

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 подшипника опорно-упорного

Обучающийся	<u>А.Ю. Гребенкина</u> (Инициалы Фамилия)	<u>_____</u> (личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент А.А. Козлов</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>
Консультанты	<u>к.э.н., доцент О.М. Сярдова</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>
	<u>к.т.н., доцент А.Н. Москалюк</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>

Тольятти 2022

## Аннотация

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке технологического процесса изготовления подшипника опорно-упорного. Данная тема является актуальной, что объясняется изменением производственных условий при переходе с крупносерийного на среднесерийный тип производства. Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка такого технологического процесса изготовления подшипника опорно-упорного, который в условиях среднесерийного типа производства обеспечит выпуск заданного количества деталей с минимальными затратами при условии обеспечения необходимого качества изготовления в установленные сроки.

Работа состоит из пояснительной записки объемом, которой составляет 64 страниц и графической части, состоящей из 7 листов формата А1.

Пояснительная записка включает введение, пять основных разделов, заключение и приложения. Введение посвящено обоснованию актуальности темы работы и формулировки ее задачи. В первом разделе рассматриваются исходные данные работы. Такие как, функциональное назначение детали и условия эксплуатации, анализ технологичности, характеристики типа производства. На основе этого формулируются задачи работы. Второй раздел содержит решение комплекса технологических задач. Среди них рассматриваются выбор метода получения заготовки и ее проектирование, проектирование маршрута и плана изготовления детали, выбор средств оснащения технологического процесса, проектирование технологических операций. В третьем разделе решаются технические задачи, направленные на совершенствование технологии путем проектирования специальных средств оснащения. Четвертый раздел направлен на решение задач, связанных с обеспечением производственной, экологической и пожарной безопасности. В пятом разделе приведены результаты расчета экономических показателей спроектированного техпроцесса.

## **Abstract**

The final qualifying work is devoted to the thrust bearing manufacturing technological process development. This topic is relevant, which is explained by the change in production conditions during the transition from large-scale to medium-scale production. The purpose of this final qualification work is to develop such a technological process for manufacturing a thrust bearing, which, in the conditions of a medium-scale production type, will ensure the production of a given number of parts with minimal costs, provided that the necessary manufacturing quality is ensured on time.

The work consists of an explanatory note, the volume of which is 64 pages and a graphic part consisting of 7 sheets of A1 format.

The explanatory note includes an introduction, five main sections, conclusion and appendices. The introduction is devoted to substantiating the relevance of the work topic and the formulation of its tasks. The first section discusses the work initial data. Such as, the part functional purpose and operating conditions, the manufacturability analysis, the production type characteristics. Based on this, the work tasks are formulated. The second section contains the technological problems complex solution. Among them, the workpiece obtaining method choice and its design, the route and the manufacture plan design of the part, the technological process equipping means choice, the technological operations design are considered. The third section solves technical problems aimed at improving technology by designing special equipment. The fourth section is aimed at solving problems related to ensuring industrial, environmental and fire safety. The fifth section presents the designed process economic indicators calculating results.

## Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных и постановка задач работы.....	6
1.1 Функции и условия эксплуатации детали.....	6
1.2 Анализ детали на технологичность.....	7
1.3 Определение типа производства и его характеристик.....	10
1.4 Постановка задач.....	11
2 Проектирование технологического процесса.....	12
2.1 Выбор метода получения заготовки и ее проектирование.....	12
2.2 Проектирование маршрута и плана изготовления детали.....	20
2.3 Выбор средств оснащения технологического процесса.....	22
2.4 Проектирование технологических операций.....	25
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	28
3.1 Проектирование цанговой оправки.....	28
3.2 Проектирование фрезы.....	34
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	36
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.....	36
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	37
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	38
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	40
4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта.....	42
5 Экономическая эффективность работы.....	44
Заключение.....	49
Список используемых источников.....	50
Приложение А Технологическая документация.....	54
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам.....	63

## Введение

В современных машинах и механизмах валы устанавливаются на подшипниках. В зависимости от требуемой точности установки, величины и направления, действующих на них нагрузок, применяются подшипники различных конструкций. В случаях, когда работа механизма подразумевает наличие ударных и вибрационных нагрузок, механизм работает при повышенных скоростях, требуется обеспечить повышенную точность работы применяются подшипники скольжения. Рассматриваемый в данной работе опорно-упорный подшипник является разновидностью подшипников скольжения. Данный подшипник отличается простотой конструкции, но при этом требователен к качеству изготовления поверхностей и изготавливается из дорогостоящего материала, поэтому технология его изготовления должна обеспечить минимальные затраты с целью обеспечения конкурентоспособности данной продукции на рынке. Другой особенностью, которую необходимо будет учесть при проектировании технологии изготовления детали является относительно небольшой годовой объем выпуска, который составляет 8000 штук в год. Большинство типовых технологических процессов рассчитаны на гораздо большие объемы выпуска изделий, что снижает их экономическую эффективность в заданных условиях. Поэтому при проектировании технологии изготовления подшипника необходимо будет пересмотреть ряд операций типовых технологических процессов, учесть современные тенденции в проектировании в условиях различных типов производств.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка такого технологического процесса изготовления подшипника опорно-упорного, который в условиях среднесерийного типа производства обеспечит выпуск заданного количества деталей с минимальными затратами при условии обеспечения необходимого качества изготовления в установленные сроки.

## **1 Анализ исходных данных и постановка задач работы**

### **1.1 Функции и условия эксплуатации детали**

Опорно-упорный подшипник может быть применен как опора для валов в различных производственных машинах, где имеются высокие нагрузки и скорости вращения. Подшипник представляет собой тело вращения со сложной конфигурацией наружных и внутренних поверхностей, что обусловлено функциональным назначением детали и принципами работы.

Подшипник эксплуатируется в корпусе механизма, поэтому воздействие внешней окружающей среды минимально. Наиболее вероятно воздействие температур, но, как правило, работа производится в производственных корпусах, где колебания температуры окружающей среды незначительны и существенного влияния оказать не могут. В случае если подшипник будет работать в условиях пониженных или повышенных температур это может привести к его преждевременному износу и выходу из строя.

Так как подшипник является типовой деталью и может использоваться в различных производственных машинах и механизмах действующие на него нагрузки также могут существенно отличаться по природе своего происхождения, величине и направлению приложения. В том числе возможно воздействие вибрационных нагрузок различных частот и ударных нагрузок. В случае использования подшипника в быстроходных машинах и механизмах возможно воздействие высоких температур, что обусловлено принципом работы подшипника. В наихудшем случае на подшипник могут воздействовать сразу несколько указанных выше негативных факторов.

Все вышесказанное позволяет сделать вывод о том, что подшипник является ответственной деталью, работающей в сложных условиях. Следовательно, при проектировании технологии его изготовления следует

добиваться выполнения всех требований к точности изготовления и характеристикам поверхностей, которые заложены конструктором.

## **1.2 Анализ детали на технологичность**

Оценка технологичности детали производится по нескольким критериям: технологичность материала, технологичность конструкции детали, технологичность изготовления [2].

Оценка технологичности материала основана на знании его химического состава и механических свойств. Деталь изготавливается из бронзы БР0Ф7–0,2 ГОСТ 5017–2006. «Химический состав: железо до 0,05%, кремний до 0,005%, никель до 0,2%, фосфор от 0,1% до 0,25%, алюминий до 0,002%, медь от 91,27% до 92,8%, свинец до 0,02%, цинк до 0,3%, сурьма до 0,002%, висмут до 0,002%, олово от 7% до 8%, примеси 0,1%» [16]. «Механические свойства: предел прочности 390 МПа, предел текучести 140 МПа, относительное удлинение 40%» [16]. Приведенные характеристики материала детали позволяют сделать следующие выводы. Материал полностью отвечает служебному назначению детали, так как обладает хорошими антифрикционными свойствами и механическими характеристиками. С точки зрения лезвийной обработки данные характеристики материала являются приемлемыми, так как коэффициент обрабатываемости составляет 0,9 и для достижения высокой точности обработки не требуется применения дорогостоящей шлифовальной обработки. При назначении метода получения заготовки следует учитывать, что данный материал обладает хорошими литейными свойствами и плохо подвергается пластической деформации.

Оценка технологичности конструкции детали определяется несколькими факторами. Во–первых, это конфигурация поверхностей детали, а во–вторых, это точность данных поверхностей и соответствие данной точности их служебному назначению. Конфигурацию поверхностей детали

можно охарактеризовать как сложную. Это объясняется наличием ребер на торцах детали, глубоких проточек и радиальных отверстий. Данные элементы с точки зрения их получения являются не технологичными, так как требуют большого количества переходов механической обработки и трудоемки в получении. Однако, данные элементы являются важными для выполнения детали ее служебного назначения и не могут быть удалены из конструкции или заменены на другие более технологичные.

Оценка точности поверхностей детали и соответствие данной точности их служебному назначению основана на классификации поверхностей по служебному назначению [17]. На рисунке 1 представлен эскиз детали и пронумерованы все ее поверхности. «В соответствии с принятой методикой, основными конструкторскими базами являются поверхности 13, 19, 48, 57, вспомогательными конструкторскими базами являются поверхности 1, 32, 33, 34, 35, 40, 41, исполнительными поверхностями 4, 23, все оставшиеся поверхности являются свободными» [17]. Из классификации следует, что точность поверхностей отвечает их служебному назначению и ее изменение не целесообразно.

Оценка технологичности изготовления определяется заготовкой и применимыми методами обработки для получения заданных параметров детали. Заготовка может быть получена различными методами литья, что определяется свойствами материала детали. Данные методы позволяют получать поверхности сложной формы и достаточно близкие по конфигурации к готовой детали, что актуально в случае рассматриваемой детали. Недостаток данного метода получения заготовки заключается в увеличенных припусках на обработку и невысокой точности размеров заготовки и их взаимного расположения.

Заданные контуры заготовки могут быть получены стандартными методами обработки. Учитывая точность поверхностей детали и ее материал, для обработки могут быть применены исключительно лезвийные методы, что существенно сократит стоимость изготовления.



