,52} = 0,59.$$

Рассчитываем стоимость механической обработки по формуле (5).

$$C_{обр1} = \frac{40 \cdot \left(\frac{1}{0,67} - 1\right) \cdot 1,48}{0,85} = 34,30 \text{ р.}$$

$$C_{обр2} = \frac{40 \cdot \left(\frac{1}{0,59} - 1\right) \cdot 1,48}{0,85} = 48,40 \text{ р.}$$

Рассчитываем общие затраты по формуле (1).

$$C_1 = 71,93 + 34,30 = 106,23 \text{ р.}$$

$$C_2 = 88,45 + 48,40 = 136,85 \text{ р.}$$

Расчеты показали, что метод штамповки на горизонтально-ковочной машине имеет лучшие экономические показатели, поэтому принимаем решение выбрать данный метод и дальнейшее проектирование заготовки проводить для него.

Первым этапом проектирования заготовки является выбор маршрутов обработки поверхностей, на основании которых определяются припуски на их обработку. Выполнение данной процедуры выполним с использованием методики и данных [1]. Суть данной методики заключается в следующем. Для достижения определенного сочетания точности и шероховатости поверхности используются различные методы обработки, при этом сочетание данных методов для достижения одних и тех же параметров может быть

различным. Если имеется несколько возможных маршрутов обработки, то выбор в пользу одного из них производится исходя из условия обеспечения минимума суммарного коэффициента относительной трудоемкости. В результате получается оптимальный маршрут обработки поверхности. Для составления маршрутов обработки выполним эскиз детали и пронумеруем все ее поверхности (рисунок 1). Маршруты обработки поверхностей рассматриваемой детали представлены в таблице 1.

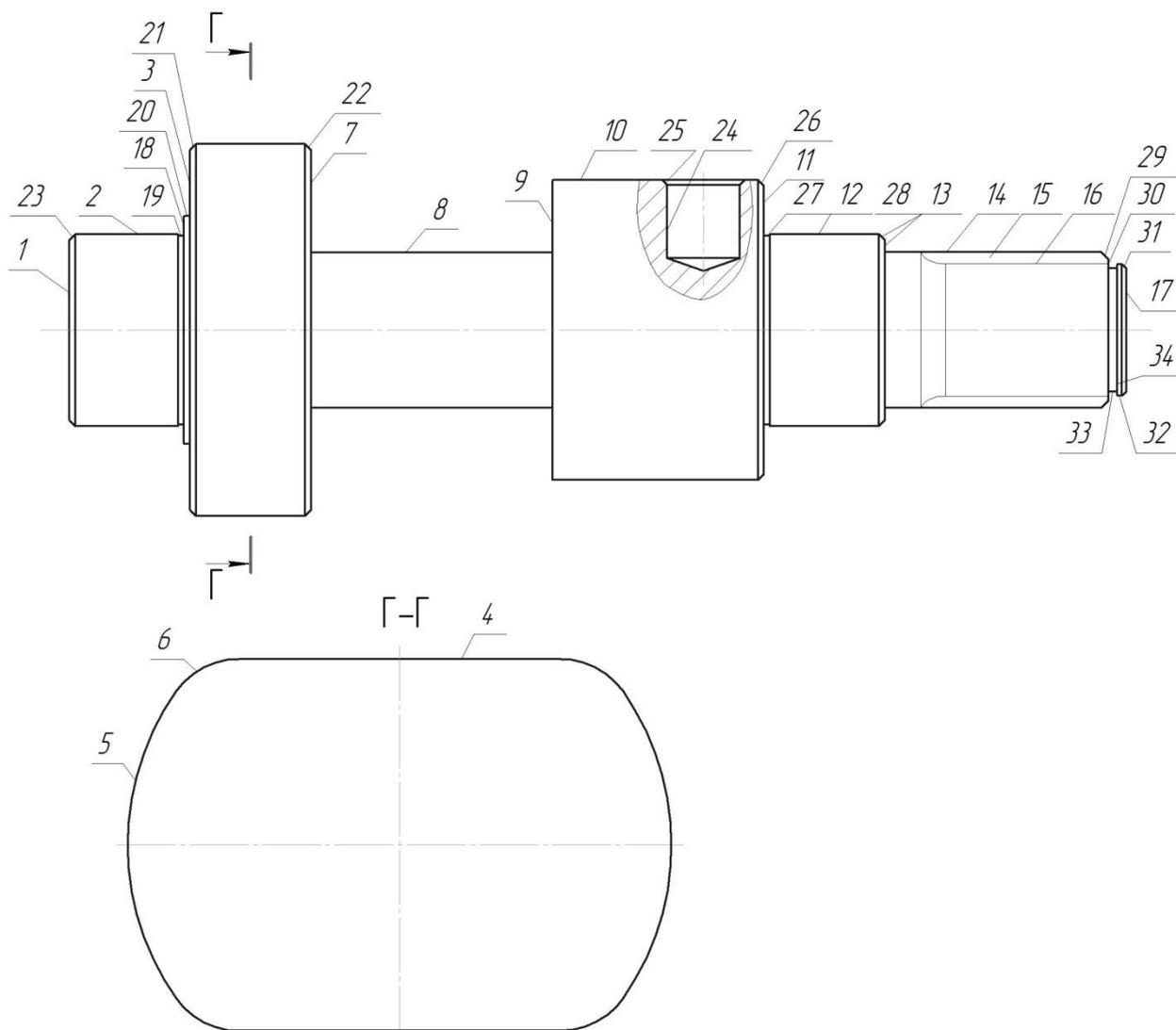


Рисунок 1 – Эскиз детали

Таблица 1 – Маршруты обработки поверхностей

Номер поверхности	Шероховатость поверхности $Ra$ , мкм	Квалитет точности размера	Последовательность обработки
1	12	6,3	ф, то
2	6	0,63	т, тч, то, ш, шч
3	12	6,3	т, тч, то
4	6	1,25	т, тч, то, ш, шч
5	12	12,5	т, то
6	12	12,5	т, то
7	12	12,5	т, то
8	7	1,25	т, тч, то, ш, шч
9	6	1,25	т, тч, то, ш, шч
10	6	0,63	т, тч, то, ш, шч
11	12	12,5	т, то
12	6	1,25	т, тч, то, ш, шч
13	12	6,3	ф, то
14	7	1,25	с, то, ш
16	7	1,25	с, то, ш
17	12	3,2	ф, то
18	12	3,2	ф, то
19	7	1,25	с, з, р, то
20	12	6,3	т, тч, то
21	7	0,63	т, тч, то, ш, шч
22	7	0,63	ф-фч-то-ш-шч
23	7	0,63	т, тч, то, ш, шч
24	7	0,63	ф-фч-то-ш-шч
25	12	12,5	с, то, ш
26	12	12,5	тч, то
27	12	12,5	тч, то
28	12	12,5	тч, то
29	12	12,5	тч, то
30	12	12,5	тч, то
31	12	12,5	тч, то
32	12	12,5	тч, то
33	12	12,5	тч, то
34	12	12,5	тч, то
35	12	12,5	тч, то

Сокращения в таблице 1: т – черновое точение, тч – чистовое точение, ш – черновое шлифование, шч – чистовое шлифование, ф – черновое фрезерование, фч – чистовое фрезерование, с – сверление, з – зенкерование, р – развертывание, то – термическая обработка.

Следующим этапом проектирования заготовки является определение припусков на обработку. В соответствии с серийностью производства и его характеристик для точных поверхностей припуск необходимо рассчитать расчетно-аналитическим методом [21]. Для рассматриваемой детали это поверхности диаметром 32 мм, выполняемые с точностью  $k6(+0,018/+0,002)$ . Производим расчеты в соответствии с выбранной методикой.

«Минимальный припуск для каждого перехода рассчитывается по формуле:

$$z_{imin} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (7)$$

где  $a$  – величина дефектного слоя, мм;

$\Delta$  – величина суммарных пространственных отклонений, мм;

$\varepsilon$  – величина погрешности установки заготовки, мм;

$i$  – индекс текущего перехода;

$i - 1$  – индекс предыдущего перехода» [21].

«Величина дефектного слоя рассчитывается по формуле:

$$a = Rz + h, \quad (8)$$

где  $Rz$  – среднеарифметическая величина микронеровностей профиля поверхностного слоя, мм;

$h$  – глубина дефектного слоя образовавшегося от предыдущей обработки, мм» [21].

«Величина суммарных пространственных отклонений определяется по формуле:

$$\Delta = 0,25 \cdot Td, \quad (9)$$

где  $Td$  – поле допуска выполняемого размера, мм» [21].

«Максимальный припуск для каждого перехода рассчитывается по формуле:

$$z_{i \max} = z_{i \min} + 0,5 \cdot (Td_{i-1} + Td_i), \quad (10)$$

где  $Td_i$  – поле допуска выполняемого размера, мм;

$Td_{i-1}$  – поле допуска размера на предыдущем переходе, мм» [21].

