



## Аннотация

В данной работе проектируется технологический процесс изготовления крышки привода ДР-30. Цель выполнения работы заключается в разработке технологии изготовления крышки, обеспечивающей выпуск годовой программы качественных деталей с минимальной стоимостью изготовления.

В пояснительную записку входят пять основных разделов, каждый из которых посвящен решению задач, направленных на достижения цели работы. В первом разделе рассмотрены имеющиеся исходные данные, проведен их критический анализ, выявлены характеристики типа производства и поставлены задачи работы. Во втором разделе разработана технология изготовления детали. Для этого решены задачи выбора метода получения и проектирования заготовки. Проведено проектирование плана изготовления детали на основе типового технологического маршрута. Исходя из типа производства выбрано технологическое оборудование, технологическая оснастка, металлорежущие инструменты и средства контроля. Определены режимы резания и проведено нормирование технологических операций, и проведено их проектирование. Разработана соответствующая технологическая документация. В третьем разделе проведено совершенствование технологического процесса путем проектирования приспособления для закрепления заготовки на фрезерной операции и проходной резец для токарной операции. В четвертом разделе рассмотрены вопросы обеспечения производственной безопасности при выполнении технологического процесса и его влияния на окружающую среду. Предложены мероприятия по устранению выявленных недостатков. В пятом разделе рассчитаны экономические показатели предлагаемой технологии изготовления с учетом мероприятий по ее совершенствованию.

Работа состоит из пояснительной записки и графической части. Графическая часть состоит из 8 листов формата А1. Пояснительная записка состоит из 63 страниц, в том числе приложений.

## 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 .....	10
2 Разработка технологии изготовления .....	11
2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки .....	11
2.2 Разработка плана изготовления детали.....	20
2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки.....	21
2.4 Проектирование операций технологического процесса .....	24
3 Разработка специальной технологической оснастки .....	28
3.1 Разработка фрезерного приспособления .....	28
3.2 Разработка токарного резца.....	34
4 Безопасность и экологичность технического объекта .....	36
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта .....	36
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	37
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	39
4.4 Обеспечение экологической безопасности технического объекта .....	42
5 Экономическая эффективность работы .....	44
Заключение .....	48
Список используемых источников.....	49
Приложение А Технологическая документация.....	52
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам .....	61

## Введение

Судовые дизельные двигатели представляют собой технически сложные агрегаты, состоящие из множества узлов различного назначения. Современные двигатели отличаются большими величинами крутящих моментов, высокими показателями коэффициента полезного действия и большой удельной мощностью. Для достижения таких показателей конструкторы вынуждены облегчать конструкцию и часто прибегают к применению систем наддува. Такие решения приводят к повышению рабочих температур и более интенсивному теплообмену, что может привести к изменению геометрии деталей двигателя и выходу его из строя. Решение данной проблемы традиционно производится путем применения системы охлаждения. Наиболее эффективно для двигателей данного класса показали себя системы охлаждения, имеющие отдельный привод помпы.

Рассматриваемый в работе привод ДР-30 используется в качестве привода помпы охлаждения судового дизельного двигателя. Данный привод является типичным представителем агрегатов своего класса. Основным требованием к нему является надежность. Это объясняется его служебным назначением, так как выход привода из строя неизбежно приведет к перегреву двигателя и возможному выходу из строя.

Как известно из теории [10], обеспечение требований по надежности закладывается на стадии изготовления путем обеспечения заложенных конструктором характеристик. При этом проектируемый технологический процесс должен обеспечить минимально возможную стоимость изготовления всей производственной программы в имеющихся производственных условиях.

Из сказанного следует, что цель выполнения работы можно сформулировать следующим образом. Разработать технологию изготовления крышки привода ДР-30, обеспечивающую выпуск годовой программы качественных деталей с минимальной стоимостью изготовления.

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

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

Функциональное назначение крышки заключается в установке в ней опорного подшипника входного вала привода, корпуса регулировочного устройства, фланца муфты электродвигателя, штуцеров системы смазки и охлаждения и уплотнений.

Крышка монтируется в корпус привода. В отверстие крышки вставляется опорный подшипник и корпус регулировочного устройства, которое предназначено для регулировки положения подшипника в осевом направлении. С другой стороны при помощи ленточного многозвенного хомута к крышке присоединяется фланец муфты. Для смазки и охлаждения подшипника и механизма регулировки во время работы к крышке крепятся штуцеры подвода масла и уплотнительные кольца для обеспечения герметичности всего узла.

Воздействие внешней среды на крышку зависит от условий использования оборудования. Внутренний микроклимат помещения, где размещены судовые агрегаты, может существенно изменяться в зависимости от изменяющихся внешних климатических факторов. Влияние других внешних факторов, таких как, горюче-смазочные материалы, охлаждающие жидкости, пыль и ряд других, может быть существенным и сильно зависит от условий эксплуатации. В наихудшем случае данные условия могут быть очень агрессивными и приведут к повышенному износу выступающих поверхностей крышки и их повреждению. Рабочие нагрузки, воздействующие на крышку, незначительные, однако возможно воздействие вибраций и ударных нагрузок, возникновение которых объясняется особенностью работы привода в составе судового двигателя и условиями его эксплуатации. В случае необходимости работы привода на предельных

скоростях возможно появление износа поверхностей контактирующих с механизмом регулирования и опорным подшипником. Также в данном случае возможно резкое увеличение температуры, что должна компенсировать система смазки. Как правило, температурный режим не выходит за расчетные значения.

Из проведенного анализа можно сделать вывод, что деталь соответствует своему служебному назначению. Условия работы крышки можно охарактеризовать как сложные с активным воздействием температурных факторов.

## **1.2 Анализ технологических показателей детали**

Технологические показатели детали характеризуют степень ее пригодности к выполнению служебного назначения и пригодности к производству. Проведение анализа технологических показателей детали будем проводить по критериям [17].

Первый критерий это технологичность материала детали. Крышка изготавливается из чугуна СЧ-35 ГОСТ 1412-85. «Химический состав чугуна: 2,9–3,0% углерода, 0,12% серы, 0,2% фосфора, 1,2–1,5% кремния, 0,7–1,1% марганца. Предел прочности в состоянии поставки до 310 МПа» [7]. Анализ химического состава и физико-механических свойств, позволяют следующие выводы относительно характеристик данного материала. Механические характеристики выбранного для изготовления детали материала обеспечивают нормальную эксплуатацию во всех диапазонах рабочих скоростей и нагрузок. Материал обладает хорошими литейными свойствами. При этом материал нельзя подвергать обработке давлением. Значит, для получения заготовки можно использовать методы литья, которые являются достаточно производительными и при определенных условиях экономичными. Из приведенных соображений по первому критерию деталь следует признать технологичной.

Второй критерий это технологичность конструкции детали. Конфигурация детали образована плоскостями и поверхностями вращения, при этом имеется центральное ступенчатое отверстие. В конструкции детали применены стандартизированные конструкторские элементы, такие как, фаски, пазы и канавки. Размеры и их точность, а также характеристики поверхностей приняты в соответствии со стандартами. Еще одним важным показателем для определения технологичности конструкции детали является количество ответственных поверхностей, к которым предъявляются жесткие требования по характеристикам. Для выявления данных поверхностей необходимо классифицировать все поверхности детали по назначению. Сначала разработаем эскиз детали и пронумеруем на нем все ее поверхности (рисунок 1). По данным [16] классифицируем все поверхности по их назначению.