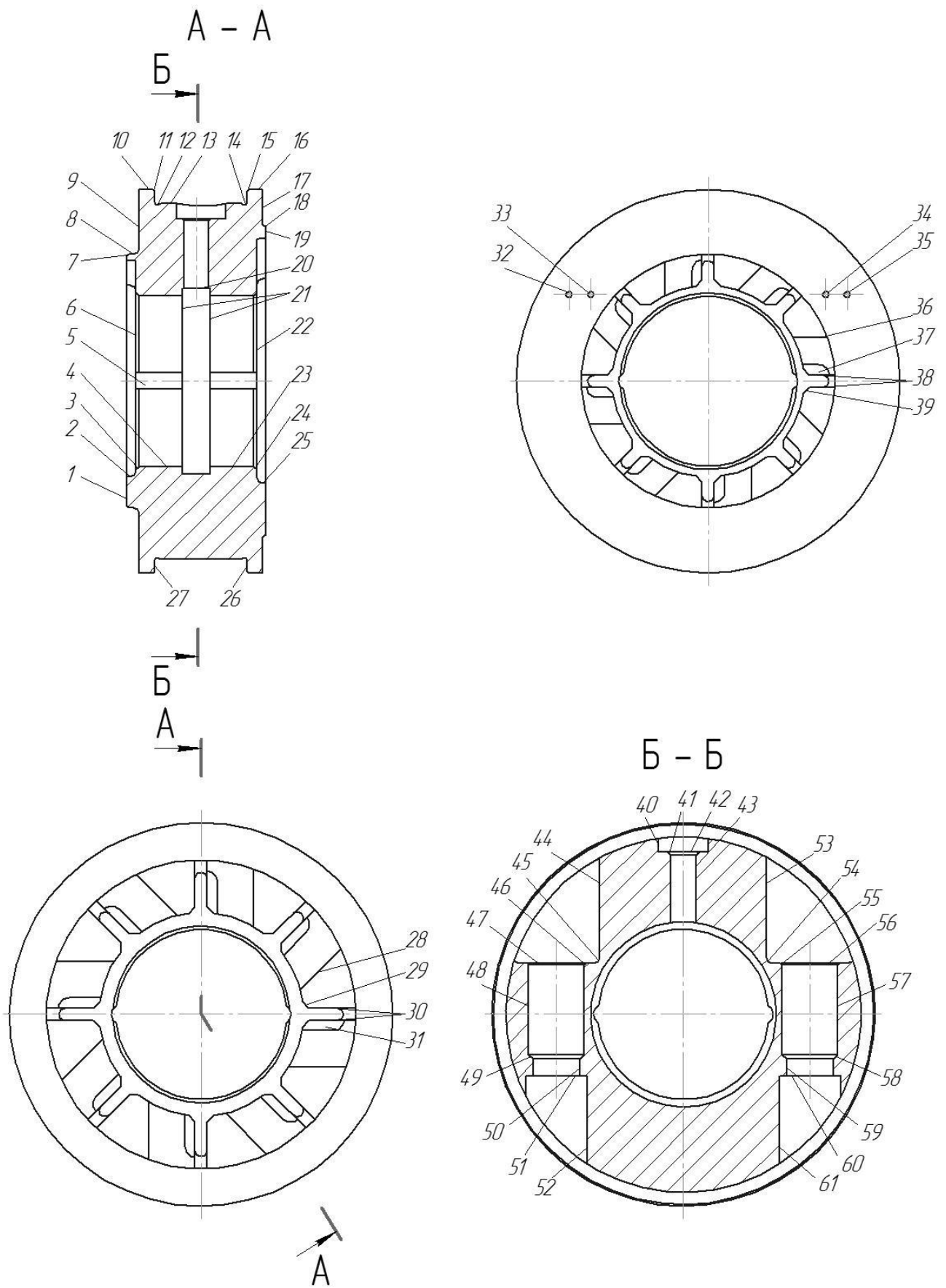


Рисунок 1 – Эскиз подшипника

Предлагаемые методы обработки могут быть реализованы на стандартном оборудовании с применением стандартных средств технологического оснащения.

Из проведенного анализа технологичности детали можно сделать вывод, что подшипник отвечает всем основным критериям технологичности и не требует доработки конструкции.

### **1.3 Определение типа производства и его характеристик**

«Тип производства определим по годовой программе выпуска и массе детали» [20]. «При годовой программе выпуска деталей 8000 штук и массе 2,48 кг, тип производства соответствует среднесерийному» [20].

С целью определения дальнейшего направления проектирования определим основные характеристики среднесерийного типа производства. Для этого проанализируем данные литературы [20].

Технологический процесс проектируется на основе типовых технологических процессов путем их модификации в зависимости от конструктивных особенностей детали в виде маршрутно-операционной технологии. При этом методы обработки поверхностей выбираются по коэффициентам удельных затрат. Форма организации техпроцесса групповая с выпуском изделий повторяющимися партиями.

Припуски на обработку определяются для поверхностей являющихся точными расчетно-аналитическим методом, что объясняется необходимостью обеспечить максимальную точность обработки. Припуски на обработку не ответственных поверхностей назначаются с использованием статистических таблиц.

Проектирование операций производится с учетом обеспечения основных принципов базирования. Режимы резания назначаются с применением статистических данных и эмпирических формул. Нормирование выполняется расчетным методом по технологическому

процессу. Точность обработки достигается методом работы на настроенном оборудовании. Используется оборудование, обеспечивающее максимальную гибкость и возможность быстрой переналадки на выпуск новых деталей. Средства технологического оснащения применяются универсальные, стандартизированные и стандартные. Применение специальных средств технологического оснащения допускается в случае технической необходимости или возможности получения за счет этого экономического эффекта.

#### **1.4 Постановка задач**

Анализ функций и условий эксплуатации детали, а также анализ детали на технологичность позволяют сформулировать следующие задачи работы, решение которых необходимо для достижения цели работы.

Во-первых, необходимо решить комплекс технологических задач. Среди них, выбор метода получения заготовки и ее проектирование, проектирование маршрута и плана изготовления детали, выбор средств оснащения технологического процесса, проектирование технологических операций. Во-вторых, необходимо решить технические задачи, направленные на совершенствование технологии путем проектирования специальных средств оснащения. В-третьих, необходимо решить задачи, связанные с обеспечением производственной, экологической и пожарной безопасности. В-четвертых, необходимо произвести расчеты экономических показателей спроектированного техпроцесса.

Выполнение данного раздела позволило достичь следующих результатов. Проведен анализ функций и условий эксплуатации детали, а также анализ детали на технологичность. Это позволило сформулировать задачи выпускной квалификационной работы.

## 2 Проектирование технологического процесса

### 2.1 Выбор метода получения заготовки и ее проектирование

Анализ материала детали показал, что данный материал обладает хорошими литейными свойствами и плохо подвергается пластической деформации. Это следует учитывать при назначении метода получения заготовки. Из этого следует, что заготовку рассматриваемой детали необходимо получать методами литья.

Проанализировав литературу [5, 24] приходим к выводу, что заготовка может быть получена методами литья в землю и в кокиль. Данные методы позволяют получать поверхности сложной формы и достаточно близкие по конфигурации к готовой детали, что актуально в случае рассматриваемой детали. Недостаток данного метода получения заготовки заключается в увеличенных припусках на обработку и невысокой точности размеров заготовки и их взаимного расположения.

Выбор одного из возможных методов получения производим на основе сравнения технологической себестоимости изготовления детали из заготовок, полученных различными методами по методике [24]:

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

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

$Q$  – масса заготовки, кг;

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

$q$  – масса детали, кг;

$C_{\text{ОТХ}}$  – цена стружки, руб» [24].

«Удельная стоимость заготовки определяется по формуле:

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

где  $i$  – индекс варианта получения заготовки;

$C_{OT}$  – базовая стоимость получения отливок в зависимости от метода, руб.;

$h_T$  – коэффициент точности отливки;

$h_C$  – коэффициент группы сложности отливки;

$h_B$  – коэффициент массы отливки;

$h_M$  – коэффициент марки материала отливки;

$h_{II}$  – коэффициент программы выпуска» [24].

Принимаем индекс варианта получения заготовки 1 для литья в землю, 2 для литья в кокиль и выполняем расчет удельной стоимости заготовки.

$$C_{ЗАГ\ 1,2} = 75,12 \cdot 1,06 \cdot 0,7 \cdot 0,82 \cdot 2,2 \cdot 0,5 = 50,28 \text{ р.}$$

«Масса заготовки определяется выражением:

$$Q_i = q \cdot K_P, \quad (3)$$

где  $K_P$  – коэффициент, учитывающий особенности метода получения заготовки и ее формы» [24].

Масса детали задана на чертеже графической части работы. Зная ее определяем массу заготовок, полученных различными методами литья.

$$Q_1 = 2,48 \cdot 2,1 = 5,05 \text{ кг.}$$

$$Q_2 = 2,48 \cdot 1,9 = 4,69 \text{ кг.}$$

«Удельная стоимость механической обработки определяется по формуле:

$$C_{МЕХ\ i} = C_C + E_H \cdot C_K, \quad (4)$$

где  $C_C$  – приведенные затраты на снятие 1 кг стружки, руб.;

$C_K$  – приведенные капитальные вложения на 1 кг стружки, руб.;

$E_H$  – коэффициент эффективности капитальных вложений» [24].

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

Далее рассчитываем технологические себестоимости изготовления детали из заготовок, полученных различными методами.

$$C_{\text{T1}} = 50,28 \cdot 2,48 + 4,6 \cdot (5,05 - 2,48) - 1,4 \cdot (5,05 - 2,48) = 132,91 \text{ р.}$$

$$C_{\text{T2}} = 50,28 \cdot 2,48 + 4,6 \cdot (4,69 - 2,48) - 1,4 \cdot (4,69 - 2,48) = 117,61 \text{ р.}$$

Расчеты показали, что для данной детали наиболее эффективным методом получения заготовки является метод получения заготовки литьем в кокиль.

Следующим этапом проектирования заготовки является определение припусков на обработку. Любая из известных методик определения припусков предполагает наличие предварительно определенного маршрута обработки поверхности. Формирование маршрутов производится с использованием методики и данных [7] с учетом свойств материала детали, формы, требуемой точности и качества обработки поверхностей. Оптимальным считается маршрут обработки, который обеспечивает минимум суммарных удельных затрат на ее получение. Результаты формирования маршрутов обработки поверхностей приведены ниже.

Характеристики поверхностей 1, 19: плоская, точность 12 квалитет, параметр шероховатости Ra 1,25 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: точение черновое, точение чистовое, точение тонкое.

Характеристики поверхностей 2, 20, 25: цилиндрическая внутренняя, точность 12 квалитет, параметр шероховатости Ra 12,5 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: точение черновое.

Характеристики поверхности 3: коническая внутренняя, точность 12 квалитет, параметр шероховатости Ra 12,5 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: точение чистовое.

Характеристики поверхностей 4, 23: цилиндрическая внутренняя, точность 7 квалитет, параметр шероховатости Ra 1,25 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: точение черновое, точение чистовое, точение тонкое.

Характеристики поверхностей 5, 40: цилиндрическая внутренняя, точность 12 квалитет, параметр шероховатости Ra 12,5 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: фрезерование.

Характеристики поверхности 6: плоская внутренняя, точность 12 квалитет, параметр шероховатости Ra 12,5 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: точение черновое.

Характеристики поверхностей 7, 11, 24: коническая, точность 12 квалитет, параметр шероховатости Ra 12,5 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: точение чистовое.

Характеристики поверхностей 8, 10, 16, 18: цилиндрическая, точность 12 квалитет, параметр шероховатости Ra 12,5 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: точение черновое.

Характеристики поверхностей 9, 17: плоская, точность 12 квалитет, параметр шероховатости Ra 12,5 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: точение черновое.

Характеристики поверхностей 12, 14: цилиндрическая, точность 12 квалитет, параметр шероховатости Ra 12,5 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: точение чистовое.

Характеристики поверхности 13: цилиндрическая, точность 6 квалитет, параметр шероховатости Ra 1,25 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: точение черновое, точение чистовое, точение тонкое.

Характеристики поверхности 15: коническая, точность 12 квалитет, параметр шероховатости Ra 12,5 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: точение черновое.

Характеристики поверхностей 21, 22: плоская внутренняя, точность 12 квалитет, параметр шероховатости Ra 12,5 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: точение черновое.

Характеристики поверхностей 26, 27: плоская, точность 12 квалитет, параметр шероховатости Ra 12,5 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: точение чистовое.

Характеристики поверхностей 28, 29, 30, 31, 36, 37, 38, 39, 47, 51, 56, 60: плоская, точность 12 квалитет, параметр шероховатости Ra 12,5 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: фрезерование.

Характеристики поверхностей 32, 33, 34, 35: коническая внутренняя, точность 12 квалитет, параметр шероховатости Ra 12,5 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: сверление.

Характеристики поверхностей 5, 41, 46, 49, 58: коническая внутренняя, точность 12 квалитет, параметр шероховатости Ra 12,5 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: фрезерование.

Характеристики поверхности 42: плоская внутренняя, точность 12 квалитет, параметр шероховатости Ra 12,5 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: фрезерование.

Характеристики поверхности 43: цилиндрическая внутренняя, точность 12 квалитет, параметр шероховатости Ra 12,5 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: сверление.

Характеристики поверхностей 44, 45, 52, 53, 54, 61: цилиндрическая, точность 12 квалитет, параметр шероховатости Ra 12,5 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: фрезерование.

Характеристики поверхности 48: цилиндрическая внутренняя, точность 7 квалитет, параметр шероховатости Ra 2,5 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: сверление, фрезерование, зенкерование.

Характеристики поверхностей 50, 59: цилиндрическая, точность 12 квалитет, параметр шероховатости Ra 12,5 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: сверление.

Характеристики поверхности 57: цилиндрическая внутренняя, точность 7 квалитет, параметр шероховатости Ra 2,5 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: сверление, фрезерование, развертывание.

По известным маршрутам обработки поверхностей можно определить припуски на их обработку. Припуски на обработку для поверхностей, являющихся точными, определяются расчетно-аналитическим методом, что



объясняется необходимостью обеспечить максимальную точность обработки [22]. Припуски на обработку не ответственных поверхностей назначаются с использованием статистических таблиц [15].