«Средний припуск для каждого перехода рассчитывается по формуле:

$$z_{\text{ср}i} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (11)$$

Проводим расчеты минимального, максимального и среднего припуска для каждого перехода» [21].

$$z_{1 \min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,400 + \sqrt{0,400^2 + 0,025^2} = 0,801 \text{ мм.}$$

$$z_{2 \min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,200 + \sqrt{0,063^2 + 0,025^2} = 0,268 \text{ мм.}$$

$$z_{3 \min} = a_{\text{ТО}} + \sqrt{\Delta_{\text{ТО}}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,025 + \sqrt{0,040^2 + 0,012^2} = 0,292 \text{ мм.}$$

$$z_{4 \min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,050 + \sqrt{0,010^2 + 0,012^2} = 0,066 \text{ мм.}$$

$$z_{1 \max} = z_{1 \min} + 0,5 \cdot (Td_0 + Td_1) = 0,801 + 0,5 \cdot (1,6 + 0,25) = 1,714 \text{ мм.}$$

$$z_{2 \max} = z_{2 \min} + 0,5 \cdot (Td_1 + Td_2) = 0,268 + 0,5 \cdot (0,25 + 0,10) = 0,443 \text{ мм.}$$

$$z_{3 \max} = z_{3 \min} + 0,5 \cdot (Td_{\text{ТО}} + Td_3) = 0,292 + 0,5 \cdot (0,16 + 0,10) = 0,422 \text{ мм.}$$

$$z_{4 \max} = z_{4 \min} + 0,5 \cdot (Td_3 + Td_4) = 0,066 + 0,5 \cdot (0,039 + 0,016) = 0,094 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}1} = 0,5 \cdot (z_{1 \max} + z_{1 \min}) = 0,5 \cdot (1,714 + 0,801) = 1,258 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}2} = 0,5 \cdot (z_{2 \max} + z_{2 \min}) = 0,5 \cdot (0,443 + 0,268) = 0,356 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}3} = 0,5 \cdot (z_{3 \max} + z_{3 \min}) = 0,5 \cdot (0,422 + 0,292) = 0,357 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}4} = 0,5 \cdot (z_{4 \max} + z_{4 \min}) = 0,5 \cdot (0,094 + 0,066) = 0,080 \text{ мм}» [21].$$

«Минимальный диаметр рассчитывается по формуле:

$$d_{(i-1)min} = d_{i min} + 2 \cdot z_{i min}. \quad (12)» [21]$$

«Для перехода предшествующего термическому переходу минимальный диаметр рассчитывается по формуле:

$$d_{(то-1)min} = d_{(i-1) min} \cdot 0,999. \quad (13)» [21]$$

«Максимальный диаметр рассчитывается по формуле:

$$d_{(i-1)max} = d_{(i-1)min} + Td_{i-1}. \quad (14)» [21]$$

«Средний диаметр рассчитывается по формуле:

$$d_{i cp} = 0,5 \cdot (d_{i max} + d_{i min}). \quad (15)» [21]$$

«Выполняем расчеты.

$$d_{4min} = 32,002 \text{ мм.}$$

$$d_{4max} = 32,018 \text{ мм.}$$

$$d_{4cp} = 0,5 \cdot (d_{4max} + d_{4min}) = 0,5 \cdot (32,018 + 32,002) = 32,100 \text{ мм.}$$

$$d_{3min} = d_{4min} + 2 \cdot z_{4min} = 32,002 + 2 \cdot 0,066 = 32,150 \text{ мм.}$$

$$d_{3max} = d_{3min} + Td_3 = 32,150 + 0,039 = 32,189 \text{ мм.}$$

$$d_{3cp} = 0,5 \cdot (d_{3max} + d_{3min}) = 0,5 \cdot (32,189 + 32,150) = 32,170 \text{ мм.}$$

$$d_{то min} = d_{3min} + 2 \cdot z_{3min} = 32,189 + 2 \cdot 0,292 = 33,229 \text{ мм.}$$

$$d_{то max} = d_{то min} + Td_{то} = 33,229 + 0,160 = 33,389 \text{ мм.}$$

$$d_{то cp} = 0,5 \cdot (d_{то max} + d_{то min}) = 0,5 \cdot (33,389 + 33,229) = \\ = 33,309 \text{ мм.}$$

$$d_{2min} = d_{то min} \cdot 0,999 = 33,229 \cdot 0,999 = 33,188 \text{ мм.}$$

$$d_{2max} = d_{2min} + Td_2 = 33,188 + 0,100 = 33,288 \text{ мм.}$$

$$d_{2cp} = 0,5 \cdot (d_{2max} + d_{2min}) = 0,5 \cdot (33,288 + 33,188) = 33,238 \text{ мм.}$$

$$d_{1min} = d_{2min} + 2 \cdot z_{2min} = 33,288 + 2 \cdot 0,268 = 33,824 \text{ мм.}$$

$$d_{1max} = d_{1min} + Td_1 = 33,824 + 0,250 = 34,074 \text{ мм.}$$

$$d_{1cp} = 0,5 \cdot (d_{1max} + d_{1min}) = 0,5 \cdot (33,074 + 34,824) = 33,949 \text{ мм.}$$

$$d_{0min} = d_{1min} + 2 \cdot z_{1min} = 33,074 + 2 \cdot 0,801 = 34,676 \text{ мм.}$$

$$d_{0max} = d_{0min} + Td_0 = 34,676 + 1,600 = 36,276 \text{ мм.}$$

$$d_{0cp} = 0,5(d_{0max} + d_{0min}) = 0,5(36,276 + 34,676) = 35,476 \text{ мм} \gg [21].$$

«Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{min} = d_{0min} - d_{4max}. \quad (16) \gg [21]$$

$$2z_{min} = 34,676 - 32,018 = 3,658 \text{ мм.}$$

«Общий максимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{max} = 2z_{min} + Td_0 + Td_4. \quad (17) \gg [21]$$

$$2z_{max} = 3,658 + 1,600 + 0,016 = 5,274 \text{ мм.}$$

«Общий средний припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2z_{min} + 2z_{max}). \quad (18) \gg [21]$$

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (3,658 + 5,724) = 4,466 \text{ мм.}$$

Исходя из серийности производства и его характеристик, для менее точных размеров припуски рекомендуется определять на основе статистического метода [19]. Суть данного метода заключается в следующем. Минимальный припуск для каждого технологического перехода определяется по таблицам статистических данных [19] исходя из требуемой точности обработки и шероховатости обрабатываемой поверхности. Максимальный припуск определяется по формуле (10). Полученные при помощи данной методики припуски приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Припуски на обработку поверхностей

Номера поверхностей	Наименование технологического перехода	Минимальный припуск на обработку, мм	Максимальный припуск на обработку, мм	Средний припуск на обработку, мм
8, 12	точение черновое	1,7	1,9	1,8
	точение чистовое	0,25	0,35	0,30
	шлифование черновое	0,4	0,6	0,5
	шлифование чистовое	0,08	0,12	0,10
5, 6, 7	точение черновое	1,7	1,9	1,8
	точение чистовое	0,25	0,35	0,30
20, 21, 22, 23	точение черновое	2,0	2,2	2,1
	точение чистовое	0,25	0,35	0,30
	шлифование черновое	0,4	0,6	0,5
	шлифование чистовое	0,08	0,12	0,10
18	фрезерование шлицев	1,98	2,02	2
2, 4, 9, 10	точение черновое	1,4	1,6	1,5
	точение чистовое	0,6	0,8	0,7
	шлифование черновое	0,2	0,4	0,3
	шлифование чистовое	0,08	0,12	0,10
19	сверление	5,3	5,5	5,4
	зенкерование	0,35	0,45	0,4
	развертывание	0,18	0,22	0,20

На заключительном этапе проектирования заготовки необходимо определить ее основные характеристики, допуски на размеры заготовки и напуски. Для этого необходимо использовать соответствующий стандарт [6]. Далее необходимо выполнить рабочий чертеж заготовки. Для этого формируется контур заготовки путем прибавления к контуру детали суммарных припусков на обработку, а также напусков. После этого на все размеры заготовки назначаются допуски, и определяется общая шероховатость заготовки. В технических требованиях к заготовке указываются все необходимые параметры в соответствии со стандартом. Заготовка выполнена на листе графической части данной выпускной квалификационной работы.

## 2.2 Разработка плана изготовления детали

В соответствии с серийностью производства и его характеристиками план изготовления детали проектируется на основе технологического маршрута ее изготовления. В данном случае рекомендуется для формирования маршрута изготовления использовать типовые маршруты деталей данного класса [8]. Для этого необходимо анализировать необходимость выполнения той или иной операции из типового маршрута и принимать решение о включении данной операции в проектируемый маршрут обработки или исключении ее. При формировании операций в них следует включать поверхности, для выполнения которых необходимо применять одинаковые методы обработки и имеющие одинаковую точность обработки в соответствии с маршрутом обработки поверхностей, разработанным ранее и представленным в таблице 1. Полученный маршрут обработки приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Маршрут изготовления детали

Наименование операции	Обрабатываемые поверхности	Метод обработки
005 Фрезерно-центровальная	1, 13, 14, 16	фрезерование и сверление
010 Токарная	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 20, 21, 22, 23	точение
015 Токарная	2, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 20, 21, 22, 23, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36	точение
020 Фрезерная	17, 18	фрезерование
025 Сверлильная	19, 25	сверление
030 Термическая	все	то
035 Шлифовальная	14, 16	шлифование
040 Шлифовальная	2, 4, 9, 10	шлифование
045 Шлифовальная	8, 12, 20, 21, 22, 23	шлифование
050 Шлифовальная	2, 4, 9, 10	шлифование
055 Шлифовальная	8, 12, 20, 21, 22, 23	шлифование
075 Моечная	все	мойка
080 Контрольная	все	контроль

Далее разрабатывается эскиз выполнения каждой операции. При этом необходимо спроектировать схемы базирования. Для этого рекомендуется использовать данные по типовым схемам базирования, а также основные принципы базирования [18]. На эскизе операции также необходимо указать операционные размеры и шероховатости, достигаемые на данной операции. Также необходимо рассчитать допуски на выполнение каждого операционного размера и отклонения формы и расположения поверхностей. По результатам формируется графический план изготовления детали, в виде технологического документа представленного в графической части выпускной квалификационной работы. Данный документ оформляется на основе рекомендаций [18]. Кроме того результаты проектирования плана изготовления отражаются в маршрутной карте, представленной в приложении А данной работы.

### **2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки**

В соответствии с серийностью производства и его характеристиками при выборе оборудования и средств технологического оснащения имеются ряд ограничений.