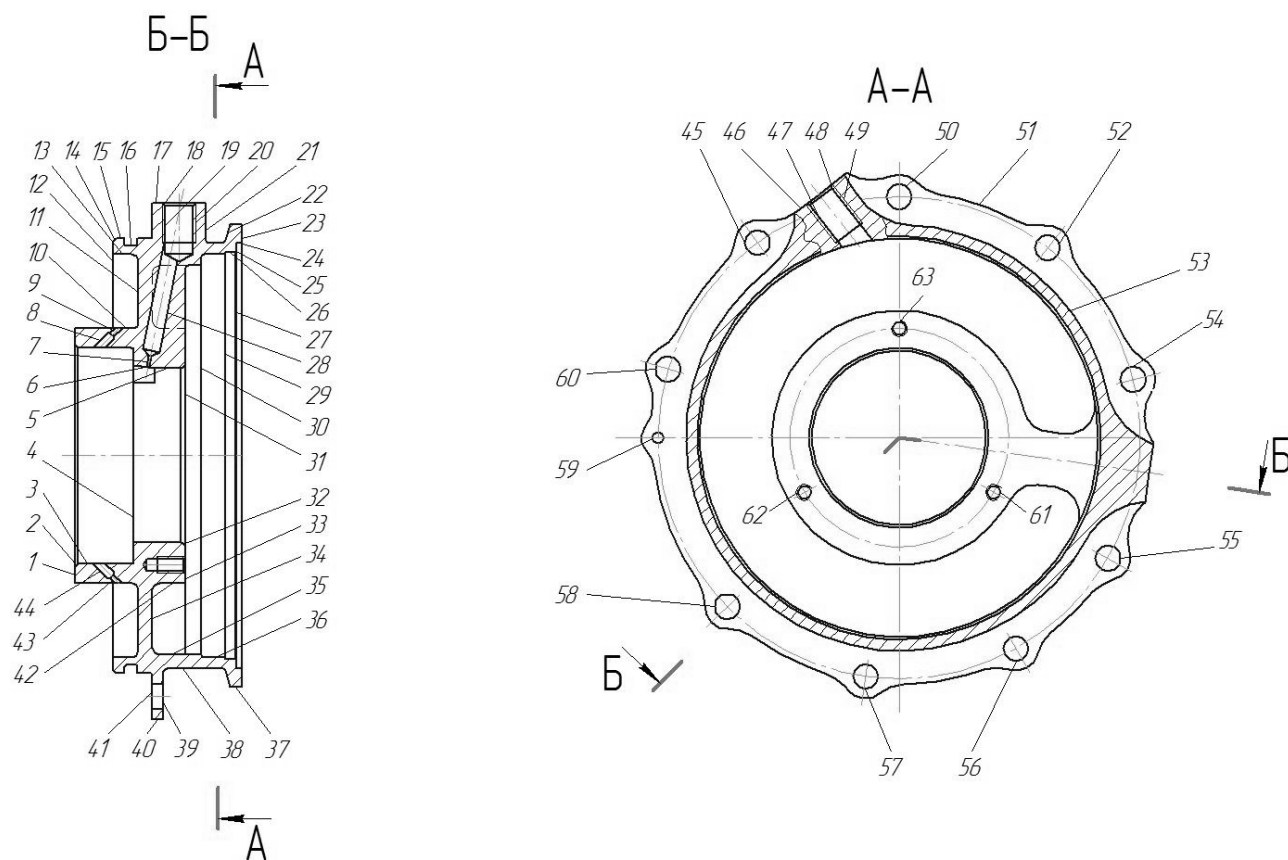


Рисунок 1 – Эскиз крышки

«Основными конструкторскими базами крышки являются поверхности 15, 41. Вспомогательными конструкторскими базами являются поверхности 1, 3, 5, 8, 15, 16, 22, 24, 25, 26, 31, 41, 44, 45, 46, 50, 52, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60. Исполнительными поверхностями являются 1, 3, 5, 19, 47. К свободным относятся все оставшиеся поверхности» [10]. Как видно из данной классификации, количество ответственных поверхностей составляет значительную часть от общего количества поверхностей, что скажется на количестве точных операций, необходимых для их обработки.

Для получения поверхностей детали, исходя из вышесказанного, достаточно применять типовые методы обработки. А для проведения контроля стандартные средства измерений и диагностики. Из приведенных соображений по второму критерию деталь следует признать технологичной.

Третий критерий это технологичность механической обработки детали. Обработка детали, исходя из ее особенностей, может производиться по типовому маршруту обработки. Базирование детали может быть реализовано на основе типовых схем при помощи явных технологических баз в виде внутренних и наружных поверхностей. Это позволит использовать в качестве средств оснащения стандартные станочные приспособления и гарантированно соблюсти принципы базирования, что необходимо для снижения припусков на обработку. Механическая обработка всех поверхностей, не зависимо от их точности, может быть реализована стандартными методами обработки на серийном оборудовании с применением универсального и стандартизированного режущего инструмента. Из этого следует, что по третьему критерию деталь следует признать технологичной.

Анализ по всем трем группам критериям показал, что рассматриваемая крышка имеет технологические показатели соответствующие всем основным требованиям и может считаться технологичной деталью.



### 1.3 Анализ типа производства

Анализ тип производства позволит более подробно рассмотреть его особенности и определить дальнейшее направление в проектировании.

На первом этапе необходимо определить серийность производства исходя из имеющихся исходных данных. В данном случае для этого подходит методика [17] согласно которой при годовой программе выпуска 7000 штук в год детали массой 2,48 кг тип производства соответствует среднесерийному.

Следующим этапом выявляем особенности данного типа производства по данным [17]. Технологический процесс при среднесерийном типе производства имеет не поточную форму организации с последовательной стратегией проектирования и проектированием на основе типового техпроцесса. Методы обработки поверхностей и их последовательность назначаются из условия обеспечения минимума суммарного коэффициента удельных затрат. Маршрут обработки проектируется исходя из принципов экстенсивной или интенсивной концентрации операций, в зависимости от используемого оборудования и особенностей конструкции детали. Результат проектирования технологического процесса оформляется в виде маршрутной карты. Технологические припуски назначаются в зависимости от требуемой точности обработки по переходам. Для точных и ответственных поверхностей используется расчетно-аналитический метод, а для остальных опытно-статистический. Точность исполнения размеров обеспечивается работой на настроенном оборудовании. Технологические операции строятся на основе максимальной концентрации переходов. Режимы резания на выполнение операций и их нормирование определяются по нормативам и эмпирическим формулам. Базирование заготовок осуществляется с учетом принципов постоянства баз и единства баз на основе типовых схем базирования, что позволяет сократить величину припусков на обработку и использовать для их реализации универсальную станочную оснастку. В

случае обоснованной необходимости допускается использование специальной станочной оснастки. Оборудование на технологических операциях должно реализовывать схему операции, быть гибким, отвечать требованиям универсальности и желательно оснащенным числовым программным управлением. Металлорежущий инструмент используется универсальный, стандартизированный. В случае обоснованной необходимости допускается использование специального металлорежущего инструмента. Контрольные средства должны быть универсальными, желательно с абсолютным отсчетом значений. Результат проектирования технологических операций оформляется в виде операционных карт и карт эскизов.