Выполняем расчет для поверхности диаметром  $55H7(+0,03)$ .

«Минимальный припуск определяется из выражения:

$$z_{imin} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (5)$$

где  $a$  – глубина дефектного слоя, мм;

$\Delta$  – суммарные пространственные отклонения, мм;

$\varepsilon$  – погрешность установки заготовки в приспособлении, мм;

$i$  – текущий переход;

$i - 1$  – предыдущий переход» [22].

«Максимальный припуск определяется из выражения:

$$z_{imax} = z_{imin} + 0,5 \cdot (TD_{i-1} + TD_i), \quad (6)$$

где  $TD_{i-1}$  – операционный допуск на предыдущем переходе, мм.;

$TD_i$  – операционный допуск на текущем переходе, мм» [22].

«Средний припуск определяется из выражения:

$$z_{cpi} = 0,5 \cdot (z_{imax} + z_{imin}). \quad (7) \gg [22]$$

$$\ll z_{1min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,3 + \sqrt{0,25^2 + 0,025^2} = 0,551 \text{ мм.}$$

$$z_{2min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,03^2 + 0,025^2} = 0,239 \text{ мм.}$$

$$z_{3min} = a_2 + \sqrt{\Delta_2^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,012^2 + 0,02^2} = 0,123 \text{ мм.}$$

$$z_{1max} = z_{1min} + 0,5 \cdot (TD_0 + TD_1) = 0,551 + 0,5 \cdot (1,0 + 0,12) = 1,111 \text{ мм.}$$

$$z_{2 \max} = z_{2 \min} + 0,5 \cdot (TD_1 + TD_2) = 0,239 + 0,5 \cdot (0,12 + 0,046) = 0,322 \text{ мм.}$$

$$z_{3 \max} = z_{3 \min} + 0,5 \cdot (TD_2 + TD_3) = 0,123 + 0,5 \cdot (0,046 + 0,03) = 0,161 \text{ мм.}$$

$$z_{cp1} = 0,5(z_{1 \max} + z_{1 \min}) = 0,5(0,551 + 1,111) = 0,831 \text{ мм.}$$

$$z_{cp2} = 0,5(z_{2 \max} + z_{2 \min}) = 0,5(0,239 + 0,322) = 0,281 \text{ мм.}$$

$$z_{cp3} = 0,5(z_{3 \max} + z_{3 \min}) = 0,5(0,123 + 0,161) = 0,142 \text{ мм} \gg [22].$$

«Операционные размеры определяются с использованием выражений:

$$D_{(i-1)\max} = D_{i \max} - 2 \cdot z_{i \min}. \quad (8)$$

$$D_{(i-1)\min} = D_{(i-1)\max} - TD_{i-1}. \quad (9)$$

$$D_{i \text{ cp}} = 0,5 \cdot (D_{i \max} + D_{i \min}). \quad (10) \gg [22]$$

Выполняем расчет.

$$\ll D_{3 \max} = 55,030 \text{ мм.}$$

$$D_{3 \min} = 55,000 \text{ мм.}$$

$$D_{3 \text{ cp}} = 0,5 \cdot (D_{3 \max} + D_{3 \min}) = 0,5 \cdot (55,030 + 55,000) = 55,015 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \max} = D_{3 \max} - 2 \cdot z_{3 \min} = 55,030 - 2 \cdot 0,123 = 54,784 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \min} = D_{2 \max} - TD_2 = 54,784 - 0,046 = 54,738 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \text{ cp}} = 0,5 \cdot (D_{2 \max} + D_{2 \min}) = 0,5 \cdot (54,784 + 54,738) = 54,761 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \max} = D_{2 \max} - 2 \cdot z_{2 \min} = 54,784 - 2 \cdot 0,239 = 54,306 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \min} = D_{1 \max} - TD_1 = 54,306 - 0,12 = 54,186 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \text{ cp}} = 0,5 \cdot (D_{2 \max} + D_{2 \min}) = 0,5 \cdot (54,306 + 54,186) = 54,246 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \max} = D_{1 \max} - 2 \cdot z_{1 \min} = 54,306 - 2 \cdot 0,551 = 53,204 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \min} = D_{0 \max} - TD_0 = 53,204 - 1,0 = 52,204 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \text{ cp}} = 0,5 \cdot (D_{2 \max} + D_{2 \min}) = 0,5 \cdot (53,204 + 52,204) = 52,704 \text{ мм} \gg$$

[22].

«Для определения общих припусков используются выражения:

$$2z_{min} = D_{3\ max} - D_{0\ min}. \quad (11)$$

$$2z_{max} = 2z_{min} + TD_0 + TD_3. \quad (12)$$

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2z_{min} + 2z_{max}). \quad (13)» [22]$$

$$2z_{min} = 55,030 - 52,204 = 2,826 \text{ мм.}$$

$$2z_{max} = 2,826 + 1,0 + 0,03 = 3,856 \text{ мм.}$$

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2,826 + 3,856) = 3,341 \text{ мм.}$$

Определение припусков остальных поверхностей производится с использованием второго метода их определения. В соответствии с данной методикой минимальные статистические значения припусков определяются по таблицам [15], максимальные по формуле (6). В таблице 1 приведены результаты.

Таблица 1 – Припуски на обработку

Номер поверхности	Переход	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм
1, 19	1	0,55	1,175
	2	0,25	0,425
	3	0,08	0,18
10, 16	1	1,1	1,78
13	1	1,0	1,67
	2	0,4	0,497
	3	0,2	0,238
48, 57	1	0,4	0,525
	2	0,1	0,144

Далее определяем характеристики заготовки, такие как, степень точности поверхности, класс точности массы, класс размерной точности, ряд припусков, дефекты формы и расположения поверхностей по данным [17].

По данным характеристикам определяем требуемые технологические напуски и допуски на размеры. Далее путем прибавления припусков и напусков получаем контур заготовки (рисунок 2).

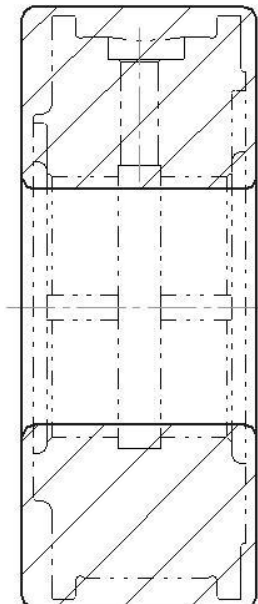


Рисунок 2 – Контур заготовки подшипника

Затем разрабатываем рабочий чертеж заготовки, который приведен в графической части работы.

## 2.2 Проектирование маршрута и плана изготовления детали

Исходя из типа производства, технологический маршрут изготовления детали проектируется на основе типовых технологических процессов [1, 13, 29] путем их модификации в зависимости от конструктивных особенностей детали. Маршрут изготовления формируется путем объединения в операции поверхностей с одинаковыми методами обработки. Количество и содержание операций формируется с учетом разработанных ранее маршрутов изготовления поверхностей, а также принципов концентрации переходов. Следует учитывать, что операция может состоять из нескольких установов.

Это влияет на дальнейший выбор оборудования и средств технологического оснащения. С учетом высказанных рекомендаций формируем технологический маршрут изготовления подшипника (таблица 2).

Таблица 2 – Технологический маршрут изготовления подшипника

Номер операции	Наименование операции	Номера обрабатываемых поверхностей
005	токарная	4, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25
010	токарная	1, 2, 6, 8, 9, 10, 13, 16, 26, 27
015	токарная	4, 19, 23, 24
020	токарная	1, 3, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 26, 27
025	многооперационная	40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61
030	многооперационная	5, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39
035	многооперационная	28, 29, 30, 31
040	токарная	4, 19, 23
045	токарная	1, 13
050	моечная	все
055	контрольная	все

Приведенный в таблице 2 маршрут изготовления детали является основой для проектирования плана изготовления и маршрутной карты технологического процесса, представленной в приложении А.

План изготовления оформляется в виде графического документа по рекомендациям [21] и включает в себя все операции технологического процесса с указанием операционных эскизов, схем базирования, операционных размеров и технических требований на выполнение операций. Операционные эскизы должны отражать содержание операций с учетом используемых на операции установов. Схемы базирования необходимо разработать, основываясь на принципах единства и постоянства баз, а также рекомендаций [21]. Операционные размеры назначаются исходя из принятой на операции схемы базирования и средств оснащения их реализующих. Технические требования на выполнения операций зависят от характеристик оборудования и назначаются с применением рекомендаций [21]. План изготовления детали приведен в графической части работы.

### **2.3 Выбор средств оснащения технологического процесса**

Выбор средств оснащения технологического процесса задача многовариантная. Процедура выбора средств оснащения технологического процесса включает в себя выбор оборудования, станочных приспособлений, металлорежущего инструмента и средств контроля. Для упрощения решения данной задачи учтем особенности типа производства, которые заключаются в следующем. Используется оборудование, обеспечивающее максимальную гибкость и возможность быстрой переналадки на выпуск новых деталей. Средства технологического оснащения применяются универсальные, стандартизированные и стандартные. Применение специальных средств технологического оснащения допускается в случае технической необходимости или возможности получения за счет этого экономического эффекта.

Кроме этого необходимо учесть, что используемое оборудование и средства технологического оснащения должны обеспечивать заданную точность обработки и реализацию схемы обработки. Режущий инструмент должен иметь необходимую стойкость, иметь возможность быстрой смены и обеспечивать быструю переналадку оборудования. Станочные приспособления в первую очередь должны реализовывать заданную схему базирования, обладать необходимым быстродействием, обеспечивать необходимое усилие закрепления и точность установки. Средства контроля должны обеспечить необходимую точность контрольных операций, контроль всех требуемых параметров и получение параметров контроля в том виде, который обеспечит использование информации для оценки хода технологического процесса.

Выбор моделей, наименований и типоразмеров средств оснащения технологического процесса будем производить с использованием рекомендаций [3, 9, 10, 11, 12, 19, 23].

Результаты выбора приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Выбор средств оснащения технологического процесса

Операция	Оборудование	Инструменты	Станочные приспособления	Средства контроля
005 Токарная	токарный HAAS SL-10	резец контурный CCGW060202T01530F CD1810 «Sandvik», резец расточной CCGW060202T01530F CD1810 «Sandvik», резец расточной канавочный MB- 07B030-02-11R/L GC1025»Sandvik»	патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80	штангенциркуль ГОСТ166-89, нутромер НМ-80 ГОСТ10-88
010 Токарная	токарный HAAS SL-10	резец контурный CCGW060202T01530F CD1810 «Sandvik», резец расточной CCGW060202T01530F CD1810 «Sandvik»	оправка цанговая	штангенциркуль ГОСТ166-89, нутромер НМ-80 ГОСТ10-88
015 Токарная	токарный HAAS SL-10	резец контурный CCET 06 02 01- UM GC1125 «Sandvik», резец расточной CCET 06 02 01-UM GC1125 «Sandvik»	патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80	калибры, нутромер ГОСТ10-88
020 Токарная	токарный HAAS SL-10	резец контурный CCET 06 02 01-UM GC1125 «Sandvik», резец расточной CCET 06 02 01-UM GC1125 «Sandvik»	оправка цанговая	калибры, скоба рычажная ГОСТ11098-75
025 Многооперационная	вертикальный обрабатывающий центр HAAS VF-2	сверло спиральное R840-0800-30-A0A GC1220 «Sandvik», фреза концевая специальная Ø10 P12Ф2K8M3, сверло спиральное 880- D1500L20-02 GC4014 «Sandvik», концевая фреза для обработки фасок 326R08- B3502012-CH GC1025 «Sandvik», развертка 830B-E06D1800H7S12 P10R «Sandvik»	универсальная делительная головка УДГ-160 ГОСТ8615-89	штангенциркуль ГОСТ166-89, калибры, скоба рычажная ГОСТ11098-75
030 Многооперационная	вертикальный обрабатывающий центр	сверло спиральное R840-0300-30-A0A	патрон трехкулачковый	штангенциркуль

Продолжение таблицы 3

Операция	Оборудование	Инструменты	Станочные приспособления	Средства контроля
онная	ший центр HAAS VF-2	GC1220 «Sandvik» фреза концевая R216.32-04030-AC08A H10F «Sandvik», фреза концевая R216.32-06030-AC08A H10F "Sandvik	ГОСТ 2675-80	ГОСТ166-89, калибры
035 Многоопераци онная	вертикальный обрабатываю щий центр HAAS VF-2	фреза концевая R216.32-04030-AC08A H10F «Sandvik»	патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80	штангенцир куль ГОСТ166-89, калибры
040 Токарная	токарный HAAS SL-10	резец контурный TCEX 06 T1 00R/L-F GC1125 «Sandvik», резец расточной TCEX 06 T1 00R/L-F GC1125 «Sandvik»	патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80	нутромер ГОСТ10-88
045 Токарная	токарный HAAS SL-10	резец контурный TCEX 06 T100R/L-F GC1125 «Sandvik»	оправка цанговая	скоба рычажная ГОСТ11098-75
050 Моечная	моечная машина	–	–	–
055 Контрольная	контрольный стол	–	–	–

Выбор средств оснащения технологического процесса является основой для проектирования технологических операций, так как определяет содержание операций, режимы выполнения операций и методы достижения точности. Полученные данные заносятся в технологическую документацию. В данном случае с учетом типа производства это маршрутная карта (приложение А), операционные карты на наиболее сложные и ответственные операции (приложение А). Кроме того результаты используются для проектирования технологических наладок на операции технологического процесса, представленные в графической части работы.