Оборудование должно обеспечивать необходимую концентрацию переходов и метод достижения точности обработки работой на настроенном оборудовании. При выборе оборудования и средств технологического оснащения следует отдавать предпочтение универсальным, стандартным и нормализованным оборудованию и средствам технологического оснащения, которые выпускаются промышленностью серийно. Применение специальных и специализированных оборудования и средств технологического оснащения допускается в обоснованных случаях. Более подробно рекомендации по выбору оборудования и средств технологического оснащения представлены в литературе [4]. Соблюдение данных рекомендаций позволит выбрать оптимальные оборудование и средства технологического оснащения в

условиях среднесерийного типа производства и, как следствие этого, существенно снизить затраты на изготовление корпуса.

Модели технологического оборудования, тип и марки материала режущего инструмента, тип и конкретное исполнение станочного приспособления, а также модели контрольно-измерительных приспособлений определяются по каталогам и справочникам [3, 10, 11, 12, 15, 16]. Полученные результаты приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Оборудование и средства оснащения технологического процесса

Наименование операции	Станок	Приспособления	Режущий инструмент	Средства контроля
005 Фрезерно-центровальная	фрезерно-центровальный МР-71	тиски станочные винтовые самоцентрирующиеся ГОСТ 21167-75	сверло центровочное тип А ГОСТ 14952-75, пластина ГОСТ 19052-80	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89, пробка пневматическая
010 Токарная	токарный обрабатывающий центр HAAS TL-15HE	патрон трехкулачковый специальный	резцовая головка C4-DDHNR-27055-15 с твердосплавной пластиной DNMG-15 06 08-PR, фреза торцовая CoroMill 490-040C4-08H	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89
015 Токарная	токарный обрабатывающий центр HAAS TL-15HE	патрон поводковый	резцовая головка C4-DDHNR-27055-15 с твердосплавной пластиной DNMG-15 06 08-R-K, фреза торцовая CoroMill 490-040C4-08L	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89
020 Шлицефрезерная	шлицефрезерный 5Б352ПФ2-01	делительная поводковая планшайба, центра, хомутик	червячная фреза Р6М5 ГОС Т9324-80	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89, калибр
025 Сверлильная	сверлильный 2Р135Ф2-1	кондуктор скальчатый	сверло спиральное ГОСТ 4010-77, зенкер насадной ГОСТ 12489-71, развертка сборная насадная ГОСТ 11176-71	калибр
035 Центрошлифовальная	центрошлифовальный станок МФ-	тиски станочные винтовые самоцентрирующиеся	головка шлифовальная EW10x25	пробка пневматическая

Продолжение таблицы 4

Наименование операции	Станок	Приспособления	Режущий инструмент	Средства контроля
	104	ие ГОСТ 21167-75	24A25CT16KA 35м/с ГОСТ 2447-82	
040 Торцекруглошлифовальная	торцекруглошлифовальный станок 3Т160	патрон поводковый, центра	круг шлифовальный 1Е1х150 50ЛП 40СТ16К2 ГОСТ 17123-82	скоба рычажная СР ГОСТ 11098-75
045 Круглошлифовальная	круглошлифовальный станок RSM CNC 500	патрон поводковый, центра	круг шлифовальный 1– 200х100х60 24А16СМ28К ГОСТ 17123-79	скоба рычажная СР ГОСТ 11098-75
050 Торцекруглошлифовальная	торцекруглошлифовальный станок 3Т160	патрон поводковый, центра	круг шлифовальный 1Е1х150 50ЛП 40СТ16К2 ГОСТ 17123-82	скоба рычажная СР ГОСТ 11098-75
055 Круглошлифовальная	круглошлифовальный станок RSM CNC 500	патрон поводковый, центра	круг шлифовальный 1–200х100х60 24А16СМ28К ГОСТ 17123-79	скоба рычажная СР ГОСТ 11098-75
060 Моечная	моечная машина	–	–	–
065 Контрольная	контрольный стол	–	–	–

Выбранные оборудование и средства технологического оснащения представлены в соответствующей технологической документации. Данные сведения содержатся в маршрутной карте технологического процесса и операционных картах, которые представлены в приложении А.

Также данные сведения вносятся на технологические наладки и частично в план изготовления, которые представлены в графической части выпускной квалификационной работы.

## 2.4 Проектирование операций технологического процесса

В ходе проектирования операций технологического процесса необходимо определить режимы на их выполнение, провести нормирование и подробную проработку их структуры.

В условиях среднесерийного типа производства режимы выполнения операций определяются с применением расчетно-аналитического метода [22]. Последовательность проектирования при использовании данного метода следующая. Сначала определяется глубина резания на операции, равная или меньшая значения припуска на обработку. После этого по справочным данным определяется рекомендуемая подача, значение которой может быть скорректировано в зависимости от реальных условий обработки и технических возможностей технологического оборудования. Далее рассчитывается скорость резания по формуле:

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (19)$$

где  $V_T$  – скорость резания справочная, м/мин;

$K_1$  – коэффициент характеристик обрабатываемого материала;

$K_2$  – коэффициент характеристик инструментального материала;

$K_3$  – коэффициент характеристик вида обработки» [22].

«Рассчитывается частота вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (20)$$

где  $D$  – номинальный диаметр, мм» [22].

Определение норм на выполнение операций производится с применением расчетно-аналитического метода [4].

«Сначала рассчитывается длина рабочего хода инструмента по формуле:

$$L_{р.х.} = l_1 + l_{рез} + l_2, \quad (21)$$

где  $l_1$  – длина врезания, мм.;

$l_{рез}$  – длина резания, мм.;

$l_2$  – длина перебега, мм» [4].

«Затем, определяется основное время на обработку по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{p.x.}}{S \cdot n}, \quad (22)$$

где  $S$  – подача, мм/об» [4].

Штучно-калькуляционное время рассчитывается по формуле:

$$\langle T_{шт.к.} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{n_3}, \quad (23)$$

где  $T_{шт}$  – штучное время выполнения операции, мин;

$T_{п-з}$  – подготовительно–заключительное время выполнения операции, мин;

$n_3$  – размер партии деталей, шт» [4].

Штучное время рассчитывается по формуле:

$$\langle T_{шт} = T_0 + T_в + T_{обс} + T_п \quad (24)$$

где  $T_0$  – основное время выполнения операции, мин;

$T_в$  – вспомогательное время выполнения операции, мин;

$T_{обс}$  – время на обслуживание, мин;

$T_п$  – время на личные потребности, мин» [4].

Составляющие штучного времени определяются с использованием данных [4]. Результаты определения режимов выполнения операций и их нормирования представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Режимы выполнения операций и их нормирование

Номер операции	Подача, мм/об	Частота вращения, об/мин	Скорость резания, м/мин	Длина обработки, мм	Основное время, мин	Штучно-калькуляционное время, мин
005	0,20	12	7,5/98	600	0,08	0,42
010 установ А	0,5	1,8	226,20	1500	0,10	4,47
010 установ Б	0,50	1,8	223,84	750	0,42	4,47
	0,50	1,8	223,84	750	0,42	
	0,2	1,8	265	2100	0,35	
015 установ А	0,20	0,25	427,3	2900	0,28	4,84
010 установ Б	0,20	0,25	447,8	1500	0,54	4,84
	0,20	0,25	447,8	1500	0,54	
	0,1	0,25	242	2000	0,42	
020	0,12	2	100,5	1600	1,13	2,76
025	0,22	6,35	52,1	1250	0,06	4,61
	0,50	0,5	3,63	80	0,41	
	0,80	0,15	4,4	100	0,19	
035	0,006	0,2	20,2	1000	0,03	0,37
040 установ А	0,0075	0,3	30	1650	2,38	5,86
040 установ Б	0,0075	0,3	30	1650	2,38	5,86
045	0,0075	0,3	35	2000	3,12	6,62
050 установ А	0,005	0,06	30	1650	1,46	4,94
050 установ Б	0,005	0,06	30	1650	1,46	4,94
055	0,005	0,06	35	2000	2,35	5,21

Полученные режимы выполнения операций и результаты их нормирования заносим в маршрутную карту и операционные карты (приложение А), разработанные с учетом рекомендаций [18]. Также полученные данные указываются на чертежах технологических наладок графической части работы.

Структура операций проектируется на основе плана изготовления детали, полученном ранее. Результаты представлены на картах эскизов и чертежах технологических наладок графической части работы.

Полученные данные по нормированию операций анализируем и выявляем лимитирующие операции. Приходим к выводу, что в данном случае это токарные операции. Это говорит о необходимости их более детального анализа, установления недостатков и устранения их.

Результатом выполнения данного раздела стало решение технологических задач работы. В частности выбран метод получения заготовки и проведено ее проектирование, спроектирована маршрутная технология изготовления детали, выбрано оборудование и средства технологического оснащения, рассчитаны параметры технологических операций и проведено их подробное проектирование. В результате решения данных задач спроектирована заготовка, комплект технологической документации, включающий маршрутную карту, операционные карты, план изготовления детали и технологические наладки на их выполнение.

### 3 Проектирование специальной технологической оснастки

#### 3.1 Проектирование токарного патрона

Анализ результатов нормирования техпроцесса показал, что лимитирующей является токарная черновая операция. Причиной этого является отсутствие приспособления с механизированным приводом закрепления, что увеличивает вспомогательное время выполнения операции. Эскиз выполнения токарной операции приведен на рисунке 2.