#### **1.4 Задачи работы**

Основываясь на проведенном анализе, сформулируем задачи, которые необходимо решить в ходе выполнения работы. Необходимо решить задачи выбора метода получения и проектирования заготовки. Исходя из полученной заготовки, провести проектирование плана изготовления детали на основе типового технологического маршрута. Далее выбрать технологическое оборудование, технологическую оснастку, металлорежущие инструменты и средства контроля. Определить режимы резания и выполнить нормирование технологических операций, провести их проектирование. Провести совершенствование технологического процесса путем устранения технических недостатков базовой технологии. Рассмотреть вопросы производственной безопасности технологического процесса и его влияния на окружающую среду. В заключении необходимо рассчитать экономические показатели предлагаемой технологии изготовления.

При выполнении данного раздела рассмотрены имеющиеся исходные данные, проведен их критический анализ, выявлены характеристики типа производства и поставлены задачи работы.

## 2 Разработка технологии изготовления

### 2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки

Решение многовариантной задачи выбора заготовки проводится с учетом свойства материала детали, серийности производства, технологические возможности производства и ряда других. В целях упрощения решения задачи при выборе метода получения заготовки воспользуемся рекомендациями [5]. В результате приходим к выводу, что для данной детали наиболее эффективными являются методы отливки в земляные формы или отливки в кокиль. Данные методы имеют практические одинаковые технические показатели в условиях среднесерийного производства, поэтому выбор конкретного метода производится при помощи сравнения их экономических показателей. Для этого необходимо определить общие затраты на получение детали из заготовки полученной соответствующим методом при помощи методики [5]. «Данные затраты рассчитываются по формуле:

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

где  $C_{ЗАГ}$  – стоимость получения одного кг заготовок, руб.;

$Q$  – масса заготовки, кг;

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

$q$  – масса детали, кг;

$C_{ОТХ}$  – стоимость одного кг стружки, руб.» [5]

«Стоимость получения одного кг заготовок рассчитывается по формуле:

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

где  $i$  – индекс варианта получения отливки;

$C_{OT}$  – 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» [5].

Индекс вариант получения заготовки принимаем 1 для литья в землю, 2 для литья в кокиль.

Проводим расчеты по формуле (2).

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

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

«Масса детали рассчитывается по формуле:

$$q = V \cdot \rho, \quad (3)$$

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

$\rho$  – плотность материала детали, кг/см<sup>3</sup>» [5].

$$q = \frac{\pi}{4} \left( (0,091^2 \cdot 0,025 + 0,155^2 \cdot 0,014 + 0,188^2 \cdot 0,004 + 0,152^2 \times \right. \\ \left. \times 0,235 + 0,165^2 \cdot 0,0045 - 0,09^2 \cdot 0,0183) - 0,077^2 \cdot 0,021 - \right. \\ \left. - 0,062^2 \cdot 0,183 - 0,144^2 \cdot 0,0118 - 0,145^2 \cdot 0,0202 \right) \cdot 0,74 = 2,48 \text{ кг.}$$

«Масса заготовки рассчитывается по формуле:

$$Q_i = q \cdot K_P, \quad (4)$$

где  $K_P$  – коэффициент метода получения и формы заготовки» [5].

$$Q_1 = 2,48 \cdot 1,6 = 3,97 \text{ кг.}$$

$$Q_2 = 2,48 \cdot 1,5 = 3,72 \text{ кг.}$$

«Стоимость механической обработки рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{МЕХ } i} = C_C + E_H \cdot C_K, \quad (5)$$

где  $C_C$  – приведенные затраты, руб.;

$C_K$  – приведенные капитальные вложения, руб.;

$E_H$  – коэффициент эффективности капитальных вложений» [5].

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

Общие затраты по формуле (1) составят.

$$\begin{aligned} C_{T1} &= 3,97 \cdot 15,63 + 4,6 \cdot (3,97 - 2,48) - 1,4 \cdot (3,97 - 2,48) = \\ &= 55,82 \text{ р.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{T2} &= 3,72 \cdot 15,63 + 4,6 \cdot (3,72 - 2,48) - 1,4 \cdot (3,72 - 2,48) = \\ &= 62,12 \text{ р.} \end{aligned}$$

Метод получения заготовки литьем в кокиль имеет лучшие экономические показатели, поэтому выбираем его для дальнейшего проектирования.

Далее необходимо спроектировать заготовку. Первым этапом проектирования заготовки является определение припусков на обработку поверхностей по переходам. Для этого сначала необходимо определить маршруты обработки поверхностей исходя из требуемой точности их размеров и требуемого качества обработки поверхностного слоя. В ходе анализа типа производства было установлено, что методы обработки поверхностей и их последовательность назначаются из условия обеспечения минимума суммарного коэффициента удельных затрат по методике [19]. Полученные последовательности методов обработки поверхностей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Последовательности методов обработки поверхностей

Номер поверхности	Форма поверхности	Шероховатость $Ra$ , мкм	Квалитет точности	Последовательность обработки
1	плоская	11	1,25	т, тч, тт
2	коническая	12	12,5	тч
3	цилиндрическая	7	0,63	т, тч, тт
4	плоская	12	12,5	т
5	цилиндрическая	11	0,32	т, тч, тт, х
6	коническая	12	12,5	ф
7	цилиндрическая	12	12,5	с
8	цилиндрическая	12	12,5	с
9	цилиндрическая	12	12,5	с
10	цилиндрическая	12	12,5	т
11	плоская	12	12,5	т
12	плоская	12	12,5	т
13	цилиндрическая	11	12,5	т
14	коническая	12	12,5	тч
15	цилиндрическая	7	0,63	т, тч, тт
16	цилиндрическая	8	3,2	тч
17	плоская	12	6,3	ф
18	коническая	12	12,5	с
19	цилиндрическая	10	6,3	с
20	винтовая	10	6,3	рн
21	плоская	17	40	л
22	коническая	10	6,3	т, тч
23	плоская	11	1,6	т, тч, тт
24	цилиндрическая	12	12,5	т
25	коническая	12	12,5	тч
26	цилиндрическая	7	1,25	т, тч, тт
27	плоская	12	12,5	т
28	цилиндрическая	12	12,5	с
29	плоская	12	12,5	т
30	плоская	12	12,5	т
31	плоская	12	2,5	т, тч, тт
32	коническая	12	12,5	тч
33	плоская	12	2,5	т, тч, тт
34	плоская	12	12,5	ф
35	цилиндрическая	12	12,5	ф
36	цилиндрическая	12	12,5	т
37	цилиндрическая	10	6,3	т, тч
38	цилиндрическая	17	40	л
39	плоская	17	40	л
40	цилиндрическая	12	12,5	т
41	плоская	11	1,25	т, тч, тт
42	цилиндрическая	12	12,5	ф
43	цилиндрическая	12	12,5	с
44	цилиндрическая	12	12,5	с
45	цилиндрическая	12	12,5	с

Продолжение таблицы 1

Номер поверхности	Форма поверхности	Шероховатость $Ra$ , мкм	Квалитет точности	Последовательность обработки
46	плоская	12	6,3	ф
47	цилиндрическая	10	6,3	с
48	коническая	12	12,5	с
49	винтовая	10	6,3	рн
50	цилиндрическая	12	12,5	с
51	цилиндрическая	17	40	л
52	цилиндрическая	12	12,5	с
53	цилиндрическая	17	40	л
54	цилиндрическая	12	12,5	с
55	цилиндрическая	12	12,5	с
56	цилиндрическая	12	12,5	с
57	цилиндрическая	12	12,5	с
58	цилиндрическая	12	12,5	с
59	цилиндрическая	12	12,5	с
60	цилиндрическая	12	12,5	с

Обозначения принятые в таблице 1: т – метод обработки черновое точение; тч – метод обработки чистовое точение; тт – метод обработки тонкое точение; х – метод обработки хонингование; рн – метод обработки резбонарезание; ф – метод обработки фрезерование; с – метод обработки сверление; л – литье.