## 2.4 Проектирование технологических операций

Проектирование технологических операций включает в себя установление схемы выполнения операции, определение операционных размеров, назначение режимов резания и нормирование операций.

Проектирование операций производится с учетом обеспечения основных принципов базирования. Режимы резания назначаются с применением статистических данных и эмпирических формул. Нормирование выполняется расчетным методом по технологическому процессу.

В ходе определения средств технологического обеспечения было принято решение использовать инструмент фирмы «Sandvik». В связи с этим режимы резания при проектировании технологических операций также будем определять по каталогу данной фирмы [10], что позволит в полной мере использовать все преимущества применения данного инструмента.

Нормирование выполним в соответствии с принятыми рекомендациями по методике [18].

«Определение основного времени выполняется по формуле:

$$t_o = \sum t_{oi}, \quad (14)$$

где  $t_{oi}$  – основное время выполнения перехода обработки поверхности, мин» [18].

«Основное время выполнения перехода обработки поверхности определяется по формуле:

$$t_o = \frac{(L+l) \cdot i}{s \cdot n}, \quad (15)$$

где  $L$  – длина обрабатываемой поверхности, мм.;

$l$  – длина перебега и врезания, мм.;

$i$  – количество рабочих ходов» [18].

«Определение вспомогательного времени выполняется по формуле:

$$t_{\text{в}} = t_{\text{с.у}} + t_{\text{м.в}}, \quad (16)$$

где  $t_{\text{с.у}}$  – время на установку и снятие заготовки, мин;

$t_{\text{м.в}}$  – машинно-вспомогательное время, мин» [18].

«Определение времени на обслуживание, и личные потребности выполняется по формуле

$$t_{\text{обс}} + t_{\text{п}} = 0,1 \cdot t_{\text{оп}}, \quad (17)$$

где  $t_{\text{оп}}$  – оперативное время, мин» [18].

«Оперативное время определяется по формуле:

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{o}} + t_{\text{в}}. \quad (18) \gg [18]$$

«Определение штучного времени выполняется по формуле:

$$T_{\text{шт}} = t_{\text{o}} + t_{\text{в}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{п}}. \quad (19) \gg [18]$$

Составляющие штучного времени определяются по данным [18].

Все полученные результаты по определению режимов резания и нормированию приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Режимы резания и нормирование

Номер операции	Номер перехода	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин	Штучное время, мин
005	1	0,3	500	1280	32	0,08	1,2
	2	0,3	350	1688	56	0,11	
	3	0,02	120	636	4	0,31	

Продолжение таблицы 4

Номер операции	Номер перехода	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин	Штучное время, мин
010	1	0,3	500	1280	82	0,21	0,98
	2	0,3	500	1280	24	0,06	
	3	0,3	350	1800	6	0,01	
015	1	0,06	340	1080	21	0,32	1,62
	2	0,06	210	1200	43	0,6	
020	1	0,06	340	870	48	0,92	2,16
	2	0,06	340	870	24	0,46	
	3	0,06	210	1210	3	0,08	
025	1	0,2	100	3980	32	0,04	7,6
	2	0,027	254	8100	60	0,07	
	3	0,05	300	5300	205	0,77	
	4	0,027	254	8100	2900	3,32	
	5	0,027	254	8100	1100	1,26	
	6	0,04	90	4800	230	0,6	
	7	0,15	180	3180	62	0,02	
030	1	0,15	100	3980	28	0,02	1,3
	2	0,027	254	8100	448	0,51	
	3	0,027	254	8100	58	0,07	
035	1	0,027	254	8100	800	0,91	1,51
040	1	0,02	210	670	20	1,49	4,45
	2	0,02	180	1040	43	2,07	
045	1	0,02	210	580	44	3,79	7,33
	2	0,02	210	580	24	2,07	

Окончательным результатом проектирования технологических операций является маршрутная карта (приложение А), операционные карты (приложение А), а также технологические наладки, приведенные в графической части работы.

В данном разделе решен комплекс технологических задач. Среди них, выбор метода получения заготовки и ее проектирование, проектирование маршрута и плана изготовления детали, выбор средств оснащения технологического процесса и проектирование технологических операций.

### 3 Проектирование специальных средств оснащения

#### 3.1 Проектирование цанговой оправки

Анализируя результаты нормирования технологического процесса, приходим к выводу, что лимитирующей является токарная операция тонкого точения. Анализ ее структуры показал, что один из путей снижения времени ее выполнения заключается в снижении вспомогательного времени за счет применения механизированного станочного приспособления. Стандартные механизированные станочные приспособления, способные реализовать теоретическую схему базирования отсутствуют, поэтому необходимо спроектировать специальное приспособление. Исходя из принятой схемы базирования на операции, приведенной на рисунке 3 и данных [6] принимаем цанговый зажимной механизм. Для проектирования будем использовать методику и данные [6, 25].

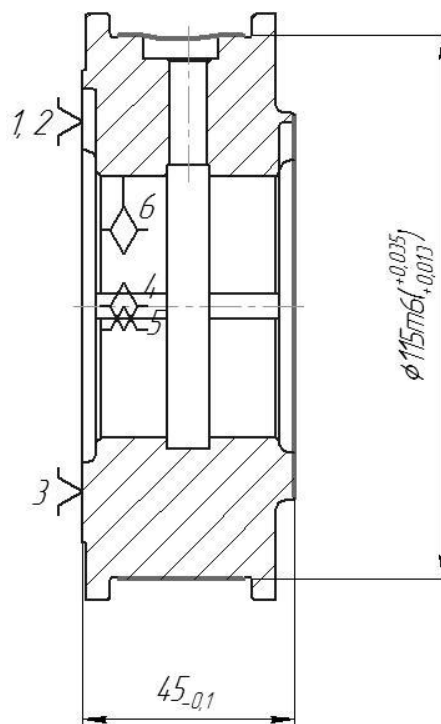


Рисунок 3 – Операционный эскиз

Исходные данные необходимые для проектирования принимаем из пункта 2 данной работы.

Методика расчета усилия закрепления основана на уравнивании моментов сил резания и закрепления. Из условия равенства данных моментов выводится уравнение для определения искомого усилия закрепления. Для решения этой задачи на рисунке 4 приведена схема закрепления заготовки на данной операции.

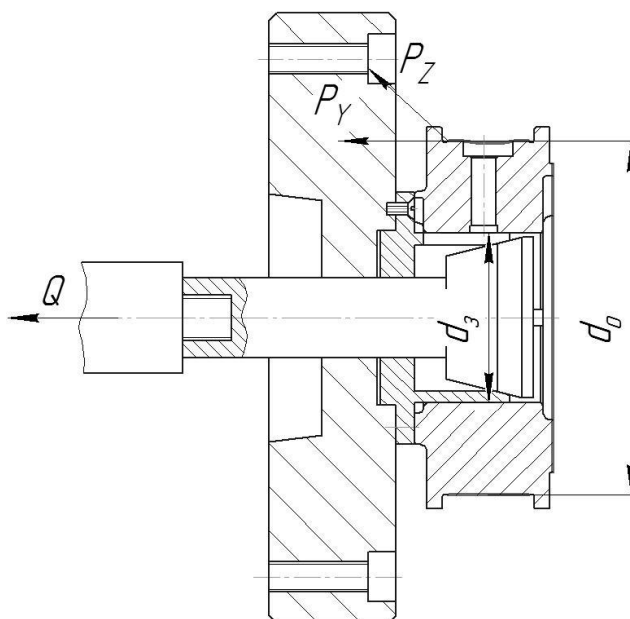


Рисунок 4 – Схема закрепления заготовки

«Уравнение момента создаваемого силой резания определяется по формуле:

$$M_{P_{P_Z}} = P_Z \cdot \frac{d_0}{2}, \quad (20)$$

где  $P_Z$  – основная составляющая силы резания, Н;

$d_0$  – максимальный обрабатываемый диаметр обработки, мм» [6].

«Основная составляющая силы резания определяется по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (21)$$

где  $C_p$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $n$  – коэффициент и показатели степеней, характеризующие фактические условия выполнения операции;

$t$  – глубина резания, мм;

$S$  – подача инструмента, мм/об;

$V$  – скорость резания, м/мин;

$K_p$  – коэффициент условий обработки» [6].

Рассчитываем основную составляющую силы резания.

$$P_Z = 10 \cdot 55 \cdot 0,2^{1,0} \cdot 0,02^{0,66} \cdot 210^0 \cdot 0,78 = 64,9 \text{ Н.}$$

«Уравнение момента создаваемого усилием закрепления определяется по формуле:

$$M_{зpz} = \frac{3 \cdot W \cdot f \cdot d_3}{2}, \quad (22)$$

где  $W$  – усилие закрепления, Н;

$f$  – коэффициент трения на поверхности контакта зажимных элементов приспособления и технологической базы;

$d_3$  – диаметр закрепления, мм» [6].

Из условия равенства уравнений (20) и (22) выводим уравнение для определения усилия закрепления:

$$\ll W = \frac{P_Z \cdot d_0}{3 \cdot f \cdot d_3} \cdot K, \quad (23)$$

где  $K$  – коэффициент, который учитывает фактические условия выполнения операции» [6].

«Коэффициента, который учитывает фактические условия выполнения операции, определяется из выражения:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (24)$$

где: « $K_0$  – гарантированный коэффициент запаса;

$K_1$  – коэффициент влияния неровностей обрабатываемой поверхности;

$K_2$  – коэффициент состояния режущего инструмента;

$K_3$  – коэффициент изменения сил резания;

$K_4$  – коэффициент колебания усилия на приводе;

$K_5$  – коэффициент эргономических характеристик зажимного механизма» [6].

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,07.$$

В случае если расчетное значение коэффициента получилось менее 2,5, то в соответствии с принятой методикой проектирования его следует принять равным 2,5.

Выполняем расчет усилия закрепления.

$$W = \frac{64,9 \cdot 115}{3 \cdot 0,2 \cdot 55} \cdot 2,5 = 566 \text{ Н.}$$

В соответствии с условием обеспечения механизации процесса закрепления, полученное значение усилия закрепления создается силовым приводом. При этом следует учесть, что усилие, создаваемое силовым приводом, отличается от расчетного усилия закрепления, так как в конструкции используется зажимной механизм.