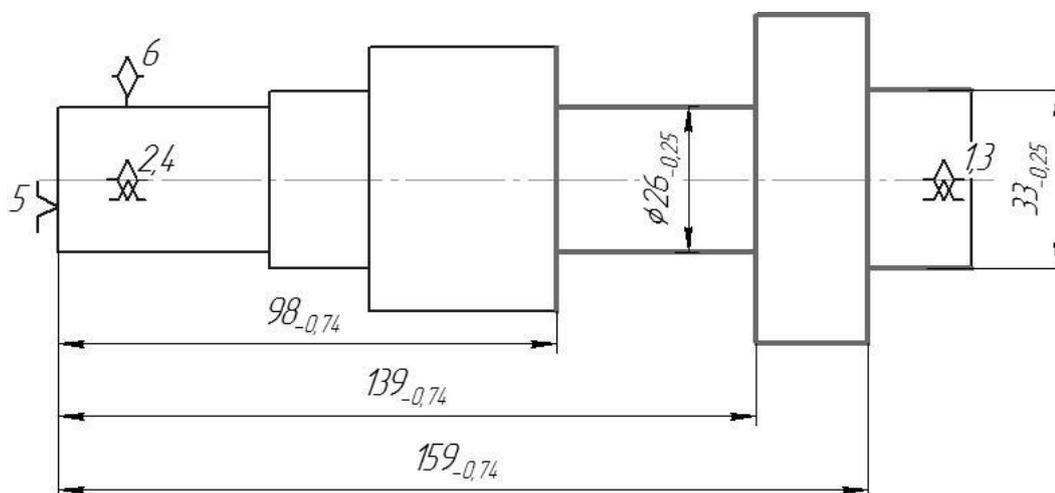


Рисунок 2 – Эскиз токарной операции

Модернизацию приспособления, произведем с использованием методики [9] и данных [22]. Исходя из серийности производства, требуемой точности обработки и рекомендаций [9], в качестве зажимного механизма в приспособлении будем использовать клиновой зажимной механизм.

Проведение силового расчета данного механизма требует разработки схемы закрепления. Результаты разработки данной схемы приведены на рисунке 3. Используя данную схему определяем моменты, действующие на заготовку в процессе обработки и из условия равновесия системы сил при закреплении выводим формулу для определения усилия закрепления.

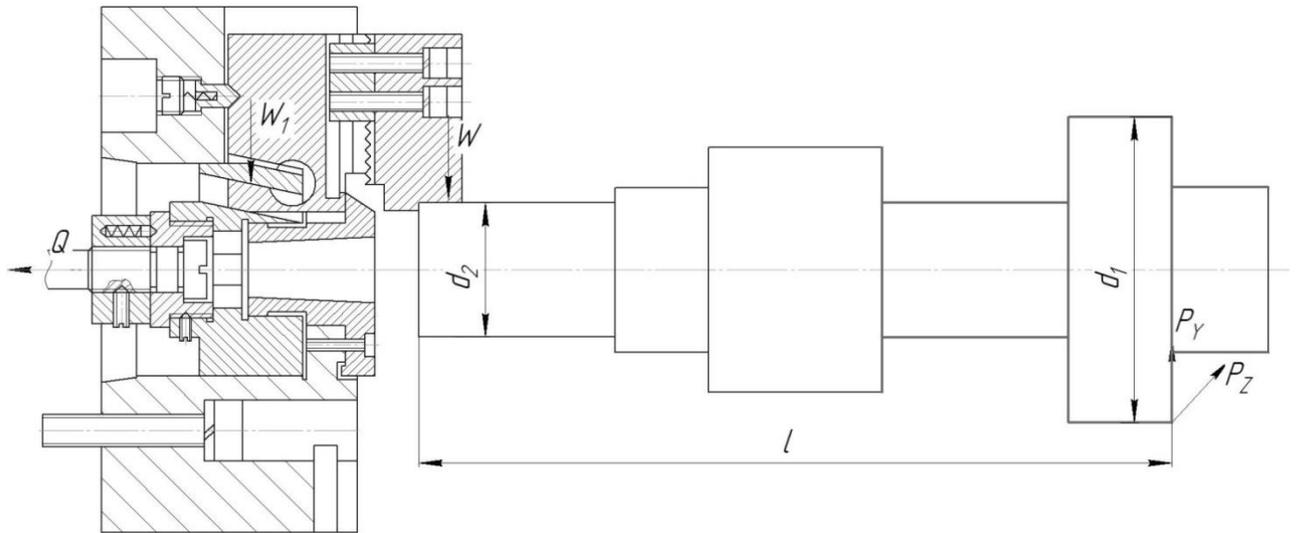


Рисунок 3 – Схема закрепления заготовки

«Составляющая силы резания  $P_Z$  создает момент равный:

$$M_{P_Z} = P_Z \cdot \frac{d_1}{2}, \quad (25)$$

где  $d_1$  – обрабатываемый диаметр, мм» [9].

«Уравновешивающий его момент силы закрепления равен:

$$M_{3P_Z} = \frac{W \cdot f \cdot d_2}{2}, \quad (26)$$

где  $W$  – сила зажима, Н;

$f$  – коэффициент трения поверхностей заготовки и сменного кулачка;

$d_2$  – диаметр закрепления, мм» [9].

«Выводим уравнение для определения силы закрепления:

$$W = \frac{P_Z \cdot d_1}{2 \cdot f \cdot d_2} \cdot K, \quad (27)$$

где  $K$  – коэффициент запаса, учитывающий условия обработки» [9].

$$W = \frac{1323 \cdot 90}{2 \cdot 0,3 \cdot 22} \cdot 1,8 = 64947 \text{ Н.}$$

«Составляющая силы резания  $P_Y$  создает момент равный:

$$M_{P_{PY}} = P_Y \cdot l, \quad (28)$$

где  $l$  – плечо приложения силы, мм» [9].

«Уравновешивающий его момент силы закрепления равен:

$$M_{3P_Y} = \frac{2 \cdot W \cdot f \cdot d_2}{3}. \quad (29) \gg [9]$$

«Выводим уравнение для определения силы закрепления:

$$W = \frac{3 \cdot P_Y \cdot l}{2 \cdot f \cdot d_2} \cdot K. \quad (30) \gg [9]$$

$$W = \frac{2 \cdot 502 \cdot 158}{3 \cdot 0,3 \cdot 22} \cdot 2,52 = 45427 \text{ Н.}$$

Дальнейшие расчеты выполняем по наибольшей силе зажима, которая составляет 64947 Н.

«Усилие зажима на постоянных кулачках рассчитывается по формуле:

$$W_1 = \frac{W}{1 - \frac{3 \cdot l}{H} \cdot f_1}, \quad (31)$$

где  $l$  – вылет кулачка, мм;

$H$  – длина направляющей постоянного кулачка, мм;

$f_1$  – коэффициент трения в направляющих» [9].

$$W_1 = \frac{64947}{1 - \frac{3 \cdot 62}{80} \cdot 0,1} = 84346 \text{ Н.}$$

Силовой привод должен развить усилие, величина которого определяется по формуле:

$$\ll Q = \frac{W_1}{i_c}, \quad (32)$$

где  $i_c$  – передаточное отношение зажимного механизма» [9].

В качестве зажимного механизма ранее был выбран клиновой, передаточное отношение которого рассчитывается по формуле:

$$\ll i_c = \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}\varphi_1}, \quad (33)$$

где  $\alpha$  – угол клина, град;

$\varphi$  – угол трения наклонной поверхности клина, град;

$\varphi_1$  – угол трения плоской поверхности клина, град» [9].

$$i_c = \frac{1}{\operatorname{tg}(15^\circ + 5^\circ 50') + \operatorname{tg}5^\circ 50'} = 2,1.$$

Рассчитываем усилие, развиваемое силовым приводом.

$$Q = \frac{84346}{2,1} = 40165 \text{ Н.}$$

Для создания данного усилия в конструкции приспособления предусмотрено применение гидроцилиндра. «Диаметр поршня гидроцилиндра рассчитывается по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2}, \quad (34)$$

где  $d$  – диаметр штока поршня, мм;

$P$  – давление в гидросистеме, МПа» [9].

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 140165}{5,0} + 30^2} = 85,6 \text{ мм.}$$

С целью удешевления конструкции, полученное расчетное значение диаметра округляем до ближайшего большего равного 90 мм.

Далее рассчитаем погрешность спроектированного приспособления. Для этого составим схему распределения погрешностей (рисунок 4).

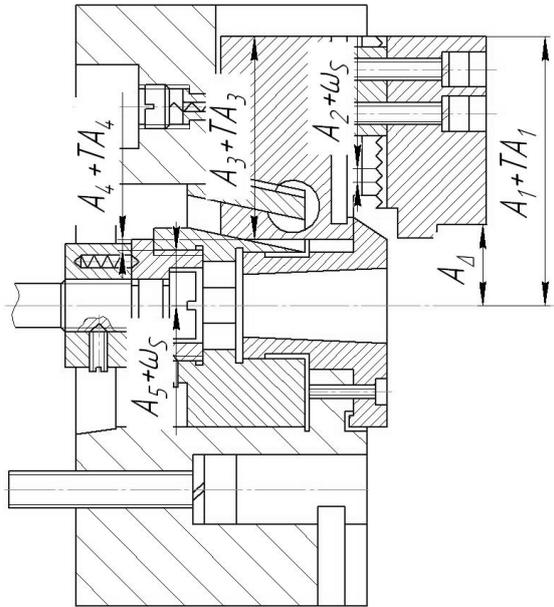


Рисунок 4 – Схема распределения погрешностей

Из представленной на рисунке 4 схемы составим уравнение расчета погрешности установки в приспособлении:

$$\ll \varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2}, \quad (35)$$

где  $\Delta_1$  – погрешность изготовления размера  $A_1$ , мм;

$\Delta_2$  – колебание зазора в сопряжении  $A_2$ , мм;

$\Delta_3$  – погрешность изготовления размера  $A_3$ , мм;

$\Delta_4$  – погрешность изготовления размера  $A_4$ , мм;

$\Delta_5$  – колебание зазора в сопряжении  $A_5$ , мм» [9].

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,025^2 + 0,01^2 + 0,025^2 + 0,012^2 + 0,010^2} = 0,022 \text{ мм.}$$

Расчетное значение погрешности установки должно быть меньше, чем допускаемое, которое в данном случае составляет 0,03 мм. Условие выполняется, следовательно, приспособление отвечает заданной точности установки и может быть использовано на токарной черновой операции.