Имея последовательности обработки поверхностей, определяем припуски на их обработку. В ходе анализа типа производства было установлено, что для точных и ответственных поверхностей используется расчетно-аналитический метод [21]. Выполняем расчет для поверхности диаметром  $77H7(+0,03)$ .

«Минимальный припуск определяется из выражения:

$$z_{imin} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (6)$$

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» [21].

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

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

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

«Максимальный припуск определяется из выражения:

$$z_{i \max} = z_{i \min} + 0,5(TD_{i-1} + TD_i), \quad (7)$$

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

$TD_i$  – операционный допуск на текущем переходе, мм» [21].

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

мм.

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

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

«Средний припуск определяется из выражения:

$$z_{cpi} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (8) \gg [21]$$

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

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

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

«Операционные размеры определяются с использованием выражений:

$$D_{(i-1)\max} = D_{i \max} - 2 \cdot z_{i \min}. \quad (9)$$



$$D_{(i-1)min} = D_{(i-1)max} - TD_{i-1}. \quad (10)$$

$$D_{i\text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{i\text{ max}} + D_{i\text{ min}}). \quad (11) \gg [21]$$

Исходя из приведенных выражений, очевидно, что расчет необходимо выполнять в обратном направлении, то есть, начиная с последнего перехода.

$$D_{3\text{ max}} = 77,030 \text{ мм.}$$

$$D_{3\text{ min}} = 77,000 \text{ мм.}$$

$$D_{3\text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{3\text{ max}} + D_{3\text{ min}}) = 0,5 \cdot (77,030 + 77,000) = 77,015 \text{ мм.}$$

$$D_{2\text{ max}} = D_{3\text{ max}} - 2 \cdot z_{3\text{ min}} = 77,030 - 2 \cdot 0,123 = 76,784 \text{ мм.}$$

$$D_{2\text{ min}} = D_{2\text{ max}} - TD_2 = 76,784 - 0,046 = 76,738 \text{ мм.}$$

$$D_{2\text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{2\text{ max}} + D_{2\text{ min}}) = 0,5 \cdot (76,784 + 76,738) = 76,761 \text{ мм.}$$

$$D_{1\text{ max}} = D_{2\text{ max}} - 2 \cdot z_{2\text{ min}} = 76,784 - 2 \cdot 0,239 = 76,306 \text{ мм.}$$

$$D_{1\text{ min}} = D_{1\text{ max}} - TD_1 = 76,306 - 0,12 = 76,186 \text{ мм.}$$

$$D_{1\text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{2\text{ max}} + D_{2\text{ min}}) = 0,5 \cdot (76,306 + 76,186) = 76,246 \text{ мм.}$$

$$D_{0\text{ max}} = D_{1\text{ max}} - 2 \cdot z_{1\text{ min}} = 76,306 - 2 \cdot 0,551 = 75,204 \text{ мм.}$$

$$D_{0\text{ min}} = D_{0\text{ max}} - TD_0 = 75,204 - 1,0 = 74,204 \text{ мм.}$$

$$D_{0\text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{2\text{ max}} + D_{2\text{ min}}) = 0,5 \cdot (75,204 + 74,204) = 74,704 \text{ мм.}$$

«Для определения общих припусков используются выражения:

$$2z_{min} = D_{3\text{ max}} - D_{0\text{ min}}. \quad (12)$$

$$2z_{max} = 2z_{min} + TD_0 + TD_3. \quad (13)$$

$$2z_{ср} = 0,5 \cdot (2z_{min} + 2z_{max}). \quad (14) \gg [21]$$

$$2z_{min} = 77,030 - 74,204 = 2,826 \text{ мм.}$$

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

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

Припуски на остальные поверхности определяются опытно-статистическим методом [23]. Согласно данному методу минимальные припуски на обработку определяются при помощи таблиц, а максимальные рассчитываются аналогично расчетно-аналитическому методу по формуле (7). Применение данного метода дает меньшую точность расчетов, но сокращает время проектирования. Снижение точности не приводит к существенному увеличению стоимости, так как годовая программа выпуска деталей не значительная. Результаты по определению припусков приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты по определению припусков

Номер поверхности	Переход	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм
1	точение черновое	1,8	2,95
	точение чистовое	0,8	1,045
	точение тонкое	0,4	0,555
5	точение черновое	0,9	2,05
	точение чистовое	0,7	0,945
	точение тонкое	0,2	0,39
	хонингование	0,02	0,21
15	точение черновое	1,2	2,6
	точение чистовое	0,25	0,53
	точение тонкое	0,12	0,24
23	точение черновое	2,2	3,35
	точение чистовое	1,0	1,245
	точение тонкое	0,5	0,655
26	точение черновое	0,9	2,3
	точение чистовое	0,7	0,98
	точение тонкое	0,2	0,3
31	точение черновое	2,2	3,125
	точение чистовое	1,0	1,175
	точение тонкое	0,5	0,6
37	точение черновое	2,8	4,4
	точение чистовое	0,3	0,58
41	точение черновое	2,2	3,325
	точение чистовое	1,0	1,175
	точение тонкое	0,5	0,6

Вторым этапом проектирования заготовки является определение ее параметров, включая допуски на размеры и технологические напуски,

присутствие которых на заготовке обусловлено особенностями технологии ее получения. Данный этап выполняется с использованием рекомендаций [8]. «Параметры заготовки: степень точности поверхности – 14; класс точности массы – 10; класс размерной точности – 9; ряд припусков – 7; дефекты формы - сдвиг не более 1,0 мм, эксцентricность отверстий не более 1,0 мм» [8].

Заключительным этапом проектирования заготовки является разработка рабочего чертежа заготовки. На чертеже указываются контуры заготовки, размеры и допуски на их выполнение, а также технические требования в соответствии с требованиями [5]. Ориентировочный контур заготовки приведен на рисунке 2.

