

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

Институт машиностроения  
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»  
(наименование)

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

Технология машиностроения  
(направленность (профиль)/ специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс изготовления блока шестерен коробки  
скоростей универсально-фрезерного станка AG 400

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

Тольятти 2021

## Аннотация

В данной выпускной квалификационной работе проектируется технологический процесс изготовления блока шестерен коробки скоростей универсально-фрезерного станка AG 400.

Работа состоит из введения, пяти основных разделов, заключения, списка используемых источников и приложений.

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы и формулируется цель работы, которая заключается в проектировании технологического процесса изготовления, который обеспечит выпуск годовой программы блока шестерен коробки скоростей универсально-фрезерного станка AG 400 в условиях среднесерийного производства отвечающего заданным параметрам качества изготовления с наименьшими экономическими затратами.

В первом разделе проанализированы имеющиеся данные по рассматриваемой детали, на основании чего поставлены задачи работы. Во втором разделе проведено экономическое сравнение вариантов заготовок и проведено проектирование заготовки. Спроектирован технологический процесс изготовления детали, включая выбор оборудования, инструмента, средств контроля и оснастки, проектирование технологических операций, включая расчет режимов резания и нормирование операций. В третьем разделе предложены варианты дальнейшего технического совершенствования технологии изготовления детали путем проектирования оснастки и режущего инструмента на токарные операции. В четвертом разделе разработаны мероприятия по обеспечению безопасности выполнения предложенной технологии. В пятом разделе произведен расчет экономической эффективности предложенных технических решений. В заключении приведены основные результаты выполнения работы.

Работа состоит из 68 страниц записки и графической части в количестве 8 листов формата A1.

## 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.....	9
1.4 Задачи работы .....	11
2 Разработка технологии изготовления .....	12
2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки .....	12
2.2 Разработка плана изготовления детали.....	20
2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки.....	22
2.4 Проектирование операций технологического процесса .....	25
3 Разработка специальной технологической оснастки .....	28
3.1 Разработка токарного патрона .....	28
3.2 Разработка токарного резца.....	35
4 Безопасность и экологичность технического объекта .....	37
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта .....	37
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	38
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	40
4.4 Обеспечение экологической безопасности технического объекта .....	43
5 Экономическая эффективность работы .....	45
Заключение .....	49
Список используемых источников.....	50
Приложение А Технологическая документация.....	54
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам .....	66

## Введение

В условиях единичного и мелкосерийного производства широко применяется универсальное оборудование. Оно обеспечивает необходимую гибкость производству за счет быстрой переналадки на выпуск новых изделий, обладает широкими технологическими возможностями. Это позволяет изготавливать на таком оборудовании малые партии и единичные детали без проведения серьезной предварительной технологической подготовки производства. Универсально-фрезерный станок AG 400 является одним из представителей данного типа оборудования. Технологические возможности данного станка достаточно высокие. На нем можно обрабатывать детали из стали, чугуна, цветных металлов и различных сплавов имеющие сложный профиль. Спектр выполняемых работ данного станка широкий. На нем можно выполнять фрезерование различными фрезами, сверление, растачивание, зенкерования и развертывания отверстий. Такая универсальность достигается конструктивными особенностями станка и применяемых на нем приспособлений. Это приводит к необходимости использования в конструкции высокоточных деталей и механизмов, изготовление которых требует применения соответствующих дорогостоящих методов обработки. Учитывая область применения оборудования, его конечная стоимость может играть ключевую роль для конечного потребителя.

Рассматриваемый в данной работе блок шестерен является одной из таких ответственных деталей в данном станке. Исходя из сказанного, цель данной выпускной квалификационной работы заключается в проектировании технологического процесса изготовления, который обеспечит выпуск годовой программы блока шестерен коробки скоростей универсально-фрезерного станка AG 400 в условиях среднесерийного производства отвечающего заданным параметрам качества изготовления с наименьшими экономическими затратами.

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

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

Блок шестерен является частью механизма коробки скоростей универсально-фрезерного станка, поэтому основным его функциональным назначением является передача крутящего момента от одной ступени коробки скоростей на другую. Блок шестерен имеет два зубчатых венца и центральное шлицевое отверстие, которые и производят передачу крутящего момента. При этом передача момента может производиться одним из венцов в зависимости от включенной кинематической цепи.

В механизме блок шестерен устанавливается на подшипники в корпусе коробки. Это позволяет сделать вывод о том, что деталь эксплуатируется в пространстве закрытом от воздействия негативных внешних факторов, таких как технологические жидкости, пыль, стружка и так далее.

На условия эксплуатации детали также влияют и условия эксплуатации станка. Как правило, оборудование данного типа эксплуатируется в закрытых производственных помещениях с параметрами микроклимата соответствующими стандартам, что исключает их значительные колебания и возможность возникновения экстремальных условий, выходящих за расчетные характеристики оборудования. Делаем вывод о том, что существенного влияния внешние условия на деталь не оказывают.

Другим важным аспектом, возникающим в процессе эксплуатации оборудования, является возможность воздействия на деталь ударных нагрузок и вибраций, которые возникают вследствие особенностей работы. При этом величины таких нагрузок могут быть значительными по величине, что может привести к ускоренному износу детали и преждевременному ее выходу из строя. Конструкцией коробки предусмотрена система смазки, что снижает износ детали в процессе эксплуатации.

В целом условия эксплуатации блока шестерен можно охарактеризовать как типичные для деталей данного класса.

## 1.2 Анализ технологических показателей детали

Для анализа технологических показателей примем методику [6]. Согласно данной методике при оценке детали на технологичность необходимо оценить материал детали, конструкцию детали и возможность изготовления.

Оценка технологических показателей материала детали основана на знании его характеристик. Характеристики, используемой для изготовления детали стали 12ХНЗА ГОСТ 4543-71 приведены в таблицах 1 и 2. Химический состав (таблица 1) и основные механические свойства (таблица 2) приняты по данным [24].

Таблица 1 – Химический состав

Элемент	Углерод	Хром	Марганец	Никель	Кремний
Содержание %	0,09-0,16	0,6-0,9	0,3-0,6	2,75-3,15	0,17-0,37

Данная сталь является высококачественной, то есть содержание в ней вредных примесей, таких как сера, фосфор и медь снижено до 0,025%.

Таблица 2 – Основные механические свойства

Предел прочности при растяжении, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение после разрыва, %	Относительное сужение, %	Твердость по Бринеллю
650	570	11	55	230-260

Исходя из свойств материала детали, можно сделать следующие

выводы. Во-первых, данный материал обладает хорошими показателями обрабатываемости. О чем также свидетельствует показатель коэффициента обрабатываемости, который для обработки инструментом из твердого сплава составляет 0,9, а для обработки инструментом из быстрорежущей стали 0,8. Во-вторых, данный материал обладает хорошими характеристиками по деформации, что позволит использовать для получения заготовки методы пластического деформирования, это позволит получить контур заготовки максимально приближенный к контуру готовой детали и сократить напуски.

Оценка на технологичность конструкции блока шестерен показала следующее. Конфигурация детали образована ступенчатыми наружными поверхностями и отверстием. Присутствуют стандартные конструктивные элементы, такие как фаски и канавки. Имеются поверхности сложного профиля формирующие зубчатые венцы и внутренние шлицы. Размеры детали и требуемая точность их выполнения соответствуют стандартам. Кроме приведенных характеристик технологичности конструкции важно оценить количество ответственных поверхностей. Решение этой задачи возможно путем их классификации по методике [2]. Эскиз детали приведен на рисунке 1, а сама классификация поверхностей представлена в виде таблицы 3.

Таблица 3 – Классификация поверхностей

Вид поверхности	Номер поверхности
Основная конструкторская база	7, 8, 27
Вспомогательная конструкторская база	49, 50
Исполнительная поверхность	13, 20, 33, 41, 48
Свободные поверхности»	все остальные

Как видно из таблицы 3, количество ответственных поверхностей достаточно большое. При изготовлении детали их обработка требует применения точных методов, что требует более тщательной технологической подготовки производства.

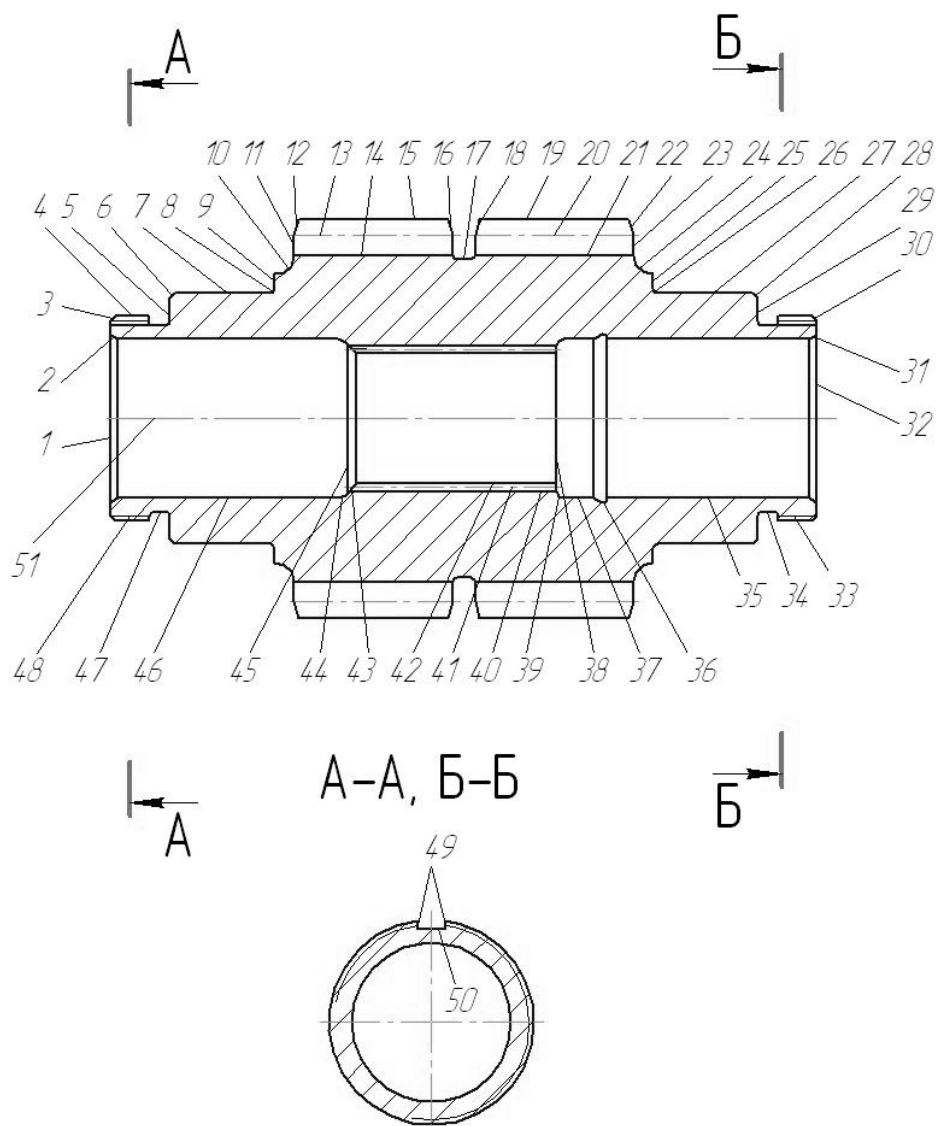


Рисунок 1 – Эскиз детали

Оценка на технологичность конструкции блока шестерен позволяет сделать следующие выводы. Конструкция детали в целом может считаться технологичной и характерной для деталей данного класса.