Патрон состоит из корпуса, в который устанавливается клиновой зажимной механизм. К нему крепятся постоянные кулачки, находящиеся в

направляющих корпуса, на которые крепятся сменные кулачки. Центральная часть клина соединяется с тягой, прикрепленной к штоку гидроцилиндра.

Спроектированное приспособление работает следующим образом. Заготовка устанавливается до упора в сменные кулачки и центр. Масло подается в правую полость гидроцилиндра, поршень перемещает шток и тягу влево, тем самым тянет за собой клин. Кулачки скользят по направляющим клина, обеспечивая центрирование и закрепление заготовки. После обработки масло подается в левую полость гидроцилиндра, перемещая поршень шток и тягу вправо. В результате тяга система возвращается в исходное положение. Конструкция спроектированного станочного приспособления представлена на листе графической части работы и в спецификации приложения Б.

Спроектированное приспособление полностью отвечает всем требованиям, предъявляемым к нему, и позволяет сократить вспомогательное время на обработку за счет механизации процесса снятия и установки заготовки, то есть цель проектирования данного приспособления можно считать достигнутой.

### **3.2 Проектирование токарного резца**

Еще одним недостатком базового технологического процесса, выявленным в ходе анализа лимитирующих операций, является наличие сливной стружки при выполнении точения. Это приводит к необходимости периодической остановки оборудования для очистки зоны резания и, как следствие этого, увеличению времени обслуживания. В типовом технологическом процессе решение этой проблемы производится путем применения менее интенсивных режимов резания, что увеличивает основное время выполнения операции. Решение данной проблемы возможно путем проектирования резца специальной конструкции. Проектирование будем вести с использованием данных [17].

За основу берем конструкцию применяемого на данной операции контурного резца с механическим креплением трехгранной пластины из твердого сплава DNMG-15 06 08-PR GC 4225. Так как планируется использовать более интенсивные режимы резания необходимо произвести силовой расчет основных элементов резца. Определение поперечного сечения державки резца зависит от площади сечения стружки, формируемой при обработке, которая определяется по формуле:

$$\langle F = t \cdot S, \quad (36)$$

где  $t$  – глубина резания, мм;

$S$  – подача, мм/об» [17].

$$F = 2,0 \cdot 0,4 = 0,8 \text{ мм}^2.$$

Для данной величины площади сечения стружки соответствует державка шириной 20 мм и высотой 25мм.

Крепление режущей пластины осуществляется путем поджима ее к штифту. С целью обеспечения надежности крепления пластины необходимо рассчитать минимально допустимый диаметр штифта по формуле:

$$\langle D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \sigma_d}}, \quad (37)$$

где  $Q_1$  – сила, действующая на винт при работе инструмента, Н;

$\sigma_d$  – допустимое материалом винта напряжение, МПа» [17].

Сила, действующая на штифт при работе инструмента, рассчитывается по формуле:

$$\langle Q_1 = \frac{P_{Zmax}}{0,7}, \quad (38)$$

где  $P_{Zmax}$  – максимальное значение главной составляющей силы резания, Н» [17].

Выполняем расчеты.

$$Q_1 = \frac{1250}{0,7} = 1786 \text{ Н.}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1786}{\pi \cdot 650}} = 1,9 \text{ мм.}$$

Окончательно диаметр винта определяем путем прочерчивания. Для решения проблемы обеспечения эффективности завивания и дробления стружки изменена конструкция режущей пластины. Предлагается в конструкции пластины применить уступ, параметры которого зависят от характеристик обрабатываемых материалов и применяемых режимов резания. Конструкция уступа принята по рекомендациям [2]. Более подробно конструкция резца со всеми техническими решениями и геометрическими параметрами представлена на его рабочем чертеже в графической части работы и в спецификации приложения Б.

В данном разделе задачи по модернизации базовой технологии решены путем проектирования специальной технологической оснастки и режущего инструмента. Проектирование токарного патрона позволило решить проблему обеспечения требуемой точности обработки и снижения времени проведения токарных операций. Проектирование резца позволило решить проблемы образования сливной стружки на токарных операциях.

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

Разработку мероприятий по обеспечению безопасности и экологичности выполнения спроектированного технологического процесса изготовления вала кулачкового и предлагаемых технических мероприятий по его совершенствованию проведем по рекомендациям [5].

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

На основе имеющихся данных по выбору оборудования и средств технологического оснащения составим технологический паспорт технического объекта в виде таблицы 6. В паспорте отражаем основные особенности технологического процесса, то есть операции с указанием оборудования, средства технологического оснащения, используемые в технологическом процессе материалы и вещества, а также указываем наименование должностей необходимых работников.

Таблица 6 – «Технологический паспорт технического объекта»

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества» [5]
технологический процесс изготовления вала кулачкового	токарная операция	оператор станков с числовым управлением	токарный обрабатывающий центр HAAS TL-15HE, резцовая головка с твердосплавной пластиной	сталь 19ХГН ГОСТ 4543-71, обтирочная ветошь, синтетическая смазочно-охлаждающая жидкость

Продолжение таблицы 6

«Технологический процесс»	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества» [5]
–	сверлильная операция	оператор станков с числовым управлением	сверлильный 2Р135Ф2-1, кондуктор скальчатый, сверло спиральное ГОСТ 4010-77, зенкер насадной ГОСТ 12489-71, развертка сборная насадная ГОСТ 11176-71	сталь 19ХГН ГОСТ 4543-71, обтирочная ветошь, синтетическая смазочно-охлаждающая жидкость

Данные технологического паспорта используются для рассмотрения технологического процесса на безопасность его выполнения, соответствие нормам пожарной безопасности и антропогенное влияние.

#### 4.2 Идентификация профессиональных рисков

Следующим этапом разработки системы обеспечения производственной безопасности является оценка профессиональных рисков, которая заключается в выявлении опасных и вредных факторов, возникающих в ходе выполнения технологического процесса и источников их возникновения в соответствии с рекомендациями [6].

Перечень опасных и вредных факторов приведенных в таблице 7, составляется на основе анализа соответствующего списка государственного стандарта и рекомендаций [6] применительно к спроектированной технологии.

Таблица 7 – «Идентификация профессиональных рисков»

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [5]
токарная операция, сверлильная операция	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	режущий инструмент, обрабатываемая заготовка» [5]
	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации	оборудование, средства технологического оснащения, транспортно-погрузочные устройства» [5]
	«неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	оборудование, средства технологического оснащения, транспортно-погрузочные устройства» [5]
	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	оборудование, средства технологического оснащения, транспортно-погрузочные устройства» [5]
	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги	оборудование, оснастка» [5]
	«отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	оборудование, средства технологического оснащения, транспортно-погрузочные устройства» [5]

Продолжение таблицы 7

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [5]
–	«вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм (ядовитые вещества/химикаты/химическая продукция)	смазочно-охлаждающая жидкость» [5]
	«стереотипные рабочие движения	оборудование, средства технологического оснащения, транспортно-погрузочные устройства» [5]
	«физическая динамическая нагрузка	оборудование, средства технологического оснащения, транспортно-погрузочные устройства» [5]

В ходе выполнения идентификации профессиональных рисков были выявлены основные опасные и вредные производственные факторы, возникновение которых наиболее вероятно при выполнении спроектированного технологического процесса. Проведено выявление источников их возникновения.

Исходя из количества и состава, выявленных опасных и вредных производственных факторов можно сделать вывод о том, что влияние данных факторов может привести к серьезным последствиям для здоровья работников. Анализ источников возникновения опасностей позволяет сделать вывод о том, что их наличие обусловлено непосредственно технологией изготовления и физическое устранение источников опасностей невозможно.

### 4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

С целью снижения и устранения влияния, выявленных ранее опасных и вредных производственных факторов необходимо применить средства общей и индивидуальной защиты, разработать организационные мероприятия по профилактике и обучению персонала. В таблице 8 приведены результаты решения данной задачи с учетом выявленных опасных и вредных факторов и особенностей рассматриваемого технологического процесса.

Таблица 8 – «Организационно-технические методы и технические средства устранения или снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов»

Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника» [5]
«опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	инструктажи по охране труда, ограждающие устройства	костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий или халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, перчатки с полимерным покрытием, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием» [5]
«опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, устройства и приспособления, гасящие вибрации	ботинки с защитным подноском» [5]

Продолжение таблицы 8

«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 работника» [5]
«неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	инструктажи по охране труда, ограждающие устройства, удаление заусенцев	фартук для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, перчатки с полимерным покрытием, очки защитные» [5]
«опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	инструктажи по охране труда, устройства поглощения и снижения уровня шума до предельно допустимых значений	наушники или вкладыши противозумные» [5]
«опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов	инструктажи по охране труда, ограждающие устройства, изоляция токоведущих частей, системы аварийного отключения оборудования, диэлектрические коврики, устройства заземления оборудования	спецодежда» [5]
«отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	инструктажи по охране труда, устройства местного освещения» [5]	—
«вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм (ядовитые вещества/химикаты/химическая продукция)	инструктажи по охране труда, ограждающие устройства	костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, респиратор, фартук для защиты от общих загрязнений» [5]

Продолжение таблицы 8

«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 работника» [5]
«стереотипные рабочие движения	инструктажи по охране труда, соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов» [5]	—
«физическая динамическая нагрузка	инструктажи по охране труда, соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов» [5]	—

На основании представленных данных можно сделать вывод о том, что предлагаемые организационные мероприятия и технические средства позволят эффективно снизить влияние опасных и вредных факторов, возникающих в ходе выполнения технологического процесса и надежно защитить выполняющих его работников.