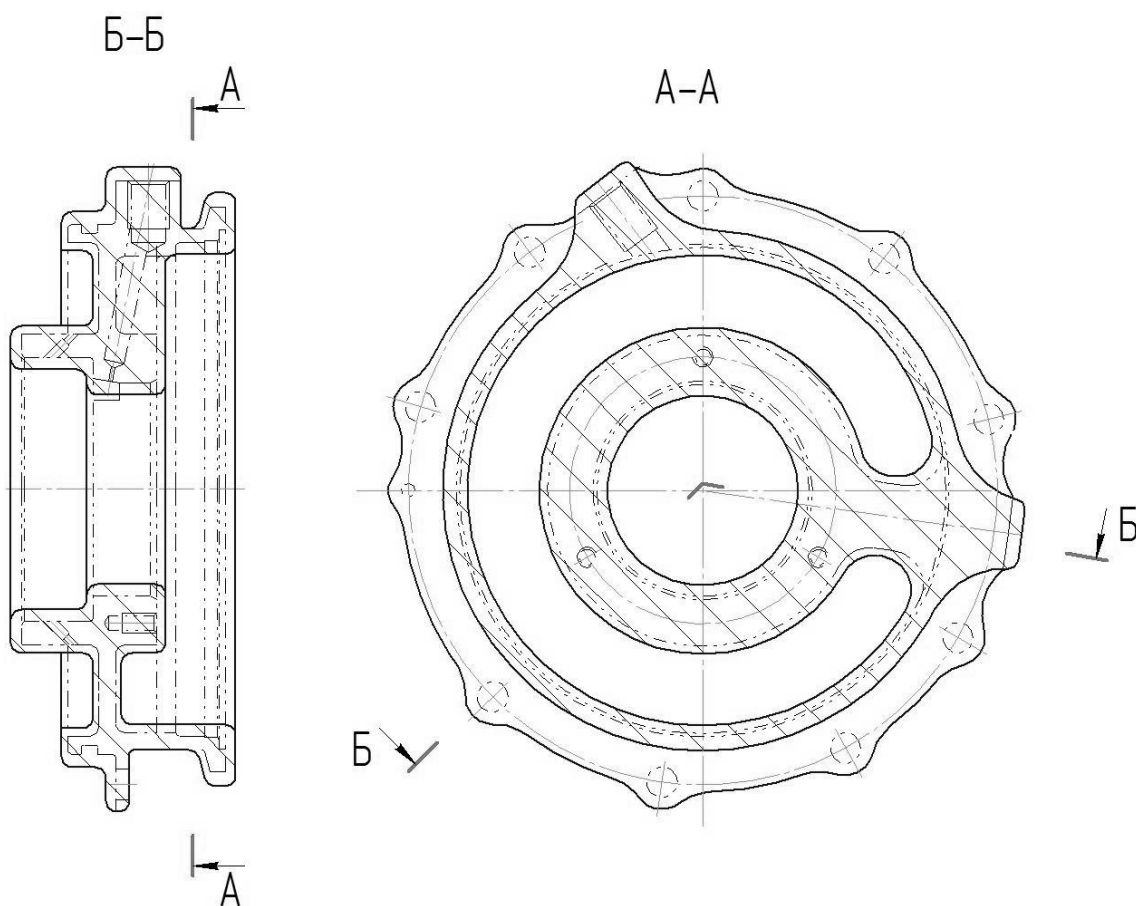


Рисунок 2 – Ориентировочный контур заготовки

Чертеж заготовки приведен в графической части работы.

## 2.2 Разработка плана изготовления детали

План изготовления включает в себя сведения о маршруте изготовления детали, операционные эскизы, схемы базирования, операционные размеры, а также технические требования на выполнение операций. Назначение технических требований производится в соответствии с методикой [19]. План изготовления в среднесерийном типе производства проектируется с учетом того, что применяется не поточная форма его организации с последовательной стратегией проектирования на основе типовых маршрутов обработки. Маршрут обработки проектируется исходя из принципов экстенсивной или интенсивной концентрации переходов на операциях, в зависимости от используемого оборудования и особенностей конструкции детали. Для формирования маршрута обработки в качестве типовых маршрутов обработки будем использовать данные представленные в литературе [2, 16]. Проведя анализ данных технологических маршрутов путем исключения из них лишних операций и добавления недостающих. Результаты представим в виде таблицы 3.

Таблица 3 – Маршрут изготовления

Операция	Содержание операции	Номера обрабатываемых поверхностей
005 Токарная	точение	22, 23, 24, 27, 30, 31, 35, 36, 37
010 Токарная	точение	1, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 13, 15, 41, 43
015 Токарная	точение	22, 23, 25, 26, 29, 31, 37
020 Токарная	точение	1, 2, 3, 5, 14, 15, 16, 32
025 Сверлильная	фрезерование	6
025 Сверлильная	сверление	8, 9, 43, 44, 45, 50, 52, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60
030 Фрезерная	фрезерование	34, 35, 42
030 Фрезерная	сверление	61, 62, 63
030 Фрезерная	резьбонарезание	61, 62, 63
035 Сверлильная	фрезерование	17, 46
035 Сверлильная	сверление	7, 18, 19, 28, 47, 48
035 Сверлильная	резьбонарезание	20, 49
040 Токарная	точение	23, 26, 31

### Продолжение таблицы 3

Операция	Содержание операции	Номера обрабатываемых поверхностей
045 Токарная	точение	1, 3, 5, 15, 41
050 Хонинговальная	хонингование	5
055 Моечная	мойка	все
060 Контрольная	контроль	все

Основываясь на представленных в таблице 3 сведениях, проектируется план изготовления детали, который представляет собой графический документ, отражающий основные положения проектируемой технологии изготовления. Рекомендации по проектированию плана изготовления детали содержатся в литературе [19]. Спроектированный план изготовления приведен в графической части работы.

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

В ходе анализа технологичности детали и типа производства было установлено, что для оснащения технологического процесса в условиях среднесерийного типа производства, а также особенностей конструкции детали, к оборудованию и технологической оснастке предъявляется ряд требований.

Станочное оборудование должно обладать универсальностью и возможностью быстрой перенастройки на выпуск новых деталей. Отвечать требованиям по заданной точности обработки.

Режущие инструменты должны отвечать требованиям по обеспечению стойкости и режимов резания. Предпочтительно использование универсальных инструментов со сменными режущими пластинами. В обоснованных случаях допускается использование специальных режущих инструментов.

Средства контроля должны обладать широким диапазоном

контролируемых размеров, быть универсальными, выдавать результаты контроля в абсолютных величинах.

Станочные приспособления должны обладать универсальностью, достаточным быстродействием, возможностью переналадки, обеспечивать механизацию закрепления. Предпочтительно использование универсальных и переналаживаемых станочных приспособлений. В обоснованных случаях допускается использование специальных станочных приспособлений.