«Величина усилия на приводе для цангового зажимного механизма определяется по формуле:

$$Q = W \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi), \quad (25)$$

где  $\alpha$  – угол наклона рабочей поверхности цанги;

$\varphi$  – угол трения рабочей поверхности цанги» [6].

$$Q = 566 \cdot \text{tg}(15^\circ + 6,5^\circ) = 223 \text{ Н.}$$

Механизацию процесса закрепления и создание усилия на приводе обеспечивает гидравлический привод. Основным элементом привода, создающим требуемое усилие – поршень, диаметр которого определяется по формуле:

$$\langle D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2}, \quad (26)$$

где  $d$  – диаметр штока, мм;

$P$  – давление масла в гидросистеме, МПа» [6].

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 223}{0,5} + 30^2} = 87 \text{ мм.}$$

Согласно принятой методике проектирования, полученное значение следует округлить до ближайшего большего стандартного, что позволит использовать в конструкции приспособления стандартные гидроцилиндры для создания требуемого усилия закрепления. В данном случае этот диаметр составляет 90 мм.

Методика определения погрешности установки заготовки в спроектированном приспособлении основана на построении его размерной схемы, по которой составляется размерная цепь и уравнение для определения погрешности. Размерная схема проектируемого приспособления приведена на рисунке 5.

Согласно представленной схеме выводим уравнение для определения погрешности установки заготовки:

$$\langle \varepsilon_y = \frac{\omega \cdot A_{\Delta}}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2}, \quad (27)$$

где  $\Delta_1$  – погрешность вызванная неперпендикулярностью выходного конца привода, мм;

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

$\Delta_3$  – колебание зазора направляющей и корпуса, мм» [6].



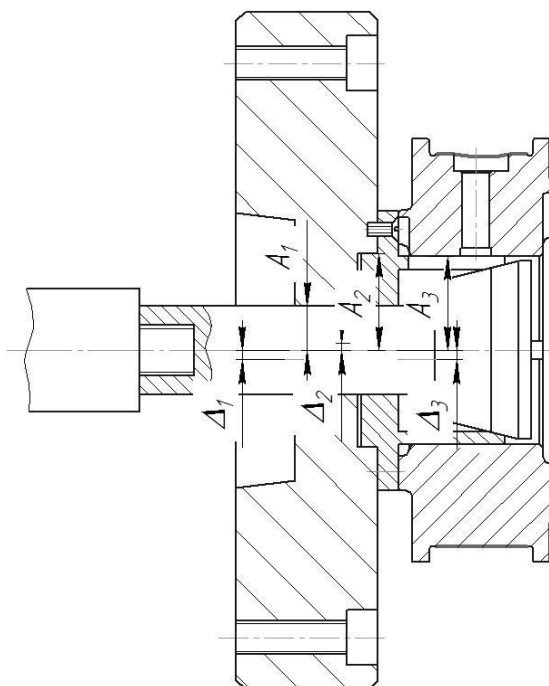


Рисунок 5 – Размерная схема проектируемого приспособления

Производим расчет погрешности установки в приспособлении.

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,010^2 + 0,006^2 + 0,010^2} = 0,006 \text{ мм.}$$

Оценка точности приспособления производится путем ее сравнения с наибольшей допустимой точностью установки в данном приспособлении, которая в данном случае составляет 0,007 мм, то есть условие выполняется и приспособление имеет требуемую точность установки.

Приспособление представляет собой цанговую оправку, состоящую из корпуса, в который устанавливается цанга, разжатие которой производится при помощи нажимного конуса, приводимого в движение плунжером прикрепленного к штоку гидроцилиндра, создающего усилие закрепления.

Принцип работы приспособления основан на преобразовании давления масла в механическую энергию. Подача масла в гидроцилиндр осуществляется через вращающуюся муфту. Принцип действия цанги основан на действии сил упругости ее лепестков. Конструкция спроектированной оправки приведена на листе графической части работы и в приложении Б.

### 3.2 Проектирование фрезы

Анализ базового технологического процесса позволил выявить следующий его недостаток. На фрезерной операции используется высокопроизводительное оборудование и соответствующий ему режущий инструмент фирмы «Сандвик». Однако, данный режущий инструмент является дорогостоящим, а стойкость его относительно невелика, что существенно удорожает данную операцию. Проведя анализ имеющихся решений [3, 26, 28], приходим к выводу, что есть два пути решения проблемы. Первый заключается в увеличении стойкости инструмента, второй в замене дорогостоящего импортного инструмента на более дешевый аналог. Первый путь в данном случае не приемлем, так как требует применения еще более дорогих инструментальных материалов, при этом технический эффект не столь значителен. Поэтому в данном случае будем реализовывать второй путь, то есть спроектируем специальный режущий инструмент для фрезерной операции. Проектирование производится по методике [12].

Исходные данные необходимые для проектирования принимаем из пункта 2 данной работы.

В качестве материала фрезы выбираем быстрорежущую сталь P12Ф2К8М3 [8]. Данный инструментальный материал изготавливается с применением метода порошковой металлургии, что определяет ее высокие физико-механические свойства, не уступающие используемому в базовом техпроцессе инструментальному материалу.

Согласно принятой методике проектирования определяем конструктивные параметры фрезы. Диаметр фрезы зависит от обрабатываемой поверхности и в данном случае принимается равным 4 мм с допуском на рабочий размер 0,015 мм. Величина допуска назначается исходя из требуемой точности обработки.

Геометрия фрезы назначается исходя из физико-механических свойств обрабатываемого материала, а также требуемых параметров точности и

шероховатости обрабатываемой поверхности. При этом также следует учесть режимы резания на операции, снижение которых недопустимо, так как это приведет к увеличению времени обработки. В соответствии с принятой методикой проектирования получаем следующие значения: число зубьев фрезы 4, задний угол  $10^\circ$ , передний угол  $12^\circ$ .

В качестве технического решения, направленного на повышение стойкости фрезы, предлагается сделать окружной шаг зубьев в торцовом сечении переменным  $90^\circ$ ,  $85^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $95^\circ$ . Это достигается путем выполнения угла наклона канавок для нечетных зубьев  $32^\circ$ , для четных  $35^\circ$ . Данное техническое решение, по данным [27], позволит увеличить стойкость инструмента до двух раз.

Конструкция фрезы представлена на листе графической части работы.

В данном разделе решены технические задачи, направленные на совершенствование технологии путем проектирования специальных средств оснащения для токарной и фрезерной операций.

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

### 4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта

В качестве технического объекта рассматривается технологический процесс изготовления подшипника опорно-упорного. Краткий перечень операций и используемых на них средств технологического оснащения приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Операции и средства технологического оснащения

Операция	Станок	Инструменты	Станочные приспособления
005 Токарная, 010 Токарная, 015 Токарная, 020 Токарная, 040 Токарная, 045 Токарная	токарный HAAS SL-10	резец контурный CCGW060202T01530F CD1810 «Sandvik», резец расточной CCGW060202T01530F CD1810 «Sandvik», резец расточной канавочный MB- 07B030-02-11R/L GC1025»Sandvik»	патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80, оправка цанговая
025 Многооперационная, 030 Многооперационная, 035 Многооперационная	вертикальный обрабатываю щий центр HAAS VF-2	сверло спиральное R840-0800- 30-A0A GC1220 «Sandvik», фреза концевая специальная Ø10 P12Ф2К8МЗ, сверло спиральное 880-D1500L20-02 GC4014 «Sandvik», концевая фреза для обработки фасок 326R08-B3502012-CH GC1025 «Sandvik», развертка 830B- E06D1800H7S12 P10R «Sandvik»	универсальная делительная головка УДГ-160 ГОСТ 8615-89, патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80

Исходя из применяемого оборудования работниками, выполняющими технологический процесс, являются операторы станков с числовым программным управлением.

## 4.2 Идентификация профессиональных рисков

Профессиональные риски определяются прежде всего характером выполняемых работ и используемыми средствами производства. Выявление рисков, возникающих при выполнении рассматриваемого технологического процесса производится согласно ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» и Приказа Минтруда № 776н «Об утверждении примерного положения о системе управления охраной труда» [4].

Источниками рисков в данном случае являются технологическое оборудование, инструмент и станочные приспособления, приведенные в таблице 5.

Проанализировав источники рисков выявляем опасные и вредные производственные факторы, действующие при выполнении технологического процесса: «действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых, сыпучих, жидких объектов на работающего, движущиеся твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего, производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека, опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека, производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума, производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей, характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации, монотонность труда, тяжесть трудового процесса, производственные факторы, связанные с электрическим током, под действие которого попадает работающий» [4].

Воздействие перечисленных опасных и вредных факторов при

выполнении технологического процесса может привести к возникновению следующих опасностей и рисков: «груз, инструмент или предмет, перемещаемый или поднимаемый, в том числе на высоту, транспортное средство, в том числе погрузчик, подвижные части машин и механизмов, воздействие на кожные покровы смазочных масел, материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру, повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума, воздействие общей вибрации, физические перегрузки, электрический ток» [4].

В ходе проведенного анализа выявлены опасные и вредные производственные факторы физического, химического и психофизиологического характера, которые приводят к возникновению соответствующих профессиональных рисков, воздействующих на операторов станков, выполняющих технологический процесс.

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

Проведем подбор методов и организационно-технических методов и технических средств защиты, частичного снижения или полного устранения опасных и вредных производственных факторов, и профессиональных рисков, выявленных ранее. Для этого будем использовать приказ Минтруда России № 771н от 29 октября 2021 г. «Об утверждении примерного перечня ежегодно реализуемых работодателем мероприятий по улучшению условий и охраны труда, ликвидации или снижению уровней профессиональных рисков либо недопущению повышения их уровней».

Мероприятия по улучшению условий и охраны труда: «издание (тиражирование) инструкций, правил (стандартов) по охране труда; устройство и содержание пешеходных дорог, тротуаров, переходов, тоннелей, галерей на территории организации в целях обеспечения безопасности работников; устройство ограждений элементов производственного оборудования, защищающих от воздействия движущихся

частей, а также разлетающихся предметов, включая наличие фиксаторов, блокировок, герметизирующих и других элементов, обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, дерматологическими средствами индивидуальной защиты; проведение специальной оценки условий труда, выявления и оценки опасностей, оценки уровней профессиональных рисков, реализация мер, разработанных по результатам их проведения; внедрение и (или) модернизация технических устройств и приспособлений, обеспечивающих защиту работников от поражения электрическим током» [4].

Методы и средства снижения профессиональных рисков: «использование современной высокопроизводительной техники; соблюдение эргономических характеристик рабочего места» [4]; «обеспечение безопасных условий труда» [4]; «соблюдение правил дорожного движения и правил перемещения транспортных средств по территории работодателя; соблюдение скоростного режима» [4]; «применение исправных транспортных средств, подача звуковых сигналов при движении и своевременное применение систем торможения» [4]; «использование блокировочных устройств, применение средств индивидуальной защиты, специальных рабочих костюмов, халатов, исключающих попадание свисающих частей одежды на быстродвижущиеся элементы производственного оборудования» [4]; «допуск к работе работника, прошедшего обучение в области охраны труда» [4]; «устройство систем удаления вредных веществ, выделяющихся в технологическом процессе, на станки и инструменты» [4]; «организация первичного и периодического обучения и инструктаж работников безопасным методам и приемам выполнения работ» [4]; «использование средств индивидуальной защиты, герметизация технологического оборудования» [4]; «применение закрытых

систем для горячих сред, установка изоляции, разделяющих защитных устройств, уменьшение площади контакта, правильное применение средств индивидуальной защиты» [4]; «применение звукоизолирующих ограждений-кожухов, кабин управления технологическим процессом, устройство звукопоглощающих облицовок и объемных поглотителей шума, использование средств индивидуальной защиты» [4]; «своевременный ремонт машин и оборудования (с балансировкой движущихся частей), проверкой крепления агрегатов к полу, фундаменту, с последующим лабораторным контролем вибрационных характеристик» [4]; «установка стационарного оборудования на отдельные фундаменты и поддерживающие конструкции зданий и сооружений, применение вибропоглощения и виброизоляции; проведение инструктажа на рабочем месте» [4]; «соблюдение основных требований эргономики, соблюдение режимов труда и отдыха» [4]; «организация рабочего места для наиболее безопасного и эффективного труда работника, исходя из физических и психических особенностей человека» [4]; «изоляция токоведущих частей электрооборудования, применение средств индивидуальной защиты, соблюдение требований охраны труда, применение ограждений, сигнальных цветов, табличек, указателей и знаков безопасности» [4].