Технологичность изготовления детали представляет собой комплексный показатель. Базирование детали не вызывает затруднений и может быть проведено с использованием типовых схем базирования, что позволит использовать для их реализации стандартную и типовую технологическую оснастку. Исходя из требуемой точности обработки для получения некоторых поверхностей необходимо применение точных методов



обработки и соответствующих средств технологического оснащения. При этом возможно применение их в типовом исполнении. При проектировании технологии изготовления детали возможно применение типовых технологических процессов, что ускорит проектирование и повысит качество проектных решений.

Анализа технологических показателей показал, что блок шестерен является технологичной деталью.

### **1.3 Анализ типа производства**

Выполнение анализа производства основано на первоначальном определении его типа. Решение данной задачи возможно путем определения коэффициента закрепления операций. Однако, такой подход требует детальной проработки технологии изготовления детали и знания всей номенклатуры производства, что в условиях начальной стадии проектирования невозможно. В связи с этим применим упрощенную методику [16]. В соответствии с ней для детали массой 3,71 кг при годовой программе выпуска 6000 штук тип производства среднесерийный. Полученные данные необходимо уточнить после окончательного проектирования технологии изготовления детали и определения всей номенклатуры производства.

Среднесерийный тип производства имеет следующие особенности.

Разработка технологического процесса ведется с использованием последовательной стратегии проектирования. Допускается применение других видов стратегий, но для этого требуется обоснование.

Организация технологического процесса не поточная. При данной форме организации необходимо организовать выпуск деталей партиями, повторяющимися в течение определенного времени.

Заготовки для деталей данного типа с учетом особенностей применяемого материала рекомендуется получать методами штамповки.

Припуски на обработку назначаются с применением статистического метода для неответственных поверхностей и с применением расчетно-аналитического метода для ответственных и высокоточных поверхностей.

Разработка технологии изготовления ведется на базе типовых технологий в маршрутном или маршрутно-операционном виде. При этом методы обработки выбираются исходя из требуемых параметров обработки и обеспечения минимума коэффициента удельных затрат. Маршруты обработки разрабатываются в зависимости от производственных условий на основе принципов экстенсивной или интенсивной концентрации операций.

Разработка технологических операций включает полную проработку вопросов определения режимов резания и нормирования на основе нормативов и расчетных формул. При этом необходимо учесть, что точность обработки достигается с применением метода работы на настроенном оборудовании.

Оборудование для механической обработки предпочтительно использовать универсальное с использованием систем числового программного управления. Допускается использование специализированного оборудования в случае обоснованной необходимости.

Станочные приспособления предпочтительно применять универсальные, переналаживаемые с механизированным приводом зажима. Допускается использование специальных приспособлений в случае обоснованной необходимости.

Режущие инструменты предпочтительно использовать стандартные, выпускаемые серийно. Допускается применение специального режущего инструмента в случае обоснованной необходимости.

Средства контроля предпочтительно использовать универсальные, стандартизированные, с широким диапазоном контролируемого параметра. Допускается применение специальных средств контроля в случае обоснованной необходимости.

Проектирование механического участка ведется с учетом расстановки

оборудования по группам, в зависимости от вида выполняемых работ. С учетом того, что работники на участке обладают высокой квалификацией.

#### **1.4 Задачи работы**

Анализ, имеющихся для проектирования данных, проведенный выше, а также исходя из цели работы, сформулируем основные задачи, которые необходимо решить далее.

Во-первых, необходимо провести экономическое сравнение возможных вариантов получения заготовок и провести проектирование заготовки. Во-вторых, спроектировать технологический процесс изготовления детали, включая выбор оборудования, инструмента, средств контроля и оснастки, проектирование технологических операций, включая расчет режимов резания и нормирование операций. В-третьих, предложить варианты дальнейшего технического совершенствования технологии изготовления путем проектирования оснастки и режущего инструмента на операции, имеющие значительные недостатки. В-четвертых, разработать мероприятия по обеспечению безопасности выполнения предложенной технологии. В-пятых, произвести расчет экономической эффективности предложенных технических решений.

В ходе выполнения первого раздела данной работы были проанализированы имеющиеся данные по рассматриваемой детали, на основании чего были поставлены задачи, которые необходимо решить для достижения цели данной работы.

## 2 Разработка технологии изготовления

### 2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки

В ходе анализа, проведенного в пункте 1 данной работы, было выяснено, что заготовку блока шестерен целесообразно получать методами штамповки. Из данных литературы [5] следует, что оптимальными вариантами получения заготовки для рассматриваемой детали могут быть штамповка в закрытых штампах на молоте и штамповка на горизонтально-ковочной машине. Чтобы выбрать один из этих возможных вариантов получения заготовки проведем их сравнительный анализ с использованием методики [6]. Согласно данной методике выбор метода основан на сравнении общих затрат на получение детали из заготовок, которые рассчитываются по формуле:

$$C_T = C_{ЗАГ} \cdot Q + C_{МЕХ} \cdot (Q - q) - C_{ОТХ} \cdot (Q - q), \quad (1)$$

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

$Q$  – масса заготовки, кг;

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

$q$  – масса детали, кг;

$C_{ОТХ}$  – удельная стоимость стружки, руб» [6].

Определение удельной стоимости получения заготовки производится по формуле:

$$C_{ЗАГ i} = C_6 \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{П}, \quad (2)$$

где  $i$  – индекс метода получения заготовки;

$C_6$  – затраты на получение заготовки рассматриваемым методом, руб.;

$h_T$  – коэффициент точности;

$h_C$  – коэффициент сложности;  
 $h_B$  – коэффициент массы;  
 $h_M$  – коэффициент марки материала;  
 $h_{II}$  – коэффициент годовой программы» [6].

Условимся индекс метода получения 1 использовать для метода получения заготовки штамповкой в закрытых штампах на молоте, индекс метода получения 2 использовать для метода получения заготовки штамповкой на горизонтально-ковочной машине.

$$C_{ЗАГ\ 1} = 29,96 \cdot 1,05 \cdot 1,18 \cdot 1,0 \cdot 0,89 \cdot 1,0 = 33,04 \text{ р.}$$

$$C_{ЗАГ\ 2} = 29,96 \cdot 1,0 \cdot 1,18 \cdot 1,0 \cdot 0,89 \cdot 1,0 = 31,46 \text{ р.}$$

Масса заготовки рассчитывается по формуле:

$$\langle Q_i = q \cdot K_p, \tag{3}$$

где  $K_p$  – коэффициент, зависящий от метода получения заготовки» [6].

«Масса детали рассчитывается по формуле:

$$q = V \cdot \rho, \tag{4}$$

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

$\rho$  – плотность материала детали, кг/см<sup>3</sup>» [6].

$$q = \left( \frac{\pi}{4} (0,045^2 \cdot 0,013 \cdot 2 + 0,055^2 \cdot 0,023 \cdot 2 + 0,0635^2 \cdot 0,005 \cdot 2 + 0,075^2 \cdot 0,034 \cdot 2 - 0,07^2 \cdot 0,005 - 0,035^2 \cdot 0,052 - 0,03^2 \cdot 0,046 - 0,035^2 \cdot 0,057) \right) \cdot 0,785 = 3,71 \text{ кг.}$$

Производим расчет масс заготовок получаемых сравниваемыми методами.

$$Q_1 = 3,71 \cdot 1,85 = 6,86 \text{ кг.}$$

$$Q_2 = 3,71 \cdot 1,8 = 6,68 \text{ кг.}$$

Определение удельной стоимости механической обработки производится по формуле:

$$\langle C_{\text{МЕХ } i} = C_{\text{С}} + E_{\text{Н}} \cdot C_{\text{К}}, \quad (5)$$

где  $C_{\text{С}}$  – приведенные затраты, руб.;

$C_{\text{К}}$  – приведенные капитальные вложения, руб.;

$E_{\text{Н}}$  – коэффициент эффективности капитальных вложений» [6].

$$C_{\text{МЕХ } 1,2} = 3,56 + 0,1 \cdot 10,35 = 4,6 \text{ р.}$$

Имея все необходимые данные для определения общих затрат на получение детали производим соответствующие расчеты.

$$C_{\text{T1}} = 33,04 \cdot 6,86 + 4,6 \cdot (6,86 - 3,71) - 1,4 \cdot (6,86 - 3,71) = 225,9 \text{ р.}$$

$$C_{\text{T2}} = 31,46 \cdot 6,86 + 4,6 \cdot (6,68 - 3,71) - 1,4 \cdot (6,68 - 3,71) = 200,1 \text{ р.}$$

Сравнительный анализ общих затрат на получение детали показал большую эффективность метода получения заготовки штамповкой на горизонтально-ковочной машине.

Сравнительный экономический эффект при сравнении методов получения заготовки может быть определен по формуле:

$$\langle \mathcal{E} = (C_{\text{T2}} - C_{\text{T1}}) \cdot N, \quad (6)$$

где  $N$  – годовая программа выпуска деталей, шт» [6].

$$\mathcal{E} = (225,9 - 200,1) \cdot 6000 = 154800 \text{ р.}$$

Зная метод получения заготовки, проводим ее проектирование.

Сначала определим припуски на каждую поверхность, необходимые для обработки. Для этого необходимо выбрать маршруты обработки данных поверхностей, в результате выполнения которых будут достигнутые заданные точность и шероховатость. Как правило, для достижения определенных параметров поверхности можно использовать несколько

различных вариантов маршрутов обработки. Выбор оптимального варианта производится исходя из формы поверхности, ее расположения в конструкции детали и условия обеспечения минимального суммарного коэффициента удельных затрат. Более подробно данная методика, а также необходимые для проведения расчетов данные приведены в литературе [1]. Результаты определения маршрутов обработки поверхностей представим в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты определения маршрутов обработки поверхностей

Номера поверхностей	Форма и расположение поверхностей	Точность по чертежу детали	Шероховатость по чертежу детали Ra, мкм	Маршрут обработки
1, 32	плоская наружная	11	12,5	фрезерование, закалка
2, 31	коническая внутренняя	9	3,2	сверление, закалка, шлифование
3, 30	коническая наружная	12	12,5	точение чистовое, закалка
4	цилиндрическая наружная	12	12,5	точение черновое, закалка
5, 29	плоская наружная	12	12,5	точение черновое, закалка
6, 28	коническая наружная	12	12,5	точение чистовое, закалка
7, 27	цилиндрическая наружная	6	0,63	точение черновое, точение чистовое, закалка, шлифование черновое, шлифование чистовое
8, 26	цилиндрическая наружная	12	12,5	точение черновое, закалка
9, 27	плоская наружная	11	1,25	точение черновое, точение чистовое, закалка, шлифование черновое, шлифование чистовое
10, 24	цилиндрическая наружная	12	12,5	точение черновое, закалка
11, 23	плоская наружная	12	12,5	точение черновое, закалка
12, 22	коническая наружная	12	12,5	точение чистовое, закалка
13, 20	эвольвента наружная	7	1,25	фрезерование, шевингование, закалка, шлифование