Более подробно принципы выбора оборудования и технологической оснастки приведены в литературе [17]. Выбор моделей и типоразмеров оборудования и технологической оснастки выполняем с использованием данных [4, 9, 11, 12, 13, 15, 20, 22]. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты выбора оборудования и технологической оснастки

Операция	Оборудование	Инструменты	Средства контроля	Станочные приспособления
005 Токарная	токарный обрабатывающий центр SBL500	резец контурный DNMG 15 06 16-KR «Sandvik», резец расточной DNMG 15 06 16-KR «Sandvik»	штангенциркуль ШЦ-II ГОСТ 166-89, нутромер НМ-200 ГОСТ 10-88	патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80
010 Токарная	токарный обрабатывающий центр SBL500	резец контурный DNMG 15 06 16-KR «Sandvik», резец расточной DNMG 15 06 16-KR «Sandvik»	штангенциркуль ШЦ-II ГОСТ 166-89, нутромер НМ-200 ГОСТ 10-88	патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80
015 Токарная	токарный обрабатывающий центр SBL500	резец токарный контурный специальный, резец токарный расточной DCMT 07 02 08-KM «Sandvik»	штангенциркуль ШЦ-II ГОСТ 166-89, нутромер НМ-200 ГОСТ 10-88	патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80
020 Токарная	Токарный обрабатывающий центр SBL500	резец токарный контурный специальный, резец токарный канавочный N123J2-0500-0002-	штангенциркуль ШЦ-II ГОСТ 166-89, нутромер НМ-200 ГОСТ 10-88	патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80

Продолжение таблицы 4

Операция	Оборудование	Инструменты	Средства контроля	Станочные приспособления
–	–	СМ «Sandvik», резец токарный расточной DCMT 07 02 08-КМ «Sandvik»	–	–
025 Сверлильная	вертикальный обрабатывающ ий центр VMMS600L	фреза концевая R216.24- 10050GCK22P «Sandvik», сверло R842-0200-50-A0A «Sandvik», сверло R842-0300-50-A0A «Sandvik», сверло R842-0600-50-A0A «Sandvik», сверло R842-0900-50-A1A «Sandvik»	калибры	приспособление самоцентрирующ ее специальное
030 Фрезерная	вертикальный обрабатывающ ий центр VMMS600L	сверло спиральное R842-0550-30-A0A «Sandvik», зенковка GC1640 «Sandvik», фреза резьбовая R217.14- 045100AC10H «Sandvik», фреза концевая R216.24- 10050GCK22P «Sandvik», фреза сферическая R216.42-02530- AK30G «Sandvik», фреза концевая R216.24- 10050GCK22P «Sandvik», фреза сферическая R216.42-02530- AK30G «Sandvik»	нутромер НМ-200 ГОСТ 10-88, калибры	приспособление самоцентрирующ ее специальное
035 Сверлильная	вертикальный обрабатывающ ий центр VMMS600L	фреза концевая R216.24- 10050GCK22P «Sandvik», сверло R842-0160-50-A0A «Sandvik», сверло R842-0600-50-A0A «Sandvik», сверло	штангенцир куль ШЦ-II ГОСТ 166- 89, нутромер НМ-200 ГОСТ 10-88, калибры	патрон мембранный

Продолжение таблицы 4

Операция	Оборудование	Инструменты	Средства контроля	Станочные приспособления
035 Сверлильная	вертикальный обрабатывающий центр VMMS600L	R842-1200-50-A1A «Sandvik», фреза резьбовая 327R12-22 150MM-TH «Sandvik»	штангенциркуль ШЦ-II ГОСТ 166-89, нутромер НМ-200 ГОСТ 10-88, калибры	патрон мембранный
040 Токарная	токарный обрабатывающий центр SBL500	резец расточной DNMG 15 06 16-KR «Sandvik»	нутромер НМ-100 ГОСТ 10-88	патрон мембранный
045 Токарная	токарный обрабатывающий центр SBL500	резец расточной DNMG 15 06 16-KR «Sandvik», резец контурный DNMX 15 06 12-WF «Sandvik»	скоба рычажная СР ГОСТ 11098-75, нутромер НМ-100 ГОСТ 10-88	патрон мембранный
050 Хонинговальная	хонинговальный SET 150E	хон 63C5C2K	скоба рычажная СР ГОСТ 11098-75	патрон мембранный
055 Моечная	моечная машина	—	—	—
060 Контрольная	—	—	—	средства комплексного контроля

Данные по выбранному оборудованию и средствам технологического оснащения заносятся в технологическую документацию представленную в приложении А настоящей пояснительной записки. Также эти данные используются при проектировании плана изготовления детали и технологических наладок графической части работы.

## 2.4 Проектирование операций технологического процесса

Анализ типа производства показал, что при проектировании операций режимы резания следует определять по нормативам и эмпирическим



формулам [18]. Данный метод позволяет быстро произвести необходимые расчеты, а при необходимости внести соответствующие коррективы. Но в данном случае следует учесть, что на ряде операций используется высокоэффективный режущий инструмент, определение режимов резания для которого по предлагаемым методикам может дать заниженные результаты, поэтому для данных операций предлагается использовать рекомендации производителя инструмента [11].

Проведение нормирования операций выполняется в следующей последовательности [17]: определяется основное время на выполнение операции, определяется вспомогательное время на выполнение операции, определяется время на обслуживание и личные потребности, определяется штучное время на выполнение операции.

«Определение основного времени выполняется по формуле:

$$t_o = \sum t_{oi}, \quad (15)$$

где  $t_{oi}$  – основное время выполнения перехода обработки поверхности, мин» [17].

«Основное время выполнения перехода обработки поверхности определяется по формуле:

$$t_o = \frac{(L+l) \cdot i}{S \cdot n}, \quad (16)$$

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

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

$i$  – количество рабочих ходов» [17].

«Определение вспомогательного времени выполняется по формуле:

$$t_B = t_{c.y} + t_{m.B}, \quad (17)$$

где  $t_{c.y}$  – время на установку и снятие заготовки, мин;

$t_{м.в}$  – машинно-вспомогательное время, мин» [17].

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

$$t_{обс} + t_{п} = 0,1 \cdot t_{оп}, \quad (19)$$

где  $t_{оп}$  – оперативное время, мин» [17].

«Оперативное время определяется по формуле:

$$t_{оп} = t_o + t_b. \quad (20)» [17]$$

«Определение штучного времени выполняется по формуле:

$$T_{шт} = t_o + t_b + t_{обс} + t_{п}. \quad (21)» [17]$$

Определение режимов резания и нормирование выполняется для всех операций механической обработки технологического процесса и заносится в таблицу 5.

Таблица 5 – Режимы резания и нормирование

Опера ция	Переход	Подача на оборот, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин	Штучное время, мин
005	1	0,5	215	450	20	0,09	1,21
	2	0,5	215	450	72	0,32	
010	1	0,5	215	360	41	0,23	1,15
	2	0,5	215	900	50	0,12	
015	1	0,25	350	630	20	0,13	1,33
	2	0,15	350	760	45	0,4	
020	1	0,25	350	600	45	0,3	1,34
	2	0,15	350	1400	42	0,2	
	3	0,2	240	500	4	0,04	
025	1	0,025	130	4100	2,5	0,013	0,946

Продолжение таблицы 5

Опера ция	Переход	Подача на оборот, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин	Штучное время, мин
025	2	0,2	30	2900	10	0,017	—
	3	0,15	30	3200	15	0,03	
	4	0,25	40	2600	7	0,011	
	5	0,3	80	2800	63	0,075	
030	1	0,2	70	3500	48	0,069	18,45
	2	0,1	70	3500	6	0,017	
	3	0,018	76	4800	36	0,42	
	4	0,025	105	3300	2200	13,33	
	5	0,015	42	5350	740	4,61	
035	1	0,025	105	3350	88	0,53	1,873
	2	0,4	120	3200	47	0,037	
	3	0,3	120	5400	43	0,027	
	4	0,1	45	2300	10	0,043	
	5	0,018	76	2500	36	0,4	
040	1	0,1	250	2400	50	0,21	1,01
045	1	0,15	250	2100	45	0,14	1,02
	2	0,1	250	5200	42	0,08	
050	1		40		20	0,8	1,4

Результаты по определению режимов резания и нормированию технологических операций заносятся в технологическую документацию представленную в приложении А пояснительной записки и используются при проектировании плана изготовления детали и технологических наладок графической части работы.