В данном разделе были определены опасные и вредные производственные факторы и риски, возникающие при выполнении технологического процесса, определены источники их возникновения. Разработаны мероприятия по их устранению. Разработаны организационные мероприятия и определены технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность. Разработаны организационно-технические мероприятия позволяющие обеспечить требуемые экологические показатели технологического процесса в соответствии с нормативными значениями.

## 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.

При написании бакалаврской работы было предложено изменить на операциях 010 и 015 токарных оборудование, оснастку и инструмент. Эти изменения привели к сокращению трудоемкости выполнения операций, что с технологической точки зрения доказывает эффективность данного изменения. Однако, это предстоит подтвердить еще и с экономической точки зрения, что и будет выполнено в рамках раздела 5 бакалаврской работы.

Все необходимые технические параметры, такие как: основное и штучное время, модель оборудования, наименование инструмента и оснастки, применяемые на операциях 010 и 015, 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;
- 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)» [13, с. 15-23].

Далее представлены основные результаты проведенных расчетов. На рисунке 5, показаны величины, из которых складываются капитальные вложения, которые составят 1187897,75 рублей.

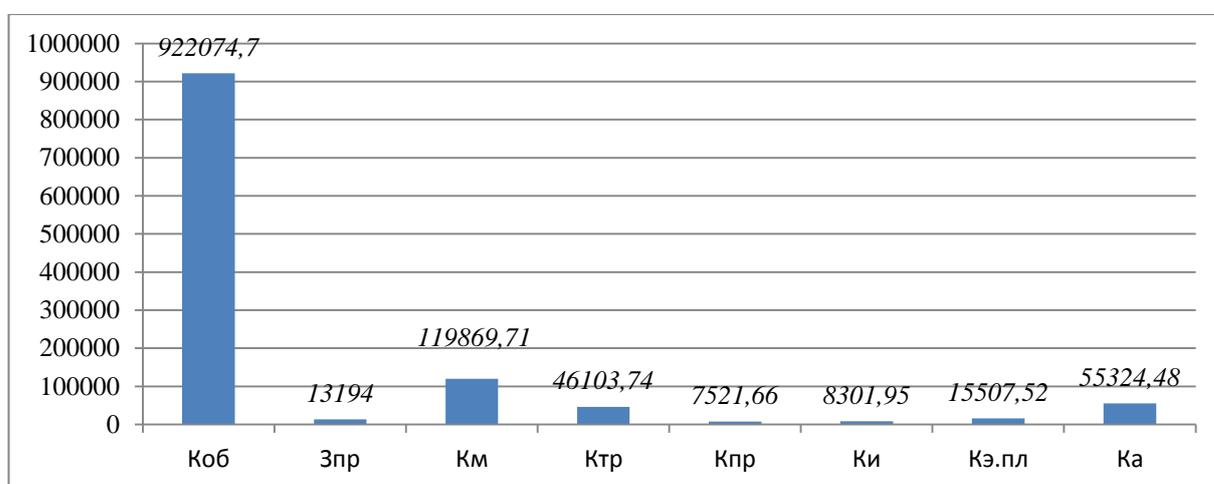


Рисунок 5 – Величина затрат, входящих в капитальные вложения, предложенного проекта, руб.

Анализируя, представленные на рисунке 5, данных, можно сделать вывод о том, что самыми капиталоемкими затратами являются затраты на основное технологическое оборудование ( $K_{ОБ}$ ), их величина составляет 77,62% от всей величины капитальных вложений.

Величина всех остальных значений имеет значение около 10 %, и ниже, а именно находятся в интервале от 0,7 % до 10,09 %. Но не смотря на их относительно не большую величину, пренебрегать этими значениями нельзя, так как они отображают значения затрат изменяющихся технических условий выполнения операций. Речь идет о таких показателях как: приобретение приспособления ( $K_{ПР}$ ), затраты на проектирование ( $З_{ПР}$ ), затраты на доставку

и монтаж нового оборудования ( $K_M$ ), затраты на транспортные средства ( $K_{TP}$ ), затраты на инструмент ( $K_{II}$ ), затраты на производственную площадь ( $K_{Э.Пл}$ ) и затраты на управляющую программу ( $K_A$ ).

На рисунке 6 представлены параметры, из которых складывается технологическая себестоимость детали «Вал кулачковый», по двум сравниваемым вариантам технологического процесса.

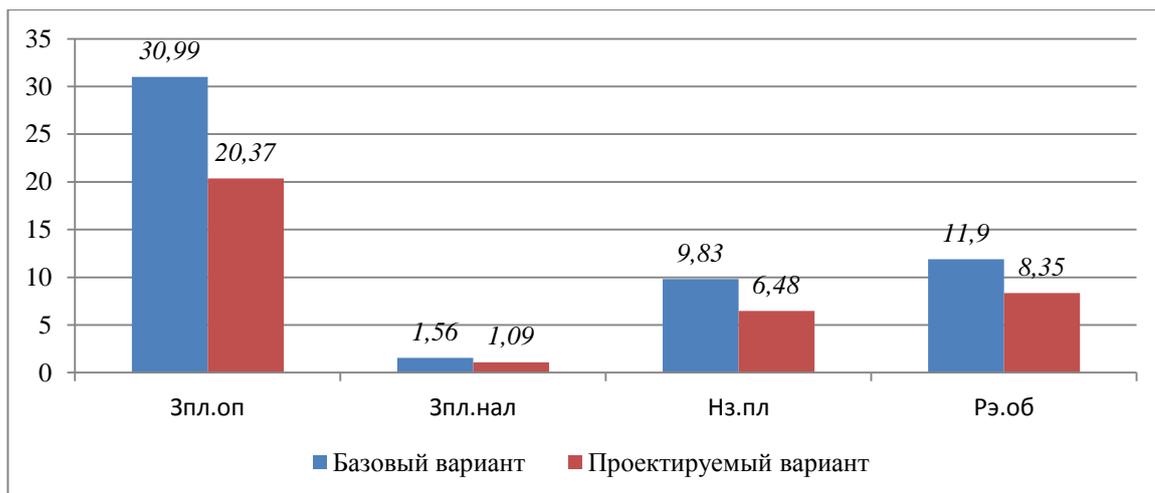


Рисунок 6 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали «Вал кулачковый», по вариантам, руб.

Как видно из рисунка 6, значение величины основных материалов за вычетом отходов не использовалось для определения вышеуказанного параметра, так как в процессе совершенствования технологического процесса, способ получения заготовки не менялся, поэтому эта величина остается без изменения, а на определение разницы в себестоимости между вариантами она не окажет влияния.

Анализируя диаграмму на рисунке 6, видно, что только одна величина имеет максимальную долю в общей величине технологической себестоимости, это расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, с объемом величины 57,1 % для базового варианта и 56,14 % для проектируемого варианта, от всего значения технологической себестоимости.

Данные параметры позволили сформировать значение полной

себестоимости. Результаты калькуляции себестоимости обработки детали «Вал кулачковый» по операциям 010 и 015 технологического процесса, представлены на рисунке 7.

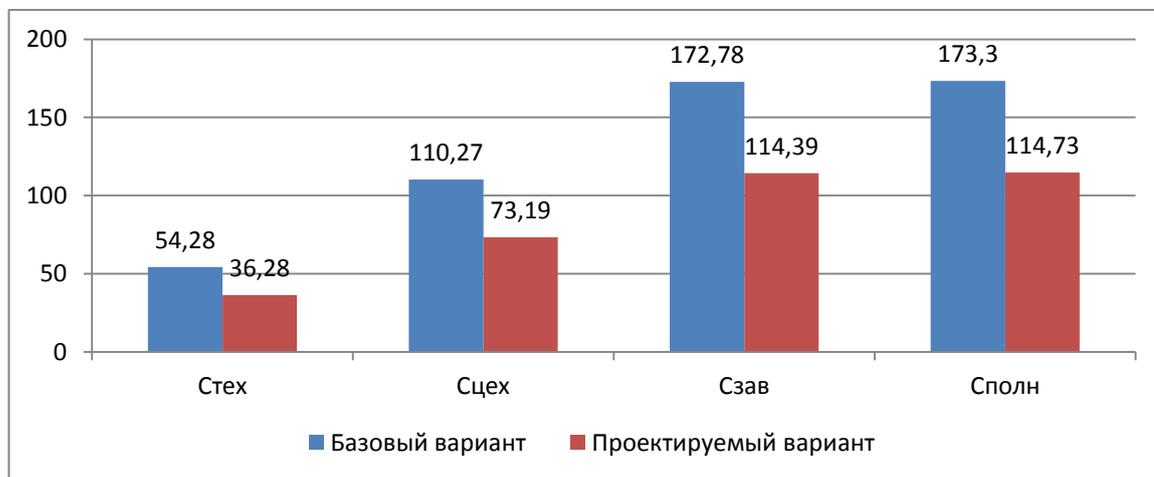


Рисунок 7 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

Дальнейшие расчеты показали, что капитальные вложения, в размере 1187897,75 рублей, окупятся в течение четырех лет. Такой срок является максимально допустимым для совершенствования технологического процесса. Однако прежде чем говорить об его эффективности, проанализируем такой экономический параметр как интегральный экономический эффект или чистый дисконтируемый доход. Величина данного показателя составляет 239062,01 рубля со знаком «плюс», что доказывает эффективность предложенных мероприятий. А это значит, что на каждый вложенный рубль будет получен доход 1,2 рублей.

## Заключение

Предлагаемый технологический процесс позволяет изготавливать годовую программу вала кулачкового заданного качества при минимальных затратах на производство в условиях среднесерийного типа производства.

Следовательно, цель работы можно считать достигнутой. Для ее достижения были проведены следующие мероприятия. Произведен анализ исходных данных, в результате которого определены основные особенности конструкции детали и условия проектирования технологического процесса. Исходя из этого, сформулированы задачи работы, которые были решены в ходе проектирования.