Продолжение таблицы 4

Номера поверхностей	Форма и расположение поверхностей	Точность по чертежу детали	Шероховатость по чертежу детали Ra, мкм	Маршрут обработки
14, 21	цилиндрическая наружная	12	12,5	фрезерование, закалка
15, 19	цилиндрическая наружная	12	12,5	точение черновое, закалка
16, 18	коническая наружная	12	12,5	точение черновое, закалка
17	цилиндрическая наружная	12	12,5	точение черновое, закалка
33, 48	винтовая наружная	10	6,3	точение черновое, закалка
34, 47	цилиндрическая наружная	12	12,5	точение чистовое, закалка
35, 37, 46	цилиндрическая внутренняя	12	12,5	сверление, точение закалка
36	цилиндрическая внутренняя	12	12,5	сверление, точение закалка
38, 45	плоская внутренняя	12	12,5	точение черновое, закалка
39, 44	плоская внутренняя	12	12,5	точение черновое, закалка
40	цилиндрическая внутренняя	12	12,5	протягивание, закалка
41	эвольвента внутренняя	8	1,25	протягивание, закалка
42	цилиндрическая внутренняя	12	12,5	точение черновое, закалка
43	коническая внутренняя	12	12,5	точение черновое, закалка
49, 50	плоская внутренняя	12	12,5	фрезерование, закалка

Имея маршруты обработки можно определить припуски по переходам для каждой поверхности. Определение припусков для поверхностей под подшипники под номерами 7 и 27 с размерами диаметром  $55k6^{(+0,021)}_{(+0,002)}$  произведем с использованием методики [19], которая позволяет определять припуски достаточно точно и минимизировать их значения, что важно в случае большого количества требуемых технологических переходов.

«Определение минимальных припусков производится по формуле:



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

где  $a$  – глубина суммарного дефектного слоя, мм;

$\Delta$  – суммарные пространственные отклонения, мм;

$\varepsilon$  – погрешности установки заготовки на операции, мм;

$i$  – индекс текущего перехода;

$i - 1$  – индекс предыдущего перехода» [19].

$$\ll z_{1min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,300 + \sqrt{0,300^2 + 0,025^2} = 0,601 \text{ мм.}$$

$$z_{2min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,200 + \sqrt{0,075^2 + 0,025^2} = 0,438 \text{ мм.}$$

$$z_{3min} = a_{\text{то}} + \sqrt{\Delta_{\text{то}}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,025 + \sqrt{0,030^2 + 0,012^2} = 0,282 \text{ мм.}$$

$$z_{4min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,150 + \sqrt{0,012^2 + 0,012^2} = 0,167 \text{ мм} \gg [19].$$

«Определение максимальных припусков производится по формуле:

$$z_{i max} = z_{i min} + 0,5 \cdot (Td_{i-1} + Td_i), \quad (8)$$

где  $Td_i$  – допуски на выполнение размера на текущем переходе, мм;

$Td_{i-1}$  – допуск на выполнение размера на предыдущем переходе, мм» [19].

$$\ll z_{1 max} = z_{1 min} + 0,5 \cdot (Td_0 + Td_1) = 0,601 + 0,5 \cdot (1,2 + 0,30) = 1,351 \text{ мм.}$$

$$z_{2 max} = z_{2 min} + 0,5 \cdot (Td_1 + Td_2) = 0,438 + 0,5 \cdot (0,30 + 0,12) = 0,648 \text{ мм.}$$

$$z_{3 max} = z_{3 min} + 0,5 \cdot (Td_{\text{то}} + Td_3) = 0,282 + 0,5 \cdot (0,160 + 0,046) = 0,385 \text{ мм.}$$

$$z_{4 max} = z_{4 min} + 0,5 \cdot (Td_3 + Td_4) = 0,167 + 0,5 \cdot (0,046 + 0,019) = 0,200 \text{ мм} \gg [19].$$

«Определение средних припусков производится по формуле:

$$z_{cpi} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (9) \gg [19]$$

$$\ll z_{cp1} = 0,5 \cdot (z_{1 \max} + z_{1 \min}) = 0,5 \cdot (1,351 + 0,601) = 0,976 \text{ мм.}$$

$$z_{cp2} = 0,5 \cdot (z_{2 \max} + z_{2 \min}) = 0,5 \cdot (0,648 + 0,438) = 0,543 \text{ мм.}$$

$$z_{cp3} = 0,5 \cdot (z_{3 \max} + z_{3 \min}) = 0,5 \cdot (0,385 + 0,282) = 0,334 \text{ мм.}$$

$$z_{cp4} = 0,5 \cdot (z_{4 \max} + z_{4 \min}) = 0,5 \cdot (0,200 + 0,167) = 0,184 \text{ мм} \gg [19].$$

Зная расчетные значения припусков можно определить размеры для выполнения каждого перехода

«Минимальный операционный размер рассчитывается по формуле:

$$d_{(i-1)min} = d_{i \min} + 2 \cdot z_{i \min}. \quad (10) \gg [19]$$

«Максимальный операционный размер рассчитывается по формуле:

$$d_{(i-1)max} = d_{(i-1)min} + Td_{i-1}. \quad (11) \gg [19]$$

«Средний операционный размер рассчитывается по формуле:

$$d_{i \text{ ср}} = 0,5 \cdot (d_{i \max} + d_{i \min}). \quad (12) \gg [19]$$

Переход термической обработки не предусматривает удаления слоя материала, но на данном переходе происходит ряд фазовых превращений, которые приводят к изменению размеров. Это следует учесть при определении минимального размера предшествующего ему перехода расчет которого выполняется по формуле:

$$\ll d_{(то-1)min} = d_{(i-1) \min} \cdot 0,999. \quad (13) \gg [19]$$

Операционные размеры рассчитываются в обратном изготовлению

направлении, то есть от готовой детали.

$$d_{4min} = 55,002 \text{ мм.}$$

$$d_{4max} = 55,021 \text{ мм.}$$

$$d_{4cp} = 0,5 \cdot (d_{4max} + d_{4min}) = 0,5 \cdot (55,021 + 55,002) = 55,012 \text{ мм.}$$

$$d_{3min} = d_{4min} + 2 \cdot z_{4min} = 55,002 + 2 \cdot 0,167 = 55,336 \text{ мм.}$$

$$d_{3max} = d_{3min} + Td_3 = 55,336 + 0,046 = 55,382 \text{ мм.}$$

$$d_{3cp} = 0,5 \cdot (d_{3max} + d_{3min}) = 0,5 \cdot (55,382 + 55,336) = 55,359 \text{ мм.}$$

$$d_{то min} = d_{3min} + 2 \cdot z_{3min} = 55,336 + 2 \cdot 0,282 = 55,900 \text{ мм.}$$

$$d_{то max} = d_{то min} + Td_{то} = 55,900 + 0,160 = 56,060 \text{ мм.}$$

$$d_{то cp} = 0,5 \cdot (d_{то max} + d_{то min}) = 0,5 \cdot (56,060 + 55,900) = \\ = 55,980 \text{ мм.}$$

$$d_{2min} = d_{то min} \cdot 0,999 = 56,060 \cdot 0,999 = 56,004 \text{ мм.}$$

$$d_{2max} = d_{2min} + Td_2 = 56,004 + 0,120 = 56,124 \text{ мм.}$$

$$d_{2cp} = 0,5 \cdot (d_{2max} + d_{2min}) = 0,5 \cdot (56,124 + 56,004) = 56,064 \text{ мм}$$

$$d_{1min} = d_{2min} + 2 \cdot z_{2min} = 56,004 + 2 \cdot 0,438 = 56,880 \text{ мм.}$$

$$d_{1max} = d_{1min} + Td_1 = 56,880 + 0,300 = 57,180 \text{ мм.}$$

$$d_{1cp} = 0,5 \cdot (d_{1max} + d_{1min}) = 0,5 \cdot (57,180 + 56,880) = 57,030 \text{ мм.}$$

$$d_{0min} = d_{1min} + 2 \cdot z_{1min} = 56,880 + 2 \cdot 0,601 = 58,082 \text{ мм.}$$

$$d_{0max} = d_{0min} + Td_0 = 58,082 + 1,200 = 59,282 \text{ мм.}$$

$$d_{0cp} = 0,5 \cdot (d_{0max} + d_{0min}) = 0,5 \cdot (59,282 + 58,082) = 58,682 \text{ мм.}$$

Припуски на оставшиеся поверхности не требуют такой точности определения, что связано с меньшим количеством технологических переходов, необходимых для достижения заданных параметров поверхностей. Поэтому применим методику, основанную на статистических данных. Более подробно данная методика, а также необходимые для проведения расчетов данные приведены в литературе [22]. Результаты определения припусков для каждого перехода представлены в виде таблицы 5.

Таблица 5 – Результаты определения припусков

Номер поверхности	Наименование технологического перехода	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм	Средний припуск, мм
1, 32	фрезерование	2,0	3,6	2,8
9, 25	точение черновое	2,0	3,425	2,713
	точение чистовое	1,0	1,245	1,123
	шлифование черновое	0,5	0,599	0,55
	шлифование чистовое	0,1	0,157	0,129
13, 20	зубофрезерование чистовое	0,6	0,925	0,763
	зубошлифование	0,2	0,395	0,298
35, 37, 46	точение черновое	0,8	1,05	0,925
42	точение черновое	0,8	1,01	0,905

Для проектирования заготовки необходимо определить ее характеристики, исходя из которых, определяются необходимые технологические напуски и допуски на размеры. Все необходимые данные берем из справочной литературы [5].

Далее выполняем рабочий чертеж заготовки, представленный в графической части работы. На данном чертеже отражаем кроме непосредственно контура самой заготовки все полученные расчетные и справочные данные в виде размеров и технических требований к чертежу.

## 2.2 Разработка плана изготовления детали

Первым этапом разработки плана изготовления является определение маршрута изготовления. Для этого используется методика, согласно которой формирование маршрута производится с учетом типовых технологических маршрутов деталей данного класса [10, 13] путем исключения ненужных и добавления необходимых операций. Формирование содержания операций производится путем анализа маршрутов обработки поверхностей, проведенных ранее. Для этого все поверхности, имеющие одинаковые методы обработки объединяются в одну операцию. Далее, исходя из

конструктивных особенностей детали и технологических возможностей оборудования, операция может быть разбита на несколько установов или несколько однотипных операций. Более подробно данная методика изложена в литературе [17]. Результаты определения маршрута изготовления приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Маршрут изготовления

Номер операции	Наименование операции	Метод обработки	Обрабатываемые поверхности
005	фрезерно-центровальная	фрезерование	1, 32
005	фрезерно-центровальная	сверление	2, 31, 35, 46
010	токарная	точение	17, 19, 23, 24, 25, 26, 27, 29
015	токарная	точение	4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 15
020	токарная	сверление	42
020	токарная	расточивание	43, 44, 45, 46
025	токарная	расточивание	35, 36, 37, 38, 39
030	токарная	точение	3, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 18, 16, 22, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 33, 34
035	фрезерная	фрезерование	49, 50
040	протяжная	протягивание	40, 41
045	зубофрезерная	фрезерование	13, 14, 20, 21
050	слесарная		
055	шевинговальная	шевингование	13, 20
060	термическая	закалка, отпуск	все
065	центрошлифовальная	шлифование	2, 31
070	торцекруглошлифовальная	шлифование	7, 9, 25, 27
075	торцекруглошлифовальная	шлифование	7, 9, 25, 27
080	зубошлифовальная	шлифование	13, 20
085	моечная	мойка	все
090	контрольная	контроль	все

На следующем этапе разработки плана изготовления разрабатываются операционные эскизы с указанием на них операционных размеров и схем базирования. Расчет операционных размеров производится с учетом припусков под дальнейшую обработку, определенных ранее. Схемы базирования разрабатываются исходя из конструктивных особенностей детали и вида обработки. Также необходимо соблюдать принципы единства и

постоянства баз и другие рекомендации, содержащихся в литературе [23].