Выполнение данного раздела позволило разработать технологию изготовления детали. Для этого выбран метод получения и спроектирована заготовка. Проведено проектирование плана изготовления детали. Выбрано технологическое оборудование, технологическая оснастка, металлорежущие инструменты и средства контроля. Определены режимы резания и проведено нормирование технологических операций.

### 3 Разработка специальной технологической оснастки

#### 3.1 Разработка фрезерного приспособления

Анализ технологического процесса показал, что существенным его недостатком является отсутствие механизированного приспособления на фрезерной операции, представленной на рисунке 3. Это существенно увеличивает вспомогательное время выполнения операции. Основной проблемой при конструировании приспособления в данном случае является не сама механизация приспособления, а реализация принятой схемы базирования. Невыполнение принятой схемы влечет увеличение припусков на обработку и снижение ее точности. Устранение данных недостатков проведем путем проектирования приспособления по методике [3].

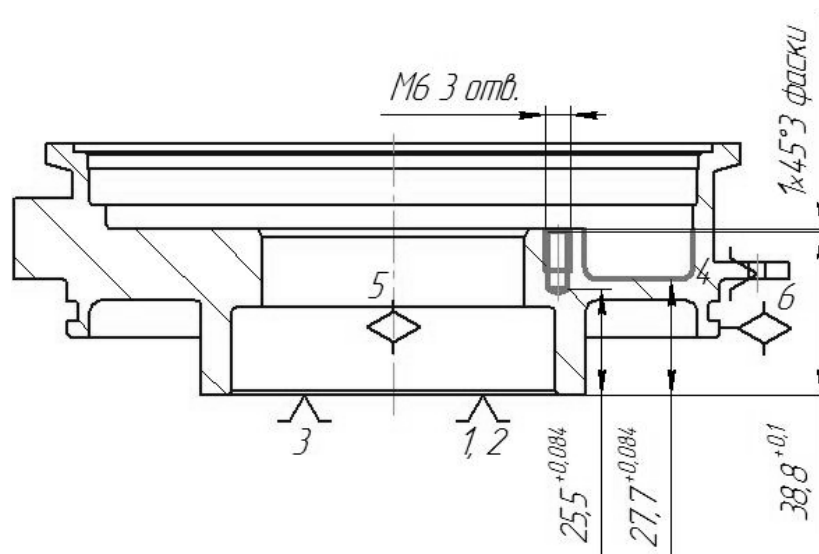


Рисунок 3 – Операционный эскиз

Определение усилия закрепления производится из уравнения равновесия системы моментов от силы закрепления и резания, действующих на заготовку в процессе обработки. Для составления данного уравнения составляется расчетная схема закрепления заготовки, представленная на

рисунке 4.

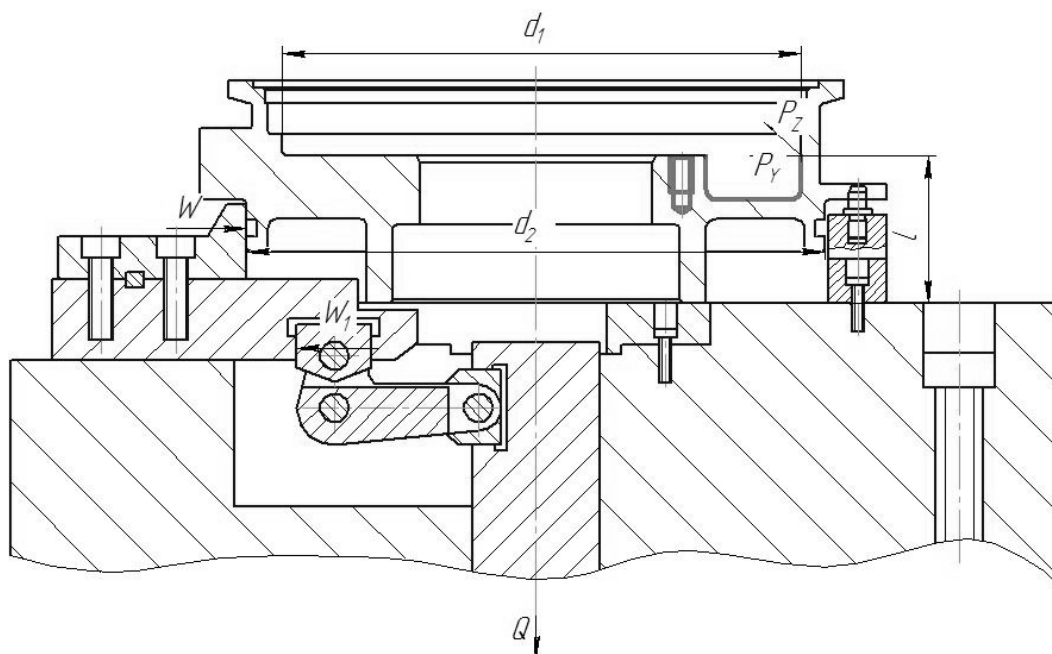


Рисунок 4 – Расчетная схема закрепления заготовки

«Из представленной схемы следует, что момент от составляющей силы резания  $P_Z$  определяется по формуле:

$$M_{P_Z} = P_Z \cdot \frac{d_1}{2}, \quad (22)$$

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

«Уравновешивающий его момент силы зажима равен:

$$M_{3_{P_Z}} = \frac{W \cdot f \cdot d_2}{2}, \quad (23)$$

где  $W$  – сила зажима, Н;

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

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

Из условия необходимости обеспечения равенства данных моментов определяем силу зажима:

$$W = \frac{P_Z \cdot d_1}{f \cdot d_2} \cdot K, \quad (24)$$

где  $K$  – коэффициент запаса» [3].

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

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (25)$$

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].

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

Определяем силу зажима.

$$W = \frac{1237 \cdot 144}{0,3 \cdot 155} \cdot 1,8 = 38594 \text{ Н.}$$

«Момент от составляющей силы резания  $P_Y$  определяется по формуле:

$$M_{P_Y} = P_Y \cdot l, \quad (26)$$

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

«Уравновешивающий его момент силы зажима равен:

$$M_{3PY} = \frac{2 \cdot W \cdot f \cdot d_2}{3}. \quad (27) \gg [3]$$

«Из условия необходимости обеспечения равенства данных моментов определяем силу зажима:

$$W = \frac{3 \cdot P_Y \cdot l}{2 \cdot f \cdot d_2} \cdot K. \quad (28) \gg [3].$$

Определяем силу зажима.

$$W = \frac{3 \cdot 547 \cdot 40}{2 \cdot 0,3 \cdot 50} \cdot 2,52 = 11717 \text{ Н.}$$

Проведение дальнейших расчетов производим по наибольшему из полученных значений необходимой силы закрепления.