Первая группа задач технологическая. Она включает в себя выбор метода получения заготовки и ее проектирование, проектирование маршрутной технологии изготовления детали, выбор оборудования и средств технологического оснащения, расчет параметров технологических операций и их подробное проектирование. В результате решения данных задач спроектирована заготовка, комплект технологической документации, включающий маршрутную карту, операционные карты, план изготовления детали и технологические наладки на их выполнение.

Следующая группа задач направлена на модернизацию производства. Проектирование токарного патрона позволило решить проблему обеспечения требуемой точности обработки и снижения времени проведения токарных операций. Проектирование резца позволило решить проблему образования сливной стружки.

Предлагаемые технические решения оценены на безопасность и экологичность их выполнения.

Экономические расчеты показателей спроектированного технологического процесса подтвердили его эффективность.

## Список используемых источников

1. Антимонов А.М. Основы технологии машиностроения : учебник / А.М. Антимонов. – 2-е изд., стер. – Москва : ФЛИНТА, 2020. – 176 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143717> (дата обращения: 18.08.2021).
2. Артамонов Е.В. Расчет и проектирование сменных режущих пластин и сборных инструментов : монография / Е.В. Артамонов, Т.Е. Помигалова, М.Х. Утешев. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2011. – 152 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/28284> (дата обращения: 25.09.2021).
3. Боровский Г.В. Справочник инструментальщика / Г.В. Боровский, С.Н. Григорьев, А.Р. Маслов ; под общ. ред. А.Р. Маслова. – 2-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение, 2007. – 463 с.
4. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. М. : ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
5. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : электрон. учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти. : Изд-во ТГУ, 2018. – 41 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/8767> (дата обращения: 12.10.2021).
6. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.
7. Звонцов И.Ф. Проектирование и изготовление заготовок деталей общего и специального машиностроения : учебное пособие / И.Ф. Звонцов, К.М. Иванов, П.П. Серебrenицкий. – Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2015. – 179 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/75160> (дата обращения: 18.08.2021).

8. Зубарев Ю.М. Технология автоматизированного машиностроения. Проектирование и разработка технологических процессов : учебное пособие для вузов / Ю.М. Зубарев, А.В. Приемышев, В.Г. Юрьев. –2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. –312 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/156390> (дата обращения: 24.08.2021).
9. Иванов И.С. Расчет и проектирование технологической оснастки в машиностроении: учеб. пособие / И.С. Иванов. – Москва. : ИНФРА-М, 2015. – 198 с.
10. Каталог продукции «haascnc». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.int.haascnc.com> (дата обращения: 28.08.2021).
11. Каталог продукции «Sandvik coromant». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sandvik.coromant.com> (дата обращения: 28.08.2021).
12. Клепиков В.В. Технологическая оснастка: станочные приспособления: учеб. пособие / В.В. Клепиков. – Москва. : ИНФРА–М, 2017. – 345 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/765631> (дата обращения: 28.08.2021).
13. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством: электрон. учеб.-метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти. : ТГУ, 2014. – 183 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13> (дата обращения: 18.10.2021).
14. Маталин А.А. Технология машиностроения : учебник для во / А.А. Маталин. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 512 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143709> (дата обращения: 29.08.2021).
15. Мещерякова В.Б. Металлорежущие станки с ЧПУ: учеб. пособие / В.Б. Мещерякова, В.С. Стародубов. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 336 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/881108> (дата обращения: 28.08.2021).
16. Пелевин В.Ф. Метрология и средства измерений: учеб. пособие / В.Ф. Пелевин. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 273 с. [Электронный ресурс]. –

URL: <http://znanium.com/catalog/product/774201> (дата обращения: 28.08.2021).

17. Проектирование металлообрабатывающих инструментов : учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, В.А. Гречишников, С.Н. Григорьев, И.А. Коротков. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. –256 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/64341> (дата обращения: 23.09.2021).

18. Расторгуев Д. А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления: электронное учеб.-метод. пособие / Д.А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". – ТГУ. – Тольятти. : ТГУ, 2017. – 34 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/6204> (дата обращения: 05.10.2021).

19. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 2007. – 272 с.

20. Седых Л.В. Технология машиностроения: практикум / Л.В. Седых. – Москва. : МИСиС, 2015. – 73 с. [Электронный ресурс] – URL: <https://e.lanbook.com/book/69757> (дата обращения: 09.09.2021).

21. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А.М. Дальский [и др.]; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение–1, 2003. – 910 с.

22. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А.М. Дальский [и др.]; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение–1, 2003. – 941 с.

23. Химический состав и физико-механические свойства стали 19ХГН [Электронный ресурс]. – URL: [https://metallicheckiportal.ru/marki\\_metallov/stk/19XGH](https://metallicheckiportal.ru/marki_metallov/stk/19XGH) (дата обращения: 10.08.2021).



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа																
						Код, наименование оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит	Тпрз	Тшт					
0 19					159 <sub>0,71</sub> , 63,7 <sub>0,2</sub> , R46,7 <sub>0,2</sub> .																	
T 20					396190 Патрон 3-х кулачковый специальный; 392841 Центра ГОСТ8742-75; 392104 Резец токарный																	
T 21					контурный DNMG 15 06 08-PR GC4225 "Sandvic"; 391801 Фреза торцовая CoroMILL 490-040C4-08H																	
T 22					GC4220 "Sandvic"; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.																	
23																						
A 24					XX XX XX 015 4110 Токарная																	
B 25					381101 Токарный HAAS TL-15HE 3 18217 312 1P 1 1 1 800 1 4,84																	
0 26					Точить последовательно поверхности 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 20, 21, 22, 23, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32,																	
0 27					33, 24, 35, 36 в размер: Установ А $\phi 48,72_{0,12}$ , $\phi 32,228_{0,10}$ , $\phi 26,72_{0,12}$ , $110,52_{0,22}$ , $130_{0,22}$ , Установ Б																	
0 28					$\phi 32,228_{0,10}$ , $62,72_{0,2}$ , $R45,72_{0,2}$ .																	
T 29					396190 Патрон поводковый; 392841 Центра ГОСТ8742-75; 392104 Резец токарный контурный DNMG																	
T 30					15 06 08-PR GC4225 "Sandvic"; 391801 Фреза торцовая CoroMILL 490-040C4-08H GC4220 "Sandvic";																	
T 31					393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.																	
32																						
A 33					XX XX XX 020 4153 Шлицефрезерная																	
B 34					381672 Шлицефрезерный 5Б352ПФ2-01 3 12287 312 1P 1 1 1 800 1 2,76																	
0 35					Нарезать шлицы поверхности 17, 18 в размер $\phi 22_{0,06}$ , $7_{0,2}$ .																	
T 36					396190 Патрон поводковый; 392841 Центра ГОСТ8742-75; 391802 Фреза червячная ГОСТ 9324-80																	
T 37					Р6М5; 393400 Калибр.																	
38																						
A 39					XX XX XX 025 4120 Сверлильная																	
B 40					381210 Сверлильный с ЧПУ 2P135Ф2-11 3 17335 312 1P 1 1 1 800 1 4,61																	
0 41					Сверлить поверхность 19 в размер $\phi 11,984_{0,018}$ .																	
МК																						

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования				СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
Т 69	396190 Кондуктор скальчатый; 391213 Сверл $\phi 10,8$ P18 ГОСТ4010-77 ; 391611 Зенкер $\phi 11,6$ P18														
Т 70	ГОСТ12489-71; 391722 Развертка $\phi 12$ ВК8 ГОСТ11176-71; 393400 Калибр.														
71															
А 72	XX XX XX 030 5130 Термическая														
73															
А 74	XX XX XX 035 4133 Центрошлифовальная														
Б 75	381839 Центрошлифовальный МФ-104 3 18873 312 1Р 1 1 1 800 1 0,37														
О 76	Шлифовать поверхности 14, 16 в размер $\phi 4^{+0,15}$ .														
Т 77	396131 Тиски самоцентрирующие; 39810 Круг шлифовальный; 393121 393400 Пробка пневматическая.														
78															
А 79	XX XX XX 040 4131 Торцевкруглошлифовальная														
Б 80	381311 Торцевкруглошлифовальный 3Т160 3 18873 312 1Р 1 1 1 800 1 5,86														
О 81	Шлифовать поверхности 2, 4, 9, 10 в размер $\phi 32,178_{0,025}$ , $111,12_{0,17}$ .														
Т 82	396190 Патрон поводковый; 392841 Центра ГОСТ8742-75; 39810 Круг шлифовальный; 393121 Скоба														
Т 83	рычажная.														
84															
А 85	XX XX XX 045 4131 Круглошлифовальная														
Б 86	381311 Круглошлифовальный с ЧПУ GPLus450 3 18873 312 1Р 1 1 1 800 1 6,62														
О 87	Шлифовать поверхности 8, 12, 20, 21, 22, 23 в размер $\phi 48,12_{0,15}$ , $\phi 26,12_{0,15}$ , R45,12 <sub>0,12</sub> , 62 <sub>0,12</sub> .														
Т 88	396190 Патрон поводковый; 392841 Центра ГОСТ8742-75; 39810 Круг шлифовальный; 393121 Скоба														
Т 89	рычажная.														
90															
А 91	XX XX XX 050 4131 Торцевкруглошлифовальная														
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа										
						Код, наименование оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз
Б 94					381311 Торцекруглошлифовальный 3Т160 3 18873 312 1Р	1	1	1	1	800	1				4,94	
О 95					Шлифовать поверхности 2, 4, 9, 10 в размер $\phi 32,018_{0,016}$ , 111 <sub>0,10</sub> .											
Т 96					396190 Патрон поводковый: 392841 Центра ГОСТ8742-75; 39810 Круг шлифовальный: 393121 Скоба											
Т 97					рычажная.											
98																
А 99					XX XX XX 055 4131 Круглошлифовальная											
Б 100					381311 Круглошлифовальный с ЧПУ GPLus450 3 18873 312 1Р	1	1	1	1	800	1				5,21	
О 101					Шлифовать поверхности 8, 12, 20, 21, 22, 23 в размер $\phi 47,75_{0,025}$ , $\phi 26_{0,065}$ , R45 <sub>0,025</sub> , 62 <sub>0,025</sub> .											
Т 102					396190 Патрон поводковый: 392841 Центра ГОСТ8742-75; 39810 Круг шлифовальный: 393121 Скоба											
Т 103					рычажная.											
104																
А 105					XX XX XX 060 Мечная.											
106																
А 107					XX XX XX 065 Контрольная											
108																
109																
110																
111																
112																
113																
114																
115																
116																
МК																





Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.116-82										Форм 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	Желябовский			ТГУ									
Проверил	Лебашкин			Кафедра ОТМП									
Нконтр.				Вал кулачковый						Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал		Твердость	EB	MD	Профиль и размеры			MB	КОИД		
Токарная		Сталь 19ХГН ГОСТ 4543-71		HВ 245	166	148	Ø94,4х182,8			222	1		
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		та	тб	тв	тшт	схж					
НААС TL-15HE				0,87			4,47						
		пи	о или в	l	f	i	s	п	v				
01	1. Установить заготовку												
T <sub>01</sub>	396190 Патрон 3-х кулачковый специальный; 392841 Центра ГОСТ8742-75; 392104 Резец токарный												
T <sub>02</sub>	контурный DNMG 15 06 08-PR GC4225 "Sandvic"; 391801 Фреза торцовая CoroMILL 490-040C4-08H												
T <sub>03</sub>	GC4220 "Sandvic"; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 180-80.												
05	2. Точить последовательно поверхности и торцы выдерживая размеры согласно эскиза												
P <sub>05</sub>		1			1,8		0,5	1500	226				
07	3. Переустановить заготовку, обрабатывать поверхности и торцы согласно эскиза												
P <sub>07</sub>		1			1,8		0,5	750	223				
P <sub>08</sub>		2			1,8		0,5	750	223				
P <sub>09</sub>		3			1,8		0,2	2100	265				

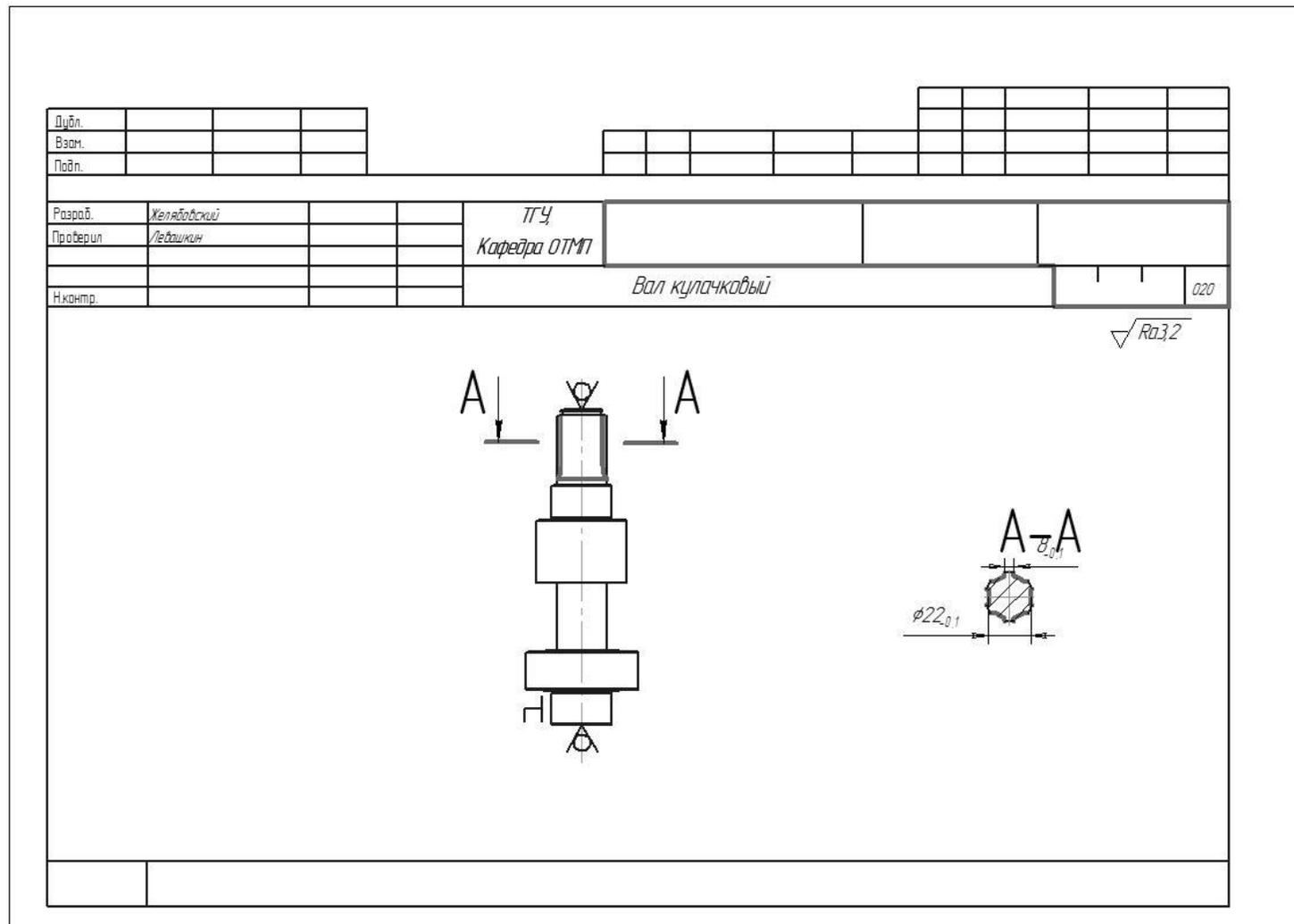
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.116-82										Форм 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	<i>Желябовский</i>			<i>ТГУ</i>									
Проверил	<i>Левицкий</i>			<i>Кафедра ОТМП</i>									
Н.контр.					<i>Вал кулачковый</i>					Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД		
<i>Токарная</i>		<i>Сталь 19ХГН ГОСТ 4543-71</i>		<i>НВ 245</i>	<i>166</i>	<i>148</i>	<i>№94,4х182,8</i>			<i>2,22</i>	<i>1</i>		
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		та	тб	тв	тшт	сож					
<i>HAAS TL-15HE</i>				<i>0,87</i>			<i>4,47</i>	<i>Украина-1</i>					
		пи	о или в	л	т	и	с	п	у				
11	<i>4. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.</i>												
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.116-82										Форм 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	Желябовский			ТГУ									
Проверил	Левашкин			Кафедра ОТМП									
Н.контр.				Вал кулачковый						Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал		Твердость	EB	MD	Профиль и размеры			МЗ	КОИД		
Шлицефрезерный		Сталь 19ХГН ГОСТ 4543-71		HB 245	166	148	№94,4х182,8			222	1		
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		та	тб	тв	тшт	слож					
56352ПФ2-01				0,83			246						
			пи	о или в	l	f	i	s	п	v			
01	1. Установить заготовку												
Т.оп	396190 Патрон поводковый; 392841 Центра ГОСТ8742-75; 391802 Фреза червячная ГОСТ 9324-80												
02	2. Нарезать шлицы выдерживая размеры согласно эскиза												
Р.сч			1			2		0,12	1600	100,5			
03	3. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.												
04													
05													
06													
07													
08													
09													
10													

Приложение Б

Спецификации к сборочным чертежам

Таблица Б.1 – Спецификации к сборочным чертежам

Формат Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание
<u>Документация</u>					
A1		21БР.ОТМП.340.65.00.000СБ	Сборочный чертеж		
<u>Детали</u>					
A3	1	21БР.ОТМП.340.65.00.001	Корпус	1	
A4	2	21БР.ОТМП.340.65.00.002	Стопор	1	
A4	3	21БР.ОТМП.340.65.00.003	Клин	1	
A4	4	21БР.ОТМП.340.65.00.004	Постоянный кулачек	3	
A4	5	21БР.ОТМП.340.65.00.005	Сухарь	3	
A4	6	21БР.ОТМП.340.65.00.006	Сменный кулачек	3	
A4	7	21БР.ОТМП.340.65.00.007	Втулка	1	
A4	8	21БР.ОТМП.340.65.00.008	Заглушка	1	
A4	9	21БР.ОТМП.340.65.00.009	Тяга	1	
A4	10	21БР.ОТМП.340.65.00.010	Гайка	1	
A4	11	21БР.ОТМП.340.65.00.011	Плунжер	1	
A4	12	21БР.ОТМП.340.65.00.012	Втулка	3	
A4	13	21БР.ОТМП.340.65.00.013	Шток	3	
A3	14	21БР.ОТМП.340.65.00.014	Корпус неподвижный	1	
A4	15	21БР.ОТМП.340.65.00.015	Муфта	1	
A3	16	21БР.ОТМП.340.65.00.016	Крышка	1	
A3	17	21БР.ОТМП.340.65.00.017	Корпус гидроцилиндра	1	
A4	18	21БР.ОТМП.340.65.00.018	Поршень	1	
A4	19	21БР.ОТМП.340.65.00.019	Шток	1	
A4	20	21БР.ОТМП.340.65.00.020	Переходная втулка	1	
<b>21БР.ОТМП.340.65.00.000</b>					
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	
Разработ.		Желябовский			
Проб.		Лебашкин			
Н.контр.		Лебашкин			
Утв.		Логинюв			
<b>Патрон</b>				Лист	Листов
<b>3-х кулачковый</b>				1	2
ТГУ, ИМ				г. ТМбд-1601а	
Копировал				Формат А4	