Далее определяются технические требования на выполнение операций. Для этого используются статистические данные по экономически целесообразным достижимым данным методом обработки точности размеров и качества поверхностного и методика расчета [17].

Результаты разработки плана изготовления формируются в виде технологической документации согласно рекомендациям [18]. Данная технологическая документация представлена на листе графической части работы и в приложении А пояснительной записки.

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

От принятых решений на данном этапе проектирования зависят экономические показатели проектируемого технологического процесса. Основные рекомендации по используемому в условиях среднесерийного производства оборудованию и технологической оснастке были приведены в ходе анализа типа производства.

Конструкция детали и особенности спроектированного плана изготовления детали накладывают на выбор ряд специфических особенностей.

Используемое оборудование должно обеспечивать как можно больший диапазон частот вращения шпинделя, что объясняется необходимостью догрузки оборудования другими деталями.

Исходя из принятых схем базирования и конструкции детали, необходимо применять приспособления обеспечивающие центрирование заготовок в процессе их закрепления.

Исходя из марки обрабатываемого материала и его характеристик, предпочтительным является использование твердосплавных режущих элементов в конструкции инструмента.

Желательно использовать средства контроля, которые дают

количественные показатели, что необходимо для оперативного управления технологическим процессом.

Принимая во внимание все вышесказанное, производим выбор оборудования и средств технологического оснащения с использованием справочных данных [4, 8, 9, 12, 20, 21]. Результаты выбора приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты выбора оборудования и технологической оснастки

Операции	Оборудование	Инструменты	Средства контроля	Оснастка
005 Фрезерно-центровальная	фрезерно-центровальный EM535	фреза торцовая насадная Ø100 ГОСТ 9473–80, сверло ступенчатое специальное	штангенциркуль ШЦ–II ГОСТ 160–80, калибр контроля центрального отверстия	тиски самоцентрирующие
010 Токарная	токарный 16ГС25СУ1	резец контурный специальный, резец канавочный ГОСТ 18879–73, резец резьбовой ГОСТ 18879–73	штангенциркуль ШЦ–II ГОСТ 160–80	патрон трехкулачковый специальный
015 Токарная	токарный 16ГС25СУ1	резец контурный специальный	штангенциркуль ШЦ–II ГОСТ 160–80	патрон трехкулачковый специальный
020 Токарная	токарный 16ГС25СУ1	сверло спиральное ГОСТ 10903–77, резец расточной ГОСТ 18879–73	нутромер НМ–50 ГОСТ 160–80	патрон трехкулачковый специальный
025 Токарная	токарный 16ГС25СУ1	резец расточной ГОСТ 18879–73	нутромер НМ–50 ГОСТ 160–80	патрон трехкулачковый специальный
030 Токарная	токарный 16ГС25СУ1	резец контурный специальный, резец канавочный ГОСТ 18879–73, резец резьбовой ГОСТ 18879–73	микрометр МК–50 ГОСТ 6507–78, калибр	патрон поводковый ГОСТ 2572–72
035 Фрезерная	вертикально-фрезерный	фреза концевая ГОСТ 17025–71	калибр	тиски самоцентрирующие

Продолжение таблицы 7

Операции	Оборудование	Инструменты	Средства контроля	Оснастка
–	BM127M	–	–	ющие
040 Протяжная	горизонтально– протяжной 7A523	протяжка шлицевая ГОСТ 25161–82	калибры	опора сферическая
045 Зубофрезерная	зубофрезерный 53B30	фреза червячная Ø100 ГОСТ 5392– 80	калибр	патрон поводковый ГОСТ 2572– 72
050 Слесарная	–	–	–	–
055 Шевинговальная	зубошевингова льный BC– E02B–22	шевер дисковый Ø180 ГОСТ 5392– 80	калибр	патрон поводковый ГОСТ 2572– 72
060 Термическая	–	–	–	–
065 Центрошлифовальная	центрошлифов альный ZS–100	головка алмазная АГК ГОСТ 2447– 82	калибр	тиски самоцентриру ющие
070 Торцекруглошлифовальная	торцекруглошл ифовальный ОШ–650	круг шлифовальный 3– 750x32x350 23A46M6V8 30м/с1А	скоба рычажная СР–80 ГОСТ 160–80	патрон поводковый ГОСТ 2572– 72
075 Торцекруглошлифовальная	торцекруглошл ифовальный ОШ–650	круг шлифовальный 3– 750x32x350 24A80M5V5 30м/с1А	скоба рычажная СР–80 ГОСТ 160–80	патрон поводковый ГОСТ 2572– 72
080 Зубошлифовальная	зубошлифоваль ный LFG–3540	круг шлифовальный 4– 250x76,2x10 23A60K6V30м/с1 А	калибр	патрон поводковый ГОСТ 2572– 72
085 Моечная	моечная машина	–	–	–
090 Контрольная	контрольный стол	–	комплект контрольных инструментов	–

Выбранное оборудование и технологическая оснастка заносятся в технологическую документацию. Полученные данные отражены на плане изготовления, технологических наладках, в маршрутной карте и операционных картах (Приложение А).



## 2.4 Проектирование операций технологического процесса

Основным этапом проектирования технологических операций является расчет режимов резания на их выполнение и проведение нормирования. Решение данной задачи производится исходя из рекомендаций, полученных в ходе анализа типа производства, с использованием методики и справочных данных [12, 14, 20].

«Расчет скорости резания производится по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}, \quad (14)$$

где  $C_V$  – постоянная определяемая видом обработки;

$K_V$  – коэффициент, учитывающий фактические условия обработки;

$T$  – период стойкости инструмента, мин;

$t$  – глубина резания, мм.;

$S$  – подача, мм/об;

$m, x, y$  – показатели степеней, учитывающие условия резания» [14].

«Исходя из скорости резания, определяется частота вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (15)$$

где  $d$  – диаметр обработки, мм» [14].

По паспорту оборудования определяем ближайшее значение фактической частоты вращения, которая не должна превышать расчетную частоту более чем на 10%. Затем определяем фактическую скорость резания исходя из принятой по паспорту оборудования частоты. Для этого используется формула:

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

Нормирование технологических операций заключается в определении норм времени на ее выполнение. В среднесерийном производстве нормой времени является штучно-калькуляционное время рассчитываемое по формуле:

$$\langle T_{\text{шт.к.}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{n_3}, \quad (17)$$

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

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

$n_3$  – размер партии деталей, шт» [14].

«Штучное время операции рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_v + T_{\text{обс}} + T_{\text{п}} \quad (18)$$

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

$T_v$  – вспомогательное время выполнения операции, мин;

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

$T_{\text{п}}$  – время на личные потребности, мин» [14].

Результаты расчета режимов резания и нормирования технологических операций приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Результаты расчета режимов резания и нормирования

Операция	Номер перехода	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина хода, мм	Основное время, мин
005	1	(0,1)	79	250	70	0,28
	2	1	6	36	3	0,083

Продолжение таблицы 8

Операция	Номер перехода	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина хода, мм	Основное время, мин
010	1	0,45	219	800	154	0,43
	2	0,12	88	320	10	0,26
015	1	0,45	219	800	154	0,43
020	1	0,45	28	320	158	1,09
	2	0,15	69	630	108	1,14
025	1	0,15	69	630	118	1,25
	2	0,1	37	320	3	0,1
030 Установ А	1	0,25	207	1200	35	0,12
	2	0,1	45	320	4	0,13
	3	2	113	800	90	0,06
030 Установ Б	1	0,25	207	1200	35	0,12
	2	0,1	45	320	4	0,13
	3	2	113	800	90	0,06
035	1	(0,07)	6	320	20	0,3
040	1	(0,06)	2	–	155	0,12
045	1	1,5	40	320	75	1,8
055	1	120	147	260	75	4,68
065	1	0,005	15	300	2	0,3
070 Установ А	1	0,006	24	300	0,834	0,66
070 Установ Б	1	0,006	24	300	0,834	0,66
075 Установ А	1	0,002	30	300	0,684	1,24
075 Установ Б	1	0,002	30	300	0,684	1,24
080	1	0,04	25	280	75	2,34

Режимы резания и нормы времени на выполнение операций заносятся в технологическую документацию. Полученные данные отражены на технологических наладках, в маршрутной карте и операционных картах (Приложение А).

В ходе разработке данного раздела получены следующие результаты. Проведено проектирование заготовки. Спроектирован технологический процесс изготовления детали, включая выбор оборудования, инструмента, средств контроля и оснастки, проектирование технологических операций, включая расчет режимов резания и нормирование операций.

### 3 Разработка специальной технологической оснастки

#### 3.1 Разработка токарного патрона

Отсутствие механизации закрепления заготовки на токарной черновой операции является одной из существенных проблем базового технологического процесса. Это не позволяет обеспечить минимальные припуски на обработку на данной операции, так как нестабильность сил закрепления, неизбежно возникающая при ручном закреплении, приводит к появлению дополнительных погрешностей при установке. Кроме того, ручное закрепление занимает существенно больше времени на снятие и установку заготовки. Решить описанную проблему можно путем проектирования специального станочного приспособления с механизированным приводом закрепления. Проектирование производим с использованием методики и данных литературы [3]. Исходными данными для проектирования является эскиз выполнения операции, приведенный на рисунке 2, а также данные таблицы 7 для данной операции.