Предлагаемые мероприятия по улучшению условий и охраны труда, а также методы и средства снижения профессиональных рисков позволят обеспечить благоприятные условия труда при выполнении рассматриваемого технологического процесса изготовления.

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

Обеспечение пожарной безопасности при выполнении технологического процесса механической обработки комплексная задача решение которой зависит от класса потенциального пожара и источников его возникновения.



В данном случае источниками возникновения пожара служит технологическое оборудование и используемые в технологическом процессе материалы и вещества, такие как смазочно-охлаждающие жидкости, масла, ветошь и другие.

При разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технологического процесса следует учесть, что по виду горючего материала возможные пожары относятся к классу D пожары, связанные с воспламенением и горением металлов.

«Основными опасными факторами возможного пожара в данном случае относятся: пламя и искры, тепловой поток, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода, снижение видимости в дыму (в задымленных пространственных зонах). Сопутствующими проявлениями опасных факторов пожара являются: образующиеся в процессе пожара осколочные фрагменты, крупногабаритные части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, транспортных средств, энергетического оборудования, технологических установок, производственного и инженерно-технического оборудования, произведенной и/или хранящейся продукции и материалов и иного имущества; вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; негативные термохимические воздействия, используемых при пожаре огнетушащих веществ, на предметы и людей» [4].

С целью обеспечения пожарной безопасности на производственном участке при выполнении рассматриваемого технологического процесса следует использовать следующие технические средства. В качестве первичных средств пожаротушения используются огнетушители: ОП-10, ОВП-10, ОВП-100, ОП-100. В качестве мобильных средств пожаротушения используется мотопомпа пожарная «Shibauga». В качестве средств пожарной автоматики применяется пожарный извещатель ИП-212-141. Пожарное

оборудование, применяемое на участке – пожарный щит класса ЩП-А. Также применяются оповещатель охранно-пожарный звуковой Маяк–220, программно-аппаратный комплекс «Стрелец–мониторинг». Следует отметить, что индивидуальные средства защиты для операторов станков не предусмотрены действующими нормативными документами.

С целью предотвращения пожара и обеспечения минимизации ущерба в случае его возникновения, осуществляются следующие мероприятия: разрабатываются инструкции по действиям персонала в случае аварийной и чрезвычайной ситуации; проводится инструктаж по пожарной безопасности. В случае возникновения ситуации, которая может привести к возникновению пожара, работники обязаны уведомить об этом непосредственного руководителя работ.

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

Экологическая безопасность технологического процесса может быть обеспечена на основе выявления негативных факторов, оказывающих антропогенное воздействие на окружающую среду при выполнении технологического процесса. В данном случае такими факторами являются выбросы в сточные воды и выбросы в землю. Выбросы в атмосферу при выполнении данного технологического процесса проявляются в виде образования незначительного количества паров смазочно-охлаждающей жидкости и абразивной пыли, поэтому данными выбросами можно пренебречь.

Сточные воды, образующиеся вследствие выполнения технологического процесса, включают в свой состав масла, смазочно-охлаждающие жидкости, смазочные материалы, частицы абразива и мелкой стружки. В качестве отходов, попадание которых возможно в землю, образуются металлический лом, стружка, мусор промышленный, отработанные масла и смазочно-охлаждающие жидкости.

Мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду, а также основные этапы процедуры по сбору, обезвреживанию, транспортировке, размещению, утилизации промышленных отходов прописаны в ГОСТ Р 53692–2009 «Национальный стандарт Российской Федерации. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы» [4].

В случае аварийной ситуации для работников и населения, находящегося в пределах воздействия вредных химических веществ необходимо применение средств индивидуальной защиты органов дыхания. В целом «возможные причины возникновения и развития аварийных ситуаций условно можно разделить на три группы: отказы оборудования, ошибочные действия работников, внешние воздействия природного и техногенного характера» [4].

В разделе проведена идентификация профессиональных рисков, действующих на работников, выполняющих рассматриваемый технологический процесс изготовления, на основе действующих нормативных документов разработаны мероприятия по снижению выявленных рисков, проведен анализ пожарной и экологической безопасности техпроцесса.

## 5 Экономическая эффективность работы

Данный раздел, являющийся завершающим разделом бакалаврской работы. Поэтому его основной целью является экономическое обоснование целесообразности предлагаемых изменений в технологический процесс изготовления детали.

Для подтверждения экономической целесообразности предложенных совершенствований, необходимо произвести расчеты ряда параметров согласно этапам алгоритму определения экономической эффективности технологических решений (рисунок 6).

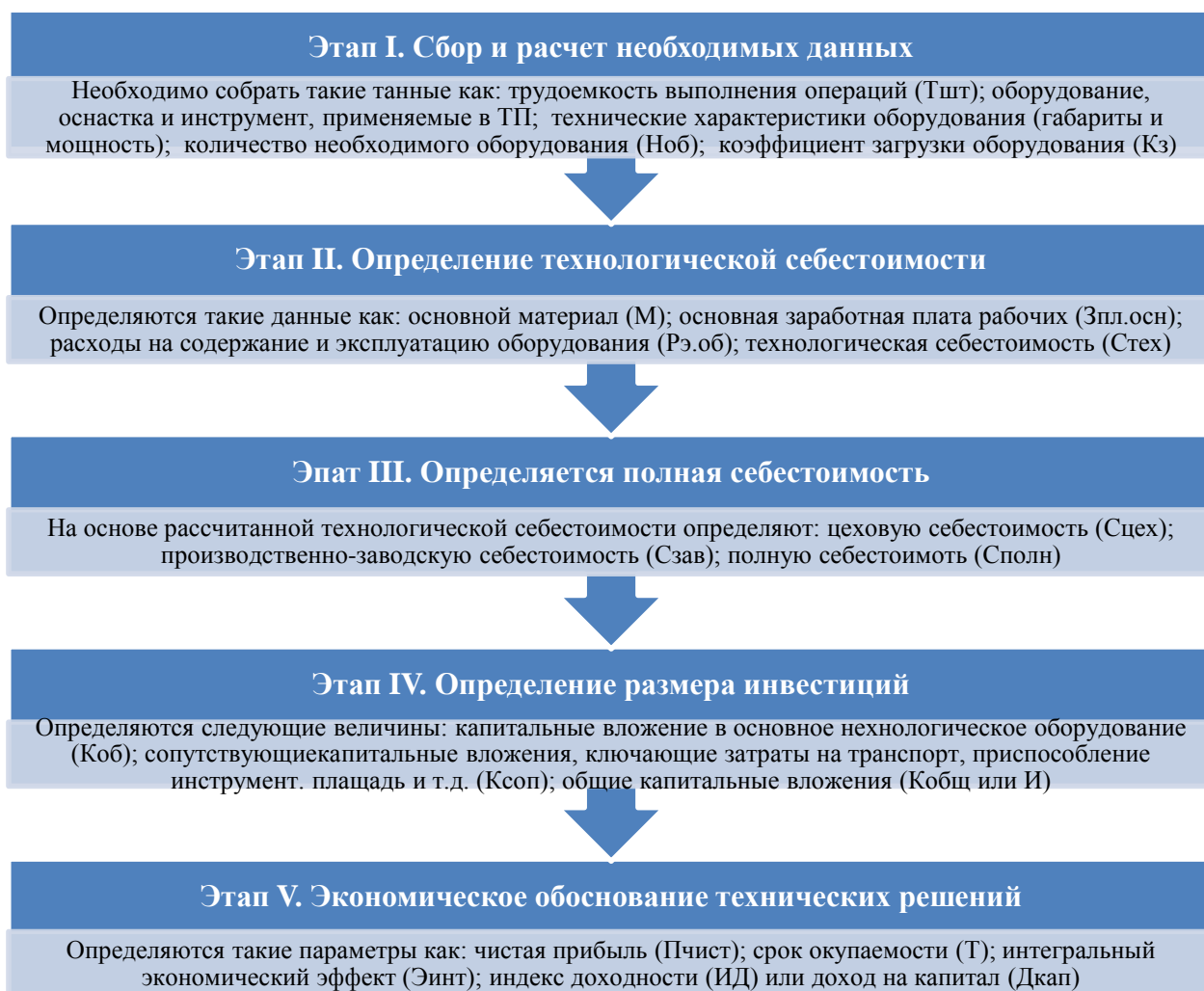


Рисунок 6 – Алгоритм определения экономической эффективности технологических решений

Как видно из рисунка 6, алгоритм предполагает выполнение пяти этапов, каждый из которых имеет обязательные расчеты ряда параметров. Подробная методика расчета этих параметров представлена в учебно-методическом пособии по выполнению экономического раздела выпускной квалификационной работы [14].

Далее согласно описанному алгоритму необходимо провести описание каждого этапа и выполнение соответствующих расчетов.

Этап I. Сбор и расчет необходимых данных. Этот этап предполагает, на основе технологического процесса и его изменений, сбор таких данных, как стоимость оборудования, оснастки и инструмента, а так же площадь и мощность данного оборудования. Кроме этого необходимо произвести расчеты по определению количества оборудования и его загрузки.

В качестве исходных данных представим краткое описание изменений технологического процесса изготовления детали в виде рисунка 7.

<p align="center"><b>Базовый вариант технологического процесса токарных операций 025 и 045</b></p>	<p align="center"><b>Проектный вариант технологического процесса токарных операций 025 и 045</b></p>
<p><b>• <u>Операция 025:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Оборудование</u> – фрезерный станок с ЧПУ, модель 6550Ф3</li> <li>• <u>Оснастка</u> – универсальная делительная головка</li> <li>• <u>Инструмент</u> – фреза концевая Ø10, P6M5</li> <li>• <u>Трудоемкость</u> – Тшт = 10,1 мин, То = 8,07 мин</li> </ul> <p><b>• <u>Операция 045:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Оборудование</u> – токарно-винторезный станок с ЧПУ, модель 16К20Ф3</li> <li>• <u>Оснастка</u> – оправка коническая</li> <li>• <u>Инструмент</u> – резец токарный контурный, ВК6М</li> <li>• <u>Трудоемкость</u> – Тшт = 9,54 мин, То = 7,68 мин</li> </ul>	<p><b>• <u>Операция 025:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Оборудование</u> – токарный станок с ЧПУ, НААС VF-2</li> <li>• <u>Оснастка</u> – универсальная делительная головка</li> <li>• <u>Инструмент</u> – фреза концевая специальная Ø10, P12Ф2К8М3</li> <li>• <u>Трудоемкость</u> – Тшт = 7,6 мин, То = 6,08 мин</li> </ul> <p><b>• <u>Операция 045:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Оборудование</u> – токарный станок с ЧПУ, НААС SL-10</li> <li>• <u>Оснастка</u> – оправка цанговая</li> <li>• <u>Инструмент</u> – резец контурный, TCEX 06T100RK-F GC1125 "Sandvik"</li> <li>• <u>Трудоемкость</u> – Тшт = 7,33 мин, То = 5,86 мин</li> </ul>

Рисунок 7 – Краткое описание изменений технологического процесса

Как видно из рисунка 7, изменениям подвергается модель оборудования и применяемый инструмент. Так как в процессе предложенного технического решения материал и способ получения заготовки не изменены, поэтому в дальнейшем, расчеты, применяемые для определения стоимости материалов, будут исключены. Это связано с тем, что в обоих вариантах расходы на материалы останутся одинаковыми и на конечный результат расчетов влияния не окажут.

Этап II. Определение технологической себестоимости. Данный этап позволяет произвести расчеты слагаемых технологической себестоимости: расходов на материал, заработную плату рабочих и операторов, социальных отчислений и расходов на содержание и эксплуатацию оборудования.

Применение необходимой методики, в совокупности с программным обеспечением Microsoft Excel, позволяет получить числовые параметры всех необходимых значений для написания соответствующих выводов, как по данному этапу, так и по всем последующим.

Результаты выполнения этапа II представлены на рисунке 8.