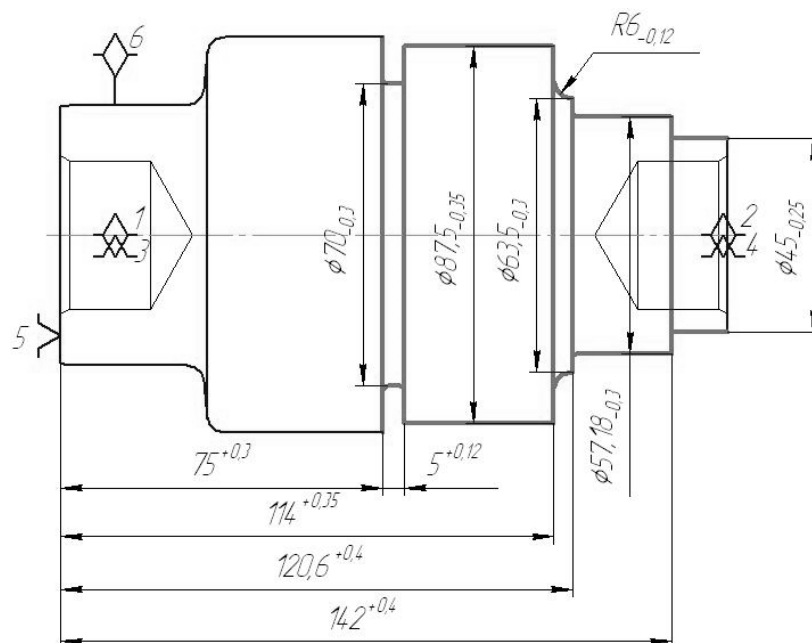


Рисунок 2 – Эскиз операции 010

Проведение силовых расчетов привода основано на уравнивании сил зажима и закрепления. Для этого сначала необходимо определить силы, возникающие в процессе обработки с использованием уравнения:

$$\langle P_{Y,Z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (19)$$

где  $C_p$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $n$  – коэффициент и показатели степеней, зависящие от конкретных условий обработки;

$t$  – глубина резания, мм;

$S$  – подача, мм/об;

$V$  – фактическая скорость резания, м/мин;

$K_p$  – коэффициент резания материала» [3].

$$P_Y = 10 \cdot 243 \cdot 2,0^{0,9} \cdot 0,45^{0,6} \cdot 219^{-0,3} \cdot 0,9 = 502 \text{ Н.}$$

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 2,0^{1,0} \cdot 0,45^{0,75} \cdot 219^{-0,15} \cdot 0,9 = 1323 \text{ Н.}$$

Имея данные по силам резания, возникающим в процессе обработки и их направлению, составим расчетную схему для определения усилия закрепления (рисунок 3).

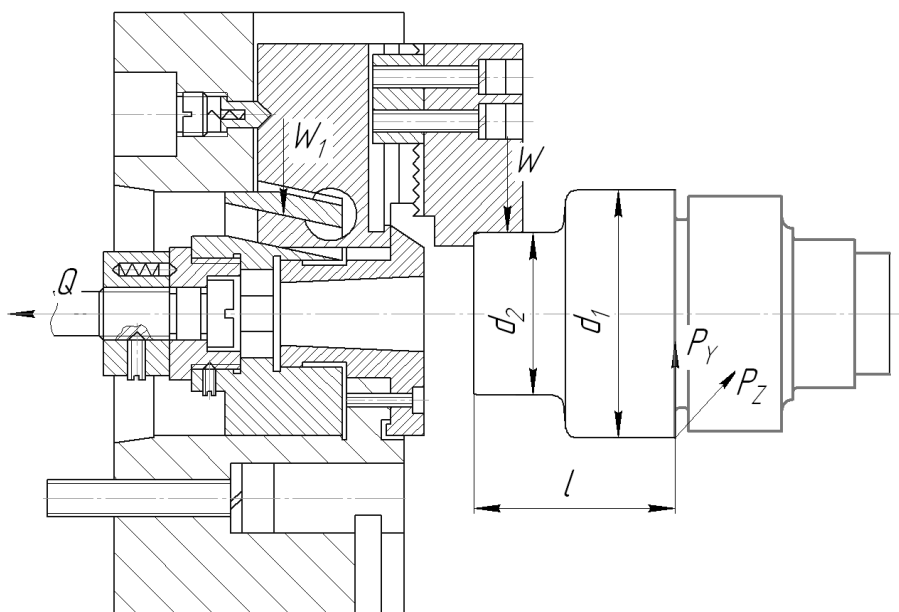


Рисунок 3 – Расчетная схема определения усилия закрепления

Из данной схемы следует, что искомая сила закрепления может быть определена из условия равновесия системы, которое будет выполняться, если моменты от сил резания и закрепления будут равны.

Момент от касательной составляющей силы резания может быть определен по формуле:

$$\langle M_{P_{PZ}} = P_Z \cdot \frac{d_1}{2}, \quad (20)$$

где  $d_1$  – обрабатываемый диаметр, мм» [3].

Тогда сила закрепления должна создать момент, определяемый по формуле:

$$\langle M_{3_{PZ}} = \frac{W \cdot f \cdot d_2}{2}, \quad (21)$$

где  $W$  – сила зажима, Н;

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

$d_2$  – диаметр закрепления, мм» [3].

Из условия равновесия системы выводим уравнение для определения силы закрепления:

$$\langle W = \frac{P_Z \cdot d_1}{2 \cdot f \cdot d_2} \cdot K, \quad (22)$$

где  $K$  – коэффициент запаса» [3].

«Коэффициент запаса учитывает особенности выполнения операции и рассчитывается по формуле:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (23)$$

где:  $K_0$  – гарантированный коэффициент запаса;

- $K_1$  – коэффициент состояния обрабатываемой поверхности;
- $K_2$  – коэффициент увеличения сил резания вследствие затупления режущего инструмента;
- $K_3$  – коэффициент прерывистости процесса резания;
- $K_4$  – коэффициент стабильности усилия зажима;
- $K_5$  – коэффициент эргономических показателей привода» [3].

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,8.$$

Рассчитываем силу закрепления.

$$W = \frac{1323 \cdot 92}{2 \cdot 0,3 \cdot 61} \cdot 1,8 = 23944 \text{ Н.}$$

Аналогичные расчеты проводим и для другой составляющей силы резания. Момент от силы может быть определен по формуле:

$$\langle M_{P_{PY}} = P_Y \cdot l, \tag{24}$$

где  $l$  – плечо приложения силы, мм» [3].

Тогда сила закрепления должна создать момент, определяемый по формуле:

$$M_{3PY} = \frac{2 \cdot W \cdot f \cdot d_2}{3}. \tag{25}$$

Из условия равновесия системы выводим уравнение для определения силы закрепления:

$$W = \frac{3 \cdot P_Y \cdot l}{2 \cdot f \cdot d_2} \cdot K. \tag{26}$$

$$W = \frac{2 \cdot 502 \cdot 155}{3 \cdot 0,3 \cdot 61} \cdot 2,52 = 16072 \text{ Н.}$$

Из двух полученных необходимых сил закрепления дальнейшие

расчеты будем вести по максимальному значению.

Вследствие конструктивных особенностей проектируемого приспособления усилие на постоянных кулачках будет отличаться от расчетного усилия и может быть определено по формуле:

$$\langle W_1 = \frac{W}{1 - \frac{3 \cdot l}{H} \cdot f_1}, \quad (27)$$

где  $l$  – вылет кулачка, мм;

$H$  – длина направляющей постоянного кулачка, мм;

$f_1$  – коэффициент трения в направляющих» [3].

$$W_1 = \frac{23944}{1 - \frac{3 \cdot 62}{80} \cdot 0,1} = 31189 \text{ Н.}$$

Силовой привод для создания данного усилия должен развить усилие, определяемое по уравнению:

$$\langle Q = \frac{W_1}{i_c}, \quad (28)$$

где  $i_c$  – передаточное отношение зажимного механизма» [3].

В конструкции привода предполагается использовать клиновой зажимной механизм, для которого передаточное отношение рассчитывается по формуле:

$$\langle i_c = \frac{1}{\text{tg}(\alpha + \varphi) + \text{tg}\varphi_1}, \quad (29)$$

где  $\alpha$  – угол клина, град;

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

$\varphi_1$  – угол трения плоской поверхности клина, град» [3].

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



Рассчитываем усилие на силовом приводе.

$$Q = \frac{31198}{2,1} = 14857 \text{ Н.}$$

Данное расчетное усилие создается гидравлическим силовым приводом, размер поршня которого определяется по формуле:

$$\llcorner D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2}, \quad (30)$$

где  $d$  – диаметр штока поршня, мм;

$P$  – давление в гидросистеме, МПа» [3].

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 14857}{2,5} + 30^2} = 89,8 \text{ мм.}$$

В конструкции приспособления предполагается использовать стандартный гидроцилиндр, поэтому округляем полученное значение до ближайшего большего, равного 90 мм.

Далее рассчитываем приспособление на точность. Для этого составим размерную схему патрона (рисунок 4).

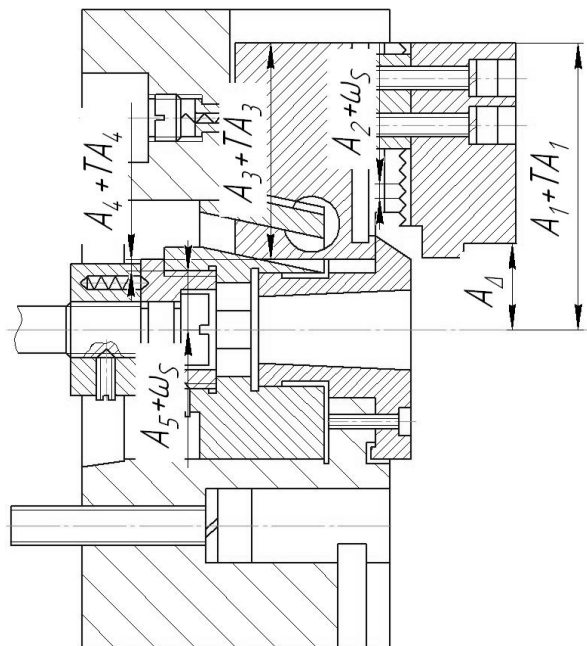


Рисунок 4 – Размерная схема патрона

С использованием данной схемы составляем уравнение для расчета погрешности установки:

$$\langle \varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2}, \quad (31)$$

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» [3].

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

Оценка точности патрона выполняется путем сравнения погрешности установки, с допустимой погрешностью, рассчитываемой по уравнению:

$$\langle \varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3 \cdot Td, \quad (32)$$

где  $Td$  – допуск на операционный размер, мм» [3].

$$\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3 \cdot 0,1 = 0,03 \text{ мм.}$$

Из проведенных расчетов видно, что расчетная погрешность установки меньше допустимой погрешности. Значит, приспособление отвечает требуемой точности обработки.

Патрон состоит из корпуса, в который смонтирован клиновой зажимной механизм, который соединен с одной стороны со сменными кулачками, а с другой с тягой соединенной со штоком привода. На постоянные кулачки крепятся сменные, при помощи которых и осуществляется центрирование и закрепление заготовки.

Процесс работы приспособления выглядит следующим образом. Масло подается в полость гидроцилиндра, где размещен шток. Поршень движется в направлении от передней крышки и тянет за собой шток, соединенный с

тягой. Тяга перемещает за собой клиновой механизм. В результате чего кулачки двигаются к центру патрона, обеспечивая тем самым центрирование и закрепление заготовки. При подаче масла в противоположную полость поршень движется к передней крышке, возвращая систему в исходное положение.

Спроектированный патрон со всеми необходимыми техническими требованиями приведен на листе графической части, а его спецификация в приложении Б данной пояснительной записки.

### 3.2 Разработка токарного резца

Дальнейшее сокращение вспомогательного времени на выполнение токарной операции возможно путем сокращения времени на замену режущей пластины. Для этого спроектируем резец с соответствующей системой крепления режущей пластины. Проектирование будем производить с использованием методики и данных [15].

Основные параметры резца оставляем неизменными. Материал трехгранной режущей пластины Т30К4, главный угол в плане равный  $91^\circ$ . Данные параметры позволяют получать заданные параметры обрабатываемых поверхностей и обеспечить расчетные режимы резания.

Для того, что бы определить параметры державки резца рассчитывается площадь сечения стружки по формуле:

$$\langle F = t \cdot S, \quad (33)$$

где  $t$  – глубина резания, мм;

$S$  – подача, мм/об» [15].

$$F = 1,245 \cdot 0,15 = 0,19 \text{ мм}^2.$$

Исходя из полученных параметров, резец должен иметь державку квадратного сечения размером 20 мм. Данное сечение является минимально

допустимым. Однако, его необоснованное увеличение приведет к увеличению металлоемкости конструкции резца и росту его стоимости.

Крепление режущей пластины будем производить путем поджима ее к корпусу через установленный в нем рычаг, усилие на который передается от специального винта с проточкой под установку рычага.

В данной конструкции наиболее нагруженным силовым элементом является винт. Поэтому необходимо рассчитать его минимально допустимый диаметр по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \sigma_d}}, \quad (34)$$

где  $Q_1$  – усилие от сил резания при обработке, Н;

$\sigma_d$  – максимально допустимое напряжение, МПа» [15].

«Усилие от сил резания при обработке рассчитывается по формуле:

$$Q_1 = \frac{P_{Zmax}}{0,7}, \quad (35)$$

где  $P_{Zmax}$  – максимальное значение силы резания, Н» [15].

$$Q_1 = \frac{425}{0,7} = 608 \text{ Н.}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 608}{\pi \cdot 650}} = 1,09 \text{ мм.}$$

Расчетный диаметр винта является минимально допустимым, поэтому в конструкции резца, применен винт большего диаметра, что связано с удобством его использования. Конструкция резца подробно представлена на листе графической части работы и в спецификации приложения Б данной пояснительной записки.

В ходе разработки данного раздела предложены варианты технического совершенствования токарной черновой операции путем проектирования оснастки и режущего инструмента.

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

Рассмотрим спроектированный технологический процесс изготовления блока шестерен коробки скоростей универсально-фрезерного станка AG 400 на безопасность его выполнения, обеспечение пожарной безопасности производства и влияние его на экологию при помощи данных [7].

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

Первый этап согласно принятой методике заключается в составлении паспорта технологического процесса. В данном паспорте, приведенном в таблице 9, приводим краткое описание технологического процесса. В данном описании указываем должности работников, технологическое оборудование, средства оснащения, применяемые материалы и вещества.

Таблица 9 – Технологический паспорт технического объекта

«Технологический процесс»	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
технологический процесс изготовления блока шестерен коробки скоростей фрезерного станка AG 400	токарная операция	оператор станка с ЧПУ	токарный 16ГС25СУ1, патрон трехкулачковый специальный, резец контурный специальный, резец канавочный, резец резьбовой	сталь 12ХН3А ГОСТ 4543-71, смазочно-охлаждающая жидкость, ветошь
	фрезерная операция	фрезеровщик	вертикально-фрезерный ВМ127М, тиски самоцентрирующие, фреза концевая ГОСТ 17025–71	сталь 12ХН3А ГОСТ 4543-71, смазочно-охлаждающая жидкость, ветошь» [7]

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 [7]. Перечень опасных и вредных факторов приведенных в таблице 10, составляется на основе анализа соответствующего списка государственного стандарта и рекомендаций [7] применительно к спроектированной технологии.

Таблица 10 – Идентификация профессиональных рисков

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [7]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [7]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [7]
«токарная операция, фрезерная операция»	неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним, а также жала насекомых, зубы, когти, шипы и иные части тела живых организмов, используемые ими для защиты или нападения, включая укусы	металлорежущий станок, станочное приспособление, режущий инструмент, межоперационный транспорт
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих	заготовка, режущий инструмент» [7]

Продолжение таблицы 10

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [7]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [7]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [7]
	«вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации	металлорежущий станок, станочное приспособление, режущий инструмент, межоперационный транспорт
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	металлорежущий станок, станочное приспособление, режущий инструмент, межоперационный транспорт
	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	металлорежущий станок
	отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	металлорежущий станок, станочное приспособление, режущий инструмент
	вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм (ядовитые вещества/химикаты/химическая продукция)	смазочно-охлаждающая жидкость
	стереотипные рабочие движения	металлорежущий станок» [7]

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы. Выявлено семь основных опасных и вредных фактора. Все

выявленные опасные и вредные факторы характерны для механической обработки деталей, что следует учесть при выборе методов и средств снижения профессиональных рисков.

### 4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Устранение влияния опасных и вредных факторов произведем путем разработки соответствующих организационных мероприятий и применением технических средств, представленных в таблице 11.

Таблица 11 – Организационно-технические методы и технические средства (технические устройства) устранения (снижения) негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [7]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [7]	«Средства индивидуальной защиты работника» [7]
«неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним, а также жала насекомых, зубы, когти, шипы и иные части тела живых организмов, используемые ими для защиты или нападения, включая укусы	проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение специальных ограждающих устройств, зачистка заусенцев	нарукавники, перчатки с полимерным покрытием, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием
опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды,	проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение ограждающих устройств	костюм для защиты от общих производственных и механических воздействий или халат» [7]



Продолжение таблицы 11

«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
могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека		для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, перчатки с полимерным покрытием, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием
опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризуемые повышенным уровнем общей вибрации	проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение специальных виброгасящих приспособлений и устройств	ботинки кожаные с защитным подноском
опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризуемые повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	«проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение средств поглощения шума» [7]	наушники противошумные
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	«проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение заземления оборудования, изоляции токоведущих частей, систем аварийного отключения оборудования» [7]	спецодежда
отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной» [7]	

Продолжение таблицы 11

«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
	документации, применение местного освещения	
вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм (ядовитые вещества/химикаты/химическая продукция)	проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение ограждающих устройств	костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий или халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, респиратор, фартук для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий с нагрудником
стереотипные рабочие движения	проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, соблюдение периодичности регламентируемых перерывов» [7]	

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.

#### 4.4 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Обеспечение экологической безопасности технологического процесса изготовления осуществляется исходя из создаваемых им негативных факторов, действие которых оказывает негативное воздействие на атмосферу, гидросферу и литосферу. Для того, чтобы эффективно нейтрализовать или уменьшить их воздействие сначала необходимо определить перечень данных негативных факторов. Результаты определения негативных факторов представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

«Наименование технического объекта, производственно-технологического техпроцесса»	Структурные составляющие объекта производственно-технологического процесса	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу
техпроцесс изготовления блока шестерен коробки скоростей универсально-фрезерного станка AG 400	токарный 16ГС25СУ1, патрон трехкулачковый специальный, резец контурный специальный, резец канавочный, резец резьбовой, вертикально-фрезерный VM127М, тиски самоцентрирующие, фреза концевая ГОСТ 17025–71	аэрозоль от смазочно-охлаждающей жидкости	смазочно-охлаждающая жидкость, стружка, пыль	металлическая стружка, смазочно-охлаждающая жидкость» [7]

На основе полученных данных по негативным факторам, действующим на экологию, разработаем комплекс организационных и технических мероприятий, которые позволят снизить это влияние или нейтрализовать его. Полученные данные представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду

«Наименование технического объекта» [7]	технологический процесс изготовления блока шестерен коробки скоростей универсально-фрезерного станка AG 400
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу» [7]	«использование систем фильтрации воздуха на основе электрофильтров и абсорберов» [7]
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу» [7]	«использование отстойников, решеток, аэраторов» [7]
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу» [7]	«использование отдельной переработки отходов, повторная переработка металлического лома» [7]

В данном разделе анализируется безопасность выполнения технологического процесса и его влияние на экологию. Выявленные недостатки устраняются путем разработки соответствующих мероприятий.

## 5 Экономическая эффективность работы

При написании бакалаврской работы было предложено изменить на операции 010 (токарная) инструмент и смазочно-охлаждающую жидкость. Эти изменения привели к сокращению трудоемкости выполнения операции, 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 операции 010, 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)» [11, с. 15-23].

Далее представлены основные результаты проведенных расчетов. На рисунке 5, показаны величины, из которых складываются капитальные вложения, которые составят 20415,7 рублей.

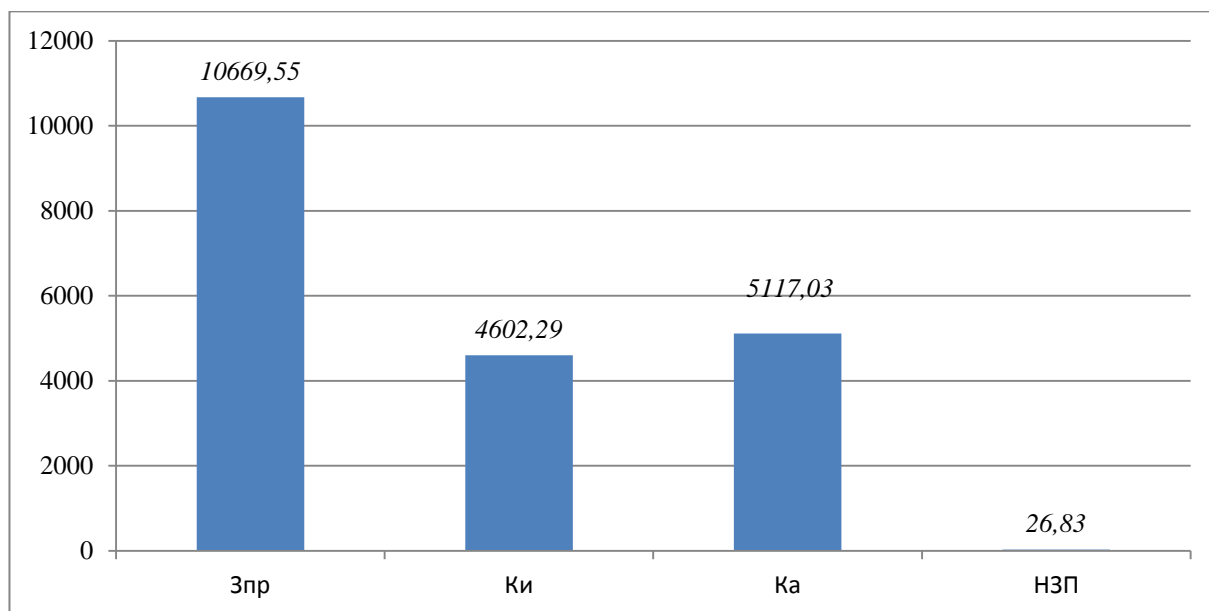


Рисунок 5 – Величина затрат, входящих в капитальные вложения, предложенного проекта, руб.

Анализируя, представленные на рисунке 5, данных, можно сделать вывод о том, что самыми капиталоемкими затратами являются затраты на проектирование ( $Z_{пр}$ ), величина которых соответствует 52,26 % от всей величины капитальных вложений. Далее, по величине, следуют затраты на управляющую программу ( $K_A$ ), долей в общей объеме, равной 25,2 %. Третьими, являются затраты на инструмент ( $K_I$ ), они составляют 22,54 %. И самой не значительной является величина незавершенного производства ( $НЗП$ ), так как составляет всего 0,13 % от всей величины капитальных вложений.