Анализируя рисунок 8 можно сделать вывод о том, что в проектируемом варианте все расходы представленных параметров снижаются. Такие изменения позволяют в итоге достичь уменьшения технологической себестоимости на 25,13%.

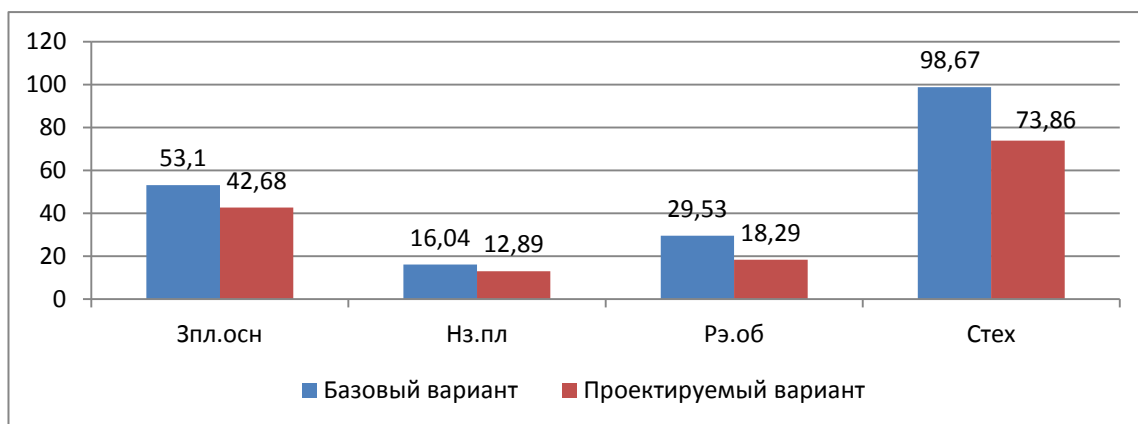


Рисунок 8 – Формирование технологической себестоимости 025 и 045 операций по вариантам, руб.

Этап III. Определение полной себестоимости. В рамках данного этапа последовательно определяются такие виды себестоимости как: цеховая, производственная и полная.

Результаты выполнения этапа III представлены на рисунке 9. Анализируя методику расчета полной себестоимости, можно сказать, что основой для ее определения является величина технологической себестоимости. Поэтому, чтобы показать связь между перечисленными видами себестоимости, на этом рисунке представлены все их виды.

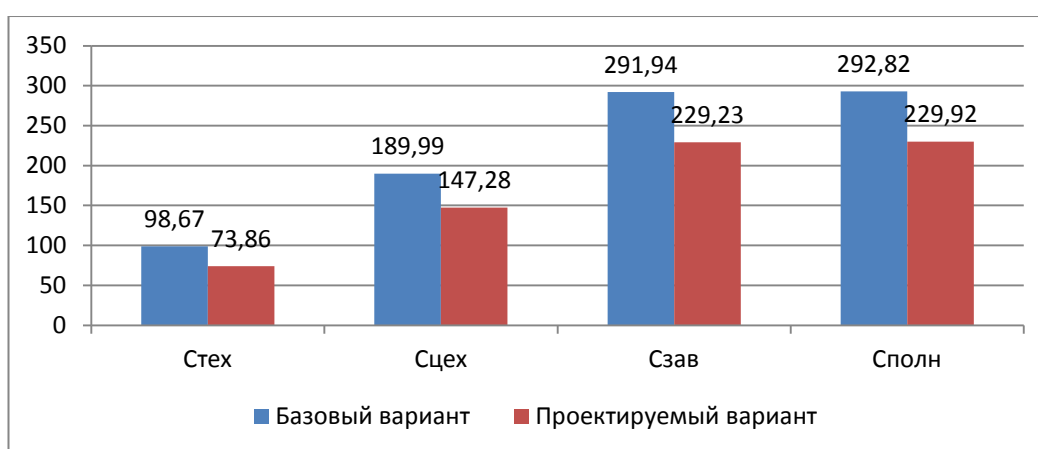


Рисунок 9 – Формирование полной себестоимости 025 и 045 операций по вариантам, руб.

Как видно из рисунка 9, все значения в проектируемом варианте, также имеют тенденцию к снижению. Так полная себестоимость 025 и 045 операций проектируемого процесса уменьшилась на 62,9 рубля, что составляет 21,5%.

Этап IV. Определение инвестиций. Этот этап позволяет определить необходимый объем инвестиций, который потребуется для осуществления предложенных совершенствований технологического процесса.

Результаты выполнения этапа IV представлены на рисунке 10.

Как видно из рисунка 10, инвестиции потребуются на: закупку оборудования ( $K_{OB}$ ); доставку и монтаж оборудования ( $K_M$ ); проектирование ( $Z_{ПР}$ ), приспособление ( $K_{ПР}$ ), инструмент ( $K_{И}$ ), производственную площадь

( $K_{Э.пл}$ ), корректировку управляющей программы ( $K_A$ ) и незавершенное производство ( $НЗП$ ). Учитывая размеры перечисленных параметров, общий объем инвестиций ( $I$ ) составит 1372525,77 рубля.

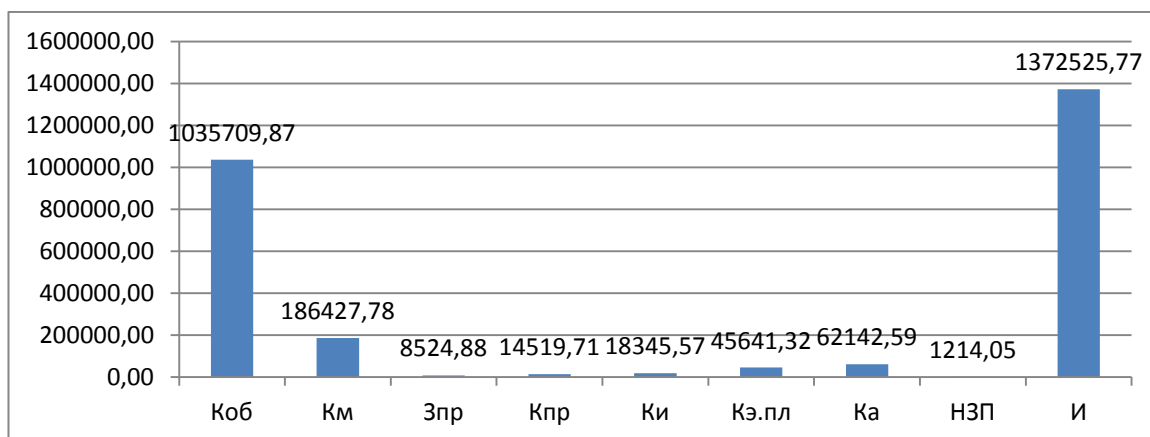


Рисунок 10 – Формирование размера инвестиций на выполнение измененных 025 и 045 операций, руб.

Этап V. Экономическое обоснование изменений технологического процесса. На данном этапе выполняются все необходимые расчеты, связанные с определением срока окупаемости инвестиций и прибыльности предлагаемых технических решений.

Из всех перечисленных параметров данного этапа, описанных в рисунке 6 (алгоритм определения экономической эффективности технологических решений), наибольший интерес для итоговых выводов представляют величина интегрального экономического эффекта. Согласно проведенным расчетам, с учетом размера прибыли на заданную программу выпуска и размера инвестиций, интегральный экономический эффект составит 54932,06 рубля при сроке окупаемости 4 года. Данная величина является положительной, что подтверждает целесообразность финансовых вложений в предложенное техническое решение.

В данном разделе произведены расчеты экономических показателей спроектированного техпроцесса, отражающие результаты проектирования и предлагаемых технических изменений.



## Заключение

Результатом выполнения выпускной квалификационной работы стал технологический процесс изготовления подшипника опорно-упорного, который в условиях среднесерийного типа производства обеспечит выпуск заданного количества деталей с минимальными затратами при условии обеспечения необходимого качества изготовления в установленные сроки.

В ходе работы был произведен анализ функций и условий эксплуатации детали, а также анализ детали на технологичность. В результате были выявлены основные эксплуатационные и конструктивные особенности детали, определен тип производства и его основные характеристики, что позволило сформулировать основные задачи работы, которые в дальнейшем были успешно решены.

Сначала решен комплекс технологических задач. Среди них, выбор метода получения заготовки и ее проектирование, проектирование маршрута и плана изготовления детали, выбор средств оснащения технологического процесса и проектирование технологических операций. Следует отметить, что в ходе решения данных задач применялись типовые решения. Такой подход соответствует среднесерийному типу производства и позволяет получить более качественные технологические решения.

Далее решены технические задачи, направленные на совершенствование технологии путем проектирования специальных средств оснащения для токарной и фрезерной операций, которые позволили повысить их техническую эффективность.

Затем решены задачи, связанные с обеспечением производственной, экологической и пожарной безопасности при выполнении спроектированного технологического процесса.

В заключении произведены расчеты экономических показателей спроектированного техпроцесса, отражающие результаты проектирования и предлагаемых технических изменений.

## Список используемых источников

1. Балла О.М. Технологии и оборудование современного машиностроения : учебник / О.М. Балла. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 392 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143241> (дата обращения: 12.04.2022).
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: 10.03.2022).
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. 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: 15.05.2022).
5. 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: 06.04.2022).
6. Зубарев Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении : учебник / Ю.М. Зубарев. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. – 320 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/61360> (дата обращения: 29.04.2022).
7. 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: 06.04.2021).

8. Игнаткина В.А. Современные методы металлургии, машиностроения и материаловедения : технология минерального сырья : лабораторный практикум / В.А. Игнаткина, В.А. Бочаров. - Москва : Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2019. - 66 с. [Электронный ресурс]. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1245421> (дата обращения: 27.03.2022).

9. Каталог продукции «haascnc». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.int.haascnc.com> (дата обращения: 14.04.2022).

10. Каталог продукции «Sandvik coromant». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sandvik.coromant.com> (дата обращения: 14.04.2022).

11. Клепиков В.В. Технологическая оснастка: станочные приспособления: учеб. пособие / В.В. Клепиков. – Москва. : ИНФРА-М, 2019. – 345 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/765631> (дата обращения: 20.04.2022).

12. 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: 29.04.2022).

13. 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: 16.04.2021).

14. 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: 17.05.2022).

15. 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: 10.04.2022).

16. Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. – 782с.

17. Меринов В.П. Технология изготовления деталей: курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по специальности "Технология машиностроения" направления подготовки "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / В.П. Меринов, А.М. Козлов, А.Г. Схиртладзе ; 4-е изд., перераб. и доп. - гриф МО. - Старый Оскол. : ТНТ, 2015. – 263 с.

18. 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: 29.04.2022).

19. 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: 08.04.2022).

20. 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: 14.04.2022).

21. 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: 28.04.2022).

22.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.

23.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.

24.Технологии машиностроения: выпускная квалификационная работа для бакалавров: учеб. пособие / Н.М. Султан-заде [и др.]. – Москва. : ФОРУМ, 2016. – 287 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://znanium.com/catalog/product/515097> (дата обращения: 08.04.2022).

25.Chryssolouris, George. Manufacturing Systems: Theory and Practice. George Chryssolouris – Patras: Publishing University of Patras, 2005. – 603 page.

26.Integrated processing of ferriferous materials in blank production for mechanical engineering facilities. Predein V., Popov A., Komarov O., Zhilin S. // E3S WEB OF CONFERENCES. VIII International Scientific Conference “Problems of Complex Development of Georesources” (PCDG 2020). – 2020. С. 02009.

27.Morgan J. Multi-sensor process analysis and performance characterisation in CNC turning –a cyber physical system approach / J Morgan, E. Garret, O. Donnell. // Int J Adv Manuf Technol. – 2017. V.92. P. 855-868.

28.Nageswaran T.A. Investigation of a modified cutting insert using lubricating cooling liquid for machining of structural steels / T. A. Nageswaran, T. Benoa, A. Wretlandb. // Elesivier. – 2016. V.42. P. 481-486.

29.Swic A. Method of control of machining accuracy of low-rigidity elastic-deformable shafts / A. Swic, D. Dariusz, G. Litak. // Elesivier. – 2014. V.26. P. 357-365.