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

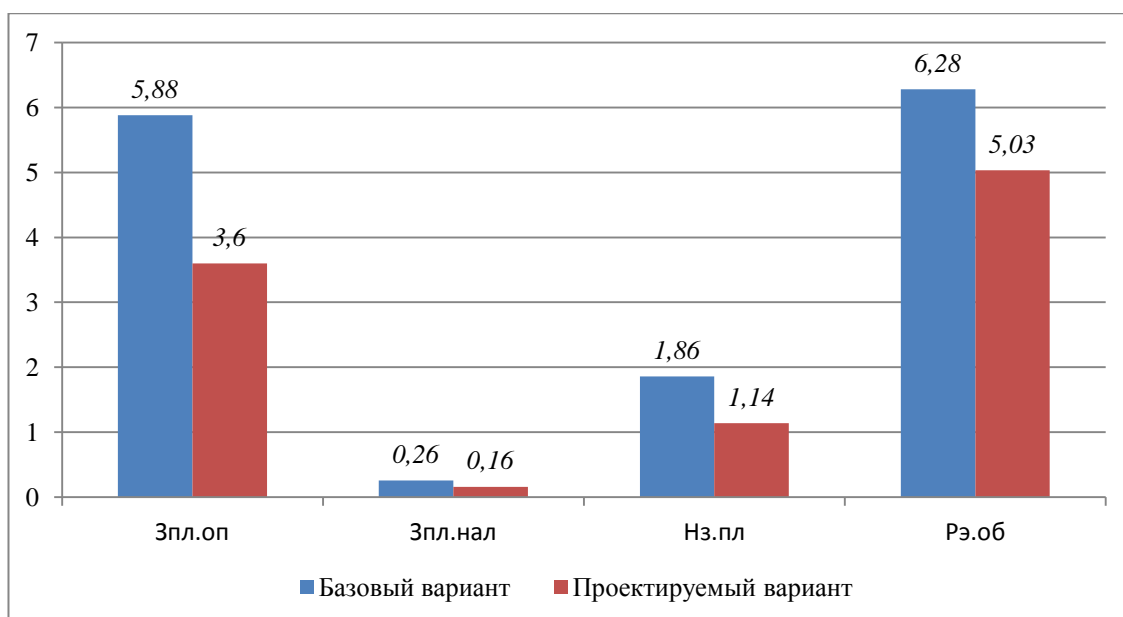


Рисунок 6 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали «Блок шестерни коробки скоростей», по вариантам, руб.

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 при определении разницы в себестоимости между вариантами не окажет влияния.

Анализируя диаграмму на рисунке 6, видно, что две величины имеют примерные равные доли в общей величине технологической себестоимости, это:

- расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, с объемом величины 43,97 % для базового варианта и 50,65 % для проектируемого варианта, от всего значения технологической себестоимости;
- заработная плата оператора ( $Z_{пл.оп}$ ), необходимая на оплату труда рабочего, занятого на работе токарного станка, доля которой составляет 41,2 % для базового варианта и 36,29 % для проектируемого варианта, в размере технологической

себестоимости.

Данные параметры позволили сформировать значение полной себестоимости. Результаты калькуляции себестоимости обработки детали по операции 010 технологического процесса, представлены на рисунке 7.

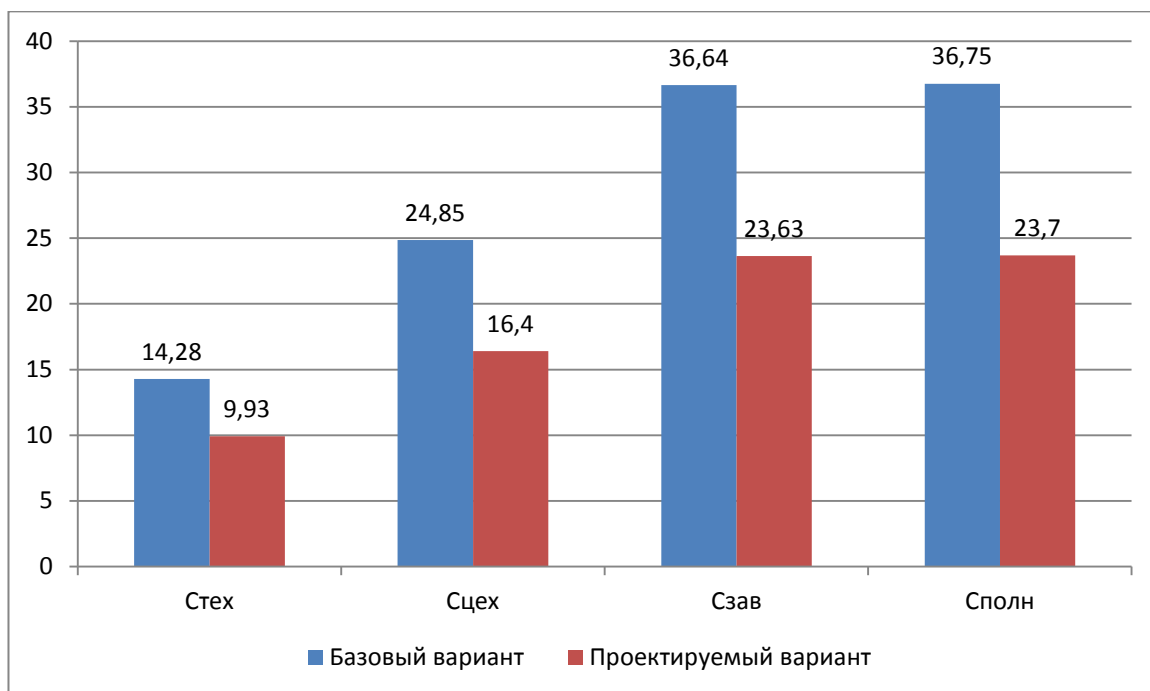


Рисунок 7 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

Согласно рисунку 7, значение полной себестоимости ( $C_{полн}$ ) для базового варианта составило 36,75 рублей, а для проектируемого варианта – 23,7 рублей.

Дальнейшие расчеты показали, что капитальные вложения, в размере 20415,7 рублей, окупятся в течение одного года. Такой срок является более чем 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 3133 рубля, что доказывает эффективность предложенных мероприятий. Значит, на каждый вложенный рубль будет получен доход 1,15 рубля.



## Заключение

В качестве основных результатов выполнения выпускной квалификационной работы отметим следующие. Проведен анализ имеющихся данных по рассматриваемой детали, на основании чего поставлены задачи работы, которые впоследствии были поэтапно решены. Проведено экономическое сравнение вариантов получения заготовок, в результате чего выбран оптимальный вариант. Проведено проектирование заготовки с подробным определением припусков на обработку, напусков и допусков. Спроектирован технологический процесс изготовления детали, включая выбор оборудования, инструмента, средств контроля и оснастки, проектирование технологических операций, включая расчет режимов резания и нормирование операций. При этом использованы соответствующие типу производства методики расчета и проектирования, основанные на типовых технологических решениях. Предложены варианты дальнейшего технического совершенствования технологии изготовления детали путем проектирования оснастки и режущего инструмента на токарные операции. В результате чего удалось сократить время выполнения данных операций. Разработаны мероприятия по обеспечению безопасности выполнения предложенной технологии. При этом выполнены требования по обеспечению экологических показателей. Произведен расчет экономических показателей предложенных технических решений. Данные расчеты показали эффективность предложенных решений.

Достижение заявленных результатов обеспечило достижение цели данной выпускной квалификационной работы, которая заключается в проектировании технологического процесса изготовления, который обеспечит выпуск годовой программы блока шестерен коробки скоростей универсально-фрезерного станка AG 400 в условиях среднесерийного производства отвечающего заданным параметрам качества изготовления с наименьшими экономическими затратами.

## 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: 15.08.2021).
2. Безъязычный В.Ф. Технология машиностроения : учебное пособие / В.Ф. Безъязычный, С.В. Сафонов. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 336 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/148334> (дата обращения: 23.08.2021).
3. Блюменштейн В.Ю. Проектирование технологической оснастки : учебное пособие для вузов / В.Ю. Блюменштейн, А.А. Клепцов. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 220 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/166346> (дата обращения: 16.09.2021).
4. 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.
5. Воронов Д.Ю. Проектирование и производство заготовок изделий машиностроительного производства : учебно-методическое пособие / Д.Ю. Воронов, В.М. Боровков, И.В. Кузьмич. – Тольятти : ТГУ, 2018. – 203 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/140032> (дата обращения: 16.08.2021).
6. 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.
7. 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: 10.10.2021).

8. 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: 18.09.2021).

9. Клименков С.С. Обрабатывающий инструмент в машиностроении: учебник / С.С. Клименков. – Москва. : ИНФРА–М, 2013. – 459 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/435685> (дата обращения: 29.08.2021).

10. Копылов Ю.Р. Технология машиностроения : учебное пособие / Ю.Р. Копылов. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 252 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/142335> (дата обращения: 08.08.2021).

11. 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: 15.10.2021).

12. Макаров В.Ф. Выбор абразивных инструментов и режимов резания для высокоэффективного шлифования заготовок : учебное пособие / В.Ф. Макаров. – Пермь : ПНИПУ, 2011. – 231 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/160502> (дата обращения: 11.09.2021).

13. 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: 19.08.2021).

14. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке: учебное пособие / В.М. Кишуров, М.В. Кишуров, П.П. Черников, Н. В. Юрасова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 216 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/121986> (дата обращения: 29.08.2021).

15. 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: 20.09.2021).

16. Пухаренко Ю.В. Механическая обработка конструкционных материалов: курсовое и диплом. проектирование: учеб. пособие / Ю.В. Пухаренко, В.А. Норин. – Санкт-Петербург. : Лань, 2018. – 240 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/99220> (дата обращения: 14.08.2021).

17. Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с.

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: 17.08.2021).

19. 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.

20. 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.

21. Схиртладзе А.Г. Проектирование режущих инструментов : учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, В.А. Иванов, В.К. Перевозников. – Пермь : ПНИПУ, 2006. – 208 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/160688> (дата обращения: 26.08.2021).

22. Трофимов А.В. Основы технологии машиностроения. Проектирование технологических операций обработки резанием : учебное пособие / А.В. Трофимов, Т.И. Горбачева. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, [б. г.]. – Часть 1 : Определение параметров заготовки. Выбор оборудования и технологического оснащения – 2016. – 104 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/76968> (дата обращения: 15.08.2021).

23. Трофимов А.В. Основы технологии машиностроения. Проектирование технологических операций обработки резанием : учебное пособие / А.В. Трофимов, Т.И. Горбачева. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, [б. г.]. — Часть 2 : Назначение режимов резания. Разработка технических норм времени – 2016. – 100 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/76969> (дата обращения: 08.09.2021).

24. Химический состав и физико-механические свойства стали 12ХНЗА [Электронный ресурс]. – URL: [http://metallicheckiy-portal.ru/marki\\_metallov/stk/12xh3a](http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/12xh3a) (дата обращения: 07.08.2021).



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа										
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
Т 19	392101 Резец канавочный ГОСТ18879-73 Т5К10; 393311 Штангенциркуль ШЦ-2 ГОСТ 160-80.															
20																
А 21	XX XX XX 015 4110 Токарная															
Б 22	381101 Токарный 16ГС25СУ1					3	18217	312	1Р	1	1	1	800	1		1,26
О 23	Точить последовательно 4, 5, 7, 11, 15 в размер $\phi 87,5^{+0,35}$ ; $\phi 63,5^{+0,3}$ ; $\phi 56,88^{+0,3}$ ; $120,6^{+0,35}$ ; $143^{+0,4}$ ;															
О 24	$115^{+0,35}$ ; $76^{+0,3}$ .															
Т 25	396171 Патрон 3-х кулачковый специальный; 392101 Резец контурный ГОСТ18879-73 Т30К4; 392101 Резец канавочный ГОСТ18879-73 Т30К4; 392101 Резец резьбовой ГОСТ18879-73 Т5К10;															
Т 26	393410 Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78.															
Т 28																
А 29	XX XX XX 020 4110 Токарная															
Б 30	381101 Токарный 16ГС25СУ1					3	18217	312	1Р	1	1	1	800	1		3,05
О 31	Точить последовательно 42, 43, 44, 45, 46 в размер $\phi 35^{+0,21}$ ; $\phi 30^{+0,25}$ ; $103^{+0,35}$															
Т 32	396171 Патрон 3-х кулачковый специальный; 391213 Сверло спиральное ГОСТ10903-77 Р6М5; 392133 Резец расточной ГОСТ18879-73 Т5К10; 394253 Нутромер НМ-50 ГОСТ 160-80.															
Т 33																
34																
А 35	XX XX XX 025 4110 Токарная															
Б 36	381101 Токарный 16ГС25СУ1					3	18217	312	1Р	1	1	1	800	1		2,16
О 37	Точить последовательно поверхности 35, 36, 37, 38, 39 в размер $\phi 37^{+0,25}$ ; $\phi 35^{+0,25}$ ; $109^{+0,35}$ ; $98^{+0,35}$															
Т 38	396171 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 24351-80; 392133 Резец расточной ГОСТ18879-73 Т5К10;															
Т 39	394253 Нутромер НМ ГОСТ 160-80.															
40																
А 41	XX XX XX 030 4110 Токарная															
МК																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа											
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоэ	Тшт	
Б	Код, наименование оборудования					СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоэ	Тшт	
А 69	381101	Токарный	16ГС25СУ1	3	18217	312	1Р	1	1	1	800	1			147		
Б 70	Точить последовательно поверхности Установка: 16, 22, 25, 26, 27, 28, 29, 30 в размер $\phi 56,004^{+0,12}$																
О 71	M45X2	116,6 <sup>+0,14</sup>	139 <sup>+0,16</sup>	Установка Б: 3, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 18 в размер $\phi 56,004^{+0,12}$ ; M45X2; 139 <sup>+0,16</sup> ; 1X45°													
Т 72	392846 Патрон поводковый ГОСТ 2572-72; 392842 Центра ГОСТ8742-75; 392101Резец контурный																
Т 73	ГОСТ18879-73Т30К4; 392101Резец канавочный ГОСТ18879-73 Т5К10; 392101 Резец резьбовой																
Т 74	ГОСТ18879-73 Т5К10; 393413 Микрометр ГОСТ 160-80.																
75																	
А 76	XX XX XX	035	4262	Фрезерная													
Б 77	381631	Фрезерный ВМ 127М			3	18632	312	1Р	1	1	1	800	1			112	
О 78	Фрезеровать поверхности 4, 9, 50 в размер $6^{+0,16}$ , $43^{+0,1}$																
Т 79	396131 Тиски самоцентрирующие ГОСТ 12195-66; 391820 Фреза шпоночная ГОСТ 9308-69 Р6М5;																
Т 80	393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80; 393400 Калибр.																
81																	
А 82	XX XX XX	040	4180	Протяжная													
Б 83	381756	Горизонтально-прояжной 7А523			3	16458	312	1Р	1	1	1	800	1			0,98	
О 84	Протянуть поверхности 40, 41 в размер 9 степени точности.																
Т 85	396190 Опора шаровая; 392341 Протяжка шлицевая ГОСТ 25161-82 Р18; 393400 Калибры.																
86																	
А 87	XX XX XX	045	4153	Зубофрезерная													
Б 88	381572	Зубофрезерный 53В30			3	12287	312	1Р	1	1	1	800	1			24	
О 89	Фрезеровать поверхности 13, 14, 20, 21 в размер 10-й степени точности.																
Т 90	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 391810 Фреза червячная Р6М50 ГОСТ 9324-80;																
Т 91	394300 Прибор измерительный универсальный.																
МК																	



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа										
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
Б	Код, наименование оборудования					СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
А 94	XX XX XX	050	0190	Слесарная												
95																
А 96	XX XX XX	055	4157	Зубошевинговальная												
Б 97	381574	Зубошевинговальный	ВС-Е02В-22	3	12287	312	1Р	1	1	1	800	1			5,32	
О 98	Шевинговать поверхности 13, 20 в размер 8-й степени точности.															
Т 99	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 391810 Шейер дисковый Р18 ГОСТ5395-80.; 394300 Прибор															
Т 100	измерительный универсальный.															
101																
А 102	XX XX XX	060	Термическая													
103																
А 104	XX XX XX	065	4142	Центрошлифовальная												
Б 105	381317	Центрошлифовальный	ZS-100	3	18873	312	1Р	1	1	1	800	1			11	
О 106	Шлифовать поверхности 2, 31 в размер $\phi 37^{+0,039}$															
Т 107	396131 Тиски самоцентрирующие ГОСТ12195-66; 397120 Круг шлифовальный АГК ГОСТ2447-82;															
Т 108	393120 Калибры.															
109																
А 110	XX XX XX	070	4130	Торцекрылошлифовальная												
Б 111	381311	Торцекрылошлифовальный	ОШ-650	3	318873	312	1Р	1	1	1	800	1			2,12	
О 112	Шлифовать Установ А: 25, 27 в размер $\phi 55,336^{+0,046}$ ; 118,35 <sup>+0,057</sup> ; Установ Б: 7, 9 в размер $\phi 55,336^{+0,046}$ ;															
О 113	118,35 <sup>+0,057</sup> .															
Т 114	396110 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная.															
115																
А 116	XX XX XX	075	4130	Торцекрылошлифовальная												
МК																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа											
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОНД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт	
Б	Код, наименование оборудования					СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОНД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт	
Б 117	381311	Торцевкруглошлифовальный ОШ-650 З 18873 312 1Р					1	1	1	800	1						3,28
О 118	Шлифовать Установ А: 25, 27 в размер $\phi 55,002^{+0,016}$ ; 118,25 <sup>+0,057</sup> ; Установ Б: 7, 9 в размер $\phi 55,006^{+0,016}$ ;																
О 119	118,25 <sup>+0,057</sup> .																
Т 120	396110 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная.																
121																	
А 122	XX XX XX	080 4151 Зубшлифовальная															
Б 123	381562	Зубшлифовальный LFG-3540 З 12287 312 1Р					1	1	1	800	1						3,12
О 124	Шлифовать поверхности 13, 20 в размер 7-й степени точности																
Т 125	396110 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 391810 Круг шлифовальный; 394300 Прибор измерительный																
Т 126	цифровой универсальный.																
127																	
А 128	XX XX XX	085 Мечная															
129																	
А 130	XX XX XX	090 Контрольная															
131																	
132																	
133																	
134																	
135																	
136																	
137																	
138																	
139																	
МК																	





Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.116-82										Форм 1							
Дубл.																	
Взам.																	
Подп.																	
Разраб.	Хубишкин																
Проверил	Левашкин																
Н.контр.										Цех	Уч.	Р.М.					
Наименование операции										Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры	МЗ	КОИД
Токарная										12ХНЗА ГОСТ 4543-71		НВ 280	166	3,71	Ø91,9x159,2	6,68	1
Оборудование, устройство ЧПУ										Обозначение программы		Тв	Тб	Тгв	Тшт	Сож	
16ГС25СУ1												0,62			14,7	Blasocut	
										пн	о или в	л	т	и	с	п	у
0 <sub>21</sub>	1. Установить заготовку																
Т <sub>22</sub>	392846 Патрон поводковый ГОСТ 2572-72; 392842 Центра ГОСТ 8742-75; 392101 Резец контурный																
Т <sub>23</sub>	ГОСТ 18879-73 Т30К4; 392101 Резец канавочный ГОСТ 18879-73 Т5К10; 392101 Резец резьбовой																
Т <sub>24</sub>	ГОСТ 18879-73 Т5К10.																
0 <sub>25</sub>	2. Точить последовательно поверхности 16, 22, 25, 26, 27, 28 выдерживая размеры согласно эскиза.																
Р <sub>26</sub>		1						1,123		0,25	1200	207					
Р <sub>27</sub>		2						2,0		0,1	320	45					
Р <sub>28</sub>		3						0,2		2,0	800	113					
0 <sub>29</sub>	3. Переустановить заготовку																
0 <sub>30</sub>	4. Точить последовательно поверхности 3, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 18 выдерживая размеры согласно эскиза.																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.116-82										Форм 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	<i>Хубышкин</i>												
Проверил	<i>Левашкин</i>												
Н.контр.			<i>Блок шестерен</i>							Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД		
<i>Токарная</i>		<i>12ХНЗА ГОСТ 4543-71</i>		<i>НВ 280</i>	<i>166</i>	<i>3,71</i>	<i>Ø91,9x159,2</i>			<i>6,68</i>	<i>1</i>		
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		Т <sub>а</sub>	Т <sub>б</sub>	Т <sub>в</sub>	Т <sub>ш</sub>	СОЖ					
<i>16ГС25СУ1</i>				<i>0,62</i>			<i>1,47</i>	<i>Blasocut</i>					
		пм	о или в	l	t	i	s	п	у				
<i>P<sub>11</sub></i>		<i>1</i>			<i>1,123</i>		<i>0,25</i>	<i>1200</i>	<i>207</i>				
<i>P<sub>12</sub></i>		<i>2</i>			<i>2,0</i>		<i>0,1</i>	<i>3200</i>	<i>45</i>				
<i>P<sub>13</sub></i>		<i>3</i>			<i>0,2</i>		<i>20</i>	<i>800</i>	<i>113</i>				
<i>14</i>	<i>5. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.</i>												
<i>15</i>													
<i>16</i>													
<i>17</i>													
<i>18</i>													
<i>19</i>													
<i>20</i>													







Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3 116-82										Форм 1											
Дубл.																					
Взам.																					
Подп.																					
Разраб.	Хуцвишвили																				
Проверил	Ледашкин																				
Н.контр.																					
Наименование операции										Цех		Уч.	Р.М.	Опер.							
Материал										МЗ		КОИД									
Твердость										ЕВ		МД		Профиль и размеры							
Торцевкруглошлифовальная										166		3,71		№915x159,2		6,68	1				
Оборудование, устройство ЧПУ										То		Тб		Тгв		Тшт		Сож			
ОШ-650										2,48				3,28		Blasocut					
01	1. Установить заготовку																				
Т 02	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 39810 Круг шлифовальный.																				
03	2. Шлифовать поверхности 25, 27 выдерживая размеры согласно эскиза																				
Р 04	1										0,184		0,002		300		30				
05	3. Переустановить заготовку.																				
Р 06	4. Шлифовать поверхности 7, 9 выдерживая размеры согласно эскиза.																				
07	1										0,184		0,002		300		30				
08	5. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.																				
09																					
10																					