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа														
						Б	Код, наименование обработки	СМ	проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт		
0 19					Точить поверхности и торцы 1 2 6 8 9 10 13 16 26 27 в размеры $\phi 124_{0,16}$ , $\phi 116,2_{0,14}$ , $\phi 82_{0,14}$															
020					$\phi 62_{0,14}$ , $45,66_{0,25}$ , $42,33_{0,25}$ , $41,33_{0,25}$ , $36,33_{0,25}$ , $6,33_{0,15}$															
T21					396171 Оправка цанговая; 392190 Резец контурный CCGW060202T01530F CD1810 "Sandvik", 392190															
T 22					Резец расточной CCGW060202T01530F CD1810 "Sandvik", 393311 Штангенциркуль ШЦ-3 ГОСТ166-89															
T 23					393450 Нутромер НМ-80 ГОСТ10-88															
24																				
A 25					XX XX XX 015 410 Токарная															
Б 26					381101 Токарный Haas SL-10	3	18217	422	1P	1	1	1	1200	1						162
0 27					Точить поверхности и торцы 4, 19, 23, 24 в размеры $\phi 54,738_{0,040}$ , $45,41_{0,1}$ , $42,08_{0,1}$ , $1_{0,01}$															
T28					396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80; 392190 Резец контурный CCEТ 06 02 01-UM GC1125															
T29					"Sandvik", 392190 Резец расточной CCEТ 06 02 01-UM GC1125 "Sandvik", 393610 Калибр, 393450															
T30					Нутромер НМ-80 ГОСТ10-88															
31																				
A32					XX XX XX 020 410 Токарная															
Б33					381101 Токарный Haas SL-10	3	18217	422	1P	1	1	1	1200	1						216
034					Точить поверхности и торцы 1 3, 7, 11 12 13, 14, 15, 26, 27 в размеры $\phi 115,4_{0,054}$ , $45,16_{0,1}$ , $42,16_{0,1}$															
035					$40,16_{0,1}$ , $9,16_{0,058}$															
T36					396171 Оправка цанговая; 392190 Резец контурный CCEТ 06 02 01-UM GC1125 "Sandvik", 392190															
T37					Резец расточной CCEТ 06 02 01-UM GC1125 "Sandvik", 393610 Калибр, 393123 Скоба рычажная CP															
T 38					ГОСТ11098-75															
39																				
A 40					XX XX XX 025 4268 Многооперационная															
Б41					381631 Обрабатывающий центр Haas VF-2 3 18632 422 1P	1	1	1	1	1	1	1200	1							76
МК																				





Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции	Обозначение документа										
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кум	Тноз	Тум
Б	Код наименования оборудования					СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кум	Тноз	Тум
465	XX XX XX	040	4110	Токарная												
666	381101	Токарный	Haas	SL-10	3	18217	422	1P	1	1	1	1200	1			7,33
0 67	Точить поверхности и торцы 4, 19, 23 в размеры $\phi 55^{+0,035}$ , 45,08 <sub>0,1</sub>															
T 68	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80; 392190 Резец контурный TCEX 06 T1 00R/L-F GC1125															
T 69	"Sandvik", 392190 Резец расточной TCEX 06 T1 00R/L-F GC1125 "Sandvik", 393450 Нундрмер HM-80															
T70	ГОСТ10-88.															
71																
472	XX XX XX	045	4110	Токарная												
673	381101	Токарный	Haas	SL-10	3	18217	422	1P	1	1	1	1200	1			7,33
074	Точить поверхности и торцы 1, 13 в размеры $\phi 115^{+0,035}$ , 45 <sub>0,1</sub>															
T75	396171 Оправка цанговая; 392190 Резец контурный TCEX 06 T1 00R/L-F GC1125 "Sandvik",															
T76	393123 Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75.															
77																
478	XX XX XX	050		Маячная												
79																
4 80	XX XX XX	055		Контрольная												
81																
82																
83																
84																
85																
86																
87																
МК																



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2116-82										Форм 1		
Дубл.												
Взам.												
Подп.												
Разраб.	Гребенкина			ТГУ								
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП								
Н.контр.	Козлов			Подшипник				Цех	Уч.	Р.М.	Опер.	025
Наименование операции		Материал		Твердость	EB	MD	Профиль и размеры		МЗ	КОИД		
Многооперационная		БрФ7-0,2 ГОСТ 5017-2006		HB 65	166	248	φ12,5x4,95		4,69	1		
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		т <sub>0</sub>	т <sub>б</sub>	т <sub>г</sub>	т <sub>шп</sub>	СОЖ				
Haas VF-2				6,08			7,6	Ужидол-1				
				пм	д или в	l	f	i	s	п	v	
01	1. Установить заготовку											
Т <sub>02</sub>	396190 Универсальная делительная головка УДГ-160 ГОСТ 8615-89; 391263 Сверло спиральное R840-											
Т <sub>03</sub>	0800-30-A0A GC1220 "Sandvik"; 391801 Фреза концевая специальная φ10 P12Ф2К8МБ; 391263 Сверло											
О <sub>04</sub>	спиральное 880-D1500L20-02 GC4014 "Sandvik"; 391882 Концевая фреза для обработки фасок											
О <sub>05</sub>	326R08-B3502012-CN GC1025 "Sandvik"; 391701 Развертка 830B-E06D1800H7S12 P10R "Sandvik"; 393311											
О <sub>06</sub>	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89; 393610 Калибр; 393123 Скоба рычажная ЦР ГОСТ 11098-75											
О <sub>07</sub>	2. Обрабатывать поверхности 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58,											
О <sub>08</sub>	59, 60, 61 выдерживая размеры согласно эскиза.											
Р <sub>09</sub>		1				4,0		0,11	3980	100		
Р <sub>10</sub>		2				5,0		0,108	8100	254		
Р <sub>11</sub>		3				7,5		0,05	5300	300		

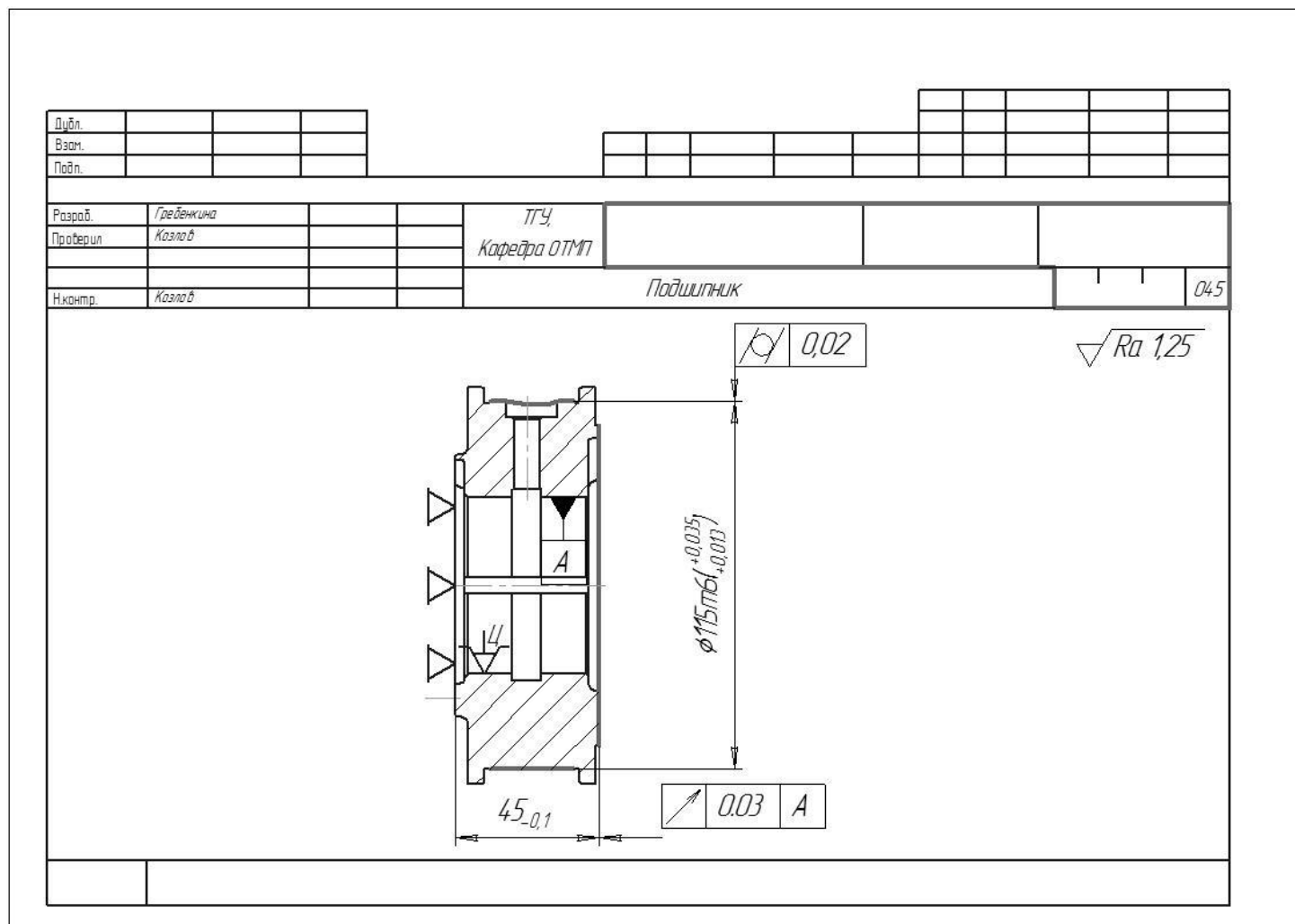
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3118-82										Формат			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	Гребенкина			ТГУ									
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП									
Н.контр.	Козлов			Подшипник						Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал			Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД	
Многооперационная		Бр0Ф7-0.2 ГОСТ 5017-2006			НВ 65	166	248	Ø127,5x49,5			4,69	1	
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы			то	тб	твз	тшт	сож				
Haas VF-2					3,12			3,49	Украина-1				
		пн	д или в	l	t	i	s	п	v				
P <sub>12</sub>		4			5,0		0,108	8100	254				
P <sub>9</sub>		5			2,5		0,108	8100	254				
P <sub>14</sub>		6			1,0		0,08	4800	90				
P <sub>15</sub>		7			0,1		0,90	3180	180				
3	3. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.												
17													
18													
19													
20													
21													
22													

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

										ГОСТ 2.116-82		Форм 1			
Дубл.															
Взам.															
Подп.															
Разраб.	<i>Гребенкина</i>			<i>ТГУ</i>											
Проверил	<i>Козлов</i>			<i>Кафедра ОТМТ</i>											
Н.контр.	<i>Козлов</i>									Цех	Уч.	Р.М.	Опер.		
Наименование операции		Материал		Твердость	EB	MD	Профиль и размеры		МЗ	КОИД					
<i>Токарная</i>		<i>БрФ7-02 ГОСТ 5017-2006</i>		<i>HB 65</i>	<i>166</i>	<i>248</i>	<i>Ø127,5x4,95</i>		<i>4,69</i>	<i>1</i>					
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		та	тв	тгв	тип	СОХ							
<i>Haas SL-10</i>				<i>5,86</i>			<i>7,33</i>	<i>Укринол-1</i>							
		пи	д или в	L	f	i	s	п	v						
<i>01</i>	<i>1. Установить заготовку</i>														
<i>Т.02</i>	<i>396171 Оправка цанговая; 392190 Резец контурный TCEX 06 T1 00R/L-F GC1125 "Sandvik".</i>														
<i>03</i>	<i>2. Точить поверхности и торцы 1, 13 выдерживая размеры согласно эскиза.</i>														
<i>Р.04</i>		<i>1</i>				<i>0,2</i>		<i>0,02</i>	<i>580</i>	<i>210</i>					
<i>Р.05</i>		<i>2</i>				<i>0,2</i>		<i>0,02</i>	<i>580</i>	<i>210</i>					
<i>06</i>	<i>3. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.</i>														
<i>07</i>															
<i>08</i>															
<i>09</i>															
<i>10</i>															
<i>11</i>															