«Усилие зажима на постоянных кулачках рассчитывается по формуле:

$$W_1 = \frac{W}{1 - \frac{3 \cdot l}{H} \cdot f_1}, \quad (29)$$

где « $l$  – вылет кулачка, мм;

$H$  – длина направляющей постоянного кулачка, мм;

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

$$W_1 = \frac{38594}{1 - \frac{3 \cdot 62}{80} \cdot 0,1} = 70171 \text{ Н.}$$

Для создания необходимого усилия привод должен развить усилие, рассчитываемое по уравнению:

$$\ll Q = \frac{W_1}{i_c}, \quad (30)$$

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

В качестве зажимного механизма, исходя из заданной точности обработки и требуемого усилия закрепления, принимаем рычажный

зажимной механизм с передаточным отношением 2,5.

$$Q = \frac{70171}{2,5} = 28069 \text{ Н.}$$

Для создания полученного исходного усилия определим необходимые параметры привода, главным из которых является диаметр поршня.

«Создание расчетного усилия зажима обеспечивается поршнем, диаметр которого определяется по формуле:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}}, \quad (31)$$

где  $d$  – диаметр штока, мм;

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

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{28069}{5,0}} = 96 \text{ мм.}$$

Расчетный диаметр необходимо округлить до ближайшего стандартного большего, это позволит использовать в конструкции привода стандартные элементы, что существенно удешевит ее. Округляем диаметр поршня до 100 мм.

Определение погрешности установки в приспособлении производится из расчетной схемы определения погрешностей, представленной на рисунке 5.

«Исходя из схемы, погрешность установки в приспособлении составит:

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2}, \quad (32)$$

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;

$\Delta_4$  – колебание зазора в сопряжении  $A_4$ , мм;

$\Delta_5$  – колебание зазора в сопряжении  $A_5$ , мм» [3].



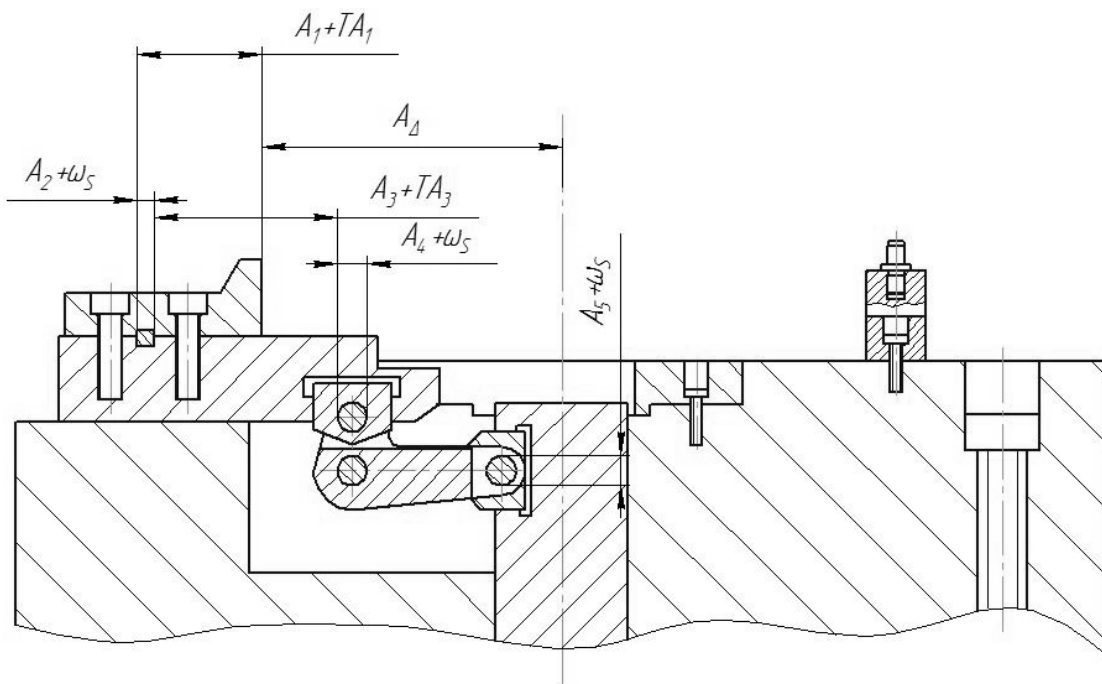


Рисунок 5 – Расчетная схема определения погрешностей

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,025^2 + 0,015^2 + 0,018^2 + 0,015^2 + 0,015^2} = 0,02 \text{ мм.}$$

Полученная расчетная погрешность должна составлять не более 30% от допуска на выполняемый на операции размер. В данном случае это значение составляет 0,026 мм, то есть условие выполняется, и приспособление можно считать соответствующим необходимой точности установки.

В конструкцию приспособления входит корпус, с направляющими, в которые установлены постоянные кулачки, соединенные с рычажным зажимным механизмом, состоящим из рычагов, установленных на осях. В корпусе также устанавливается цилиндрический палец для базирования заготовки по отверстию. На постоянных кулачках устанавливаются сменные кулачки. Рычажный зажимной механизм через тягу связан со штоком гидроцилиндра.

Принцип работы приспособления следующий. Заготовка вставляется по отверстию на цилиндрический палец. Масло через отверстие в корпусе гидроцилиндра по гидросистеме подается в верхнюю полость гидроцилиндра. Поршень движется вниз, перемещает шток и соединенную с

ним тягу, которая тянет за собой рычаги, вращение которых вокруг осей обеспечивает центрирование и закрепление заготовки. Для раскрепления заготовки масло подается по гидросистеме в противоположную полость гидроцилиндра, перемещая систему в исходное положение. После чего заготовка может быть снята с приспособления.

Подробно конструкция данного приспособления представлена на листе графической части работы в приложении Б пояснительной записки.

### 3.2 Разработка токарного резца

Анализ технологического процесса, спроектированного на основе типового технологического процесса, показал, что существенным его недостатком является применение на токарных операциях дорогостоящего импортного инструмента. Решение данной проблемы будем производить путем проектирования токарного резца по методике [1]. Исходя из характеристик материала заготовки, требуемых режимов резания на операции, стойкости режущего инструмента, точности и качества обрабатываемых поверхностей принимаем решение в качестве материала режущей пластины использовать твердый сплав GS 3205 «Sandvik».

«Конструктивные параметры резца определяются исходя из площади сечения срезаемого слоя по формуле:

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

где  $t$  – глубина резания, мм;

$S$  – подача, мм/об» [1].

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

Исходя из полученного значения площади сечения стружки при площади до  $1,0 \text{ мм}^2$  державка резца квадратного сечения должна иметь размеры 20 мм.

Крепление пластины осуществим при помощи системы крепления через рычаг при помощи винта с проточкой.

«Минимально допустимый диаметр винта определяется по формуле:

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

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

$\sigma_d$  – допускаемое материалом винта напряжение, МПа» [1].

«Допускаемое материалом винта напряжение определяется по формуле:

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

где  $P_{Zmax}$  – максимальное значение составляющей силы резания, в процессе обработки, Н» [1].

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

Тогда минимально допустимый диаметр винта равен.

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

Диаметр винта определяется конструктивными соображениями и удобством использования. Основное требование к винту заключается в том, чтобы его диаметр был больше минимально допустимого. Конструкция резца более подробно представлена на листе графической части и в спецификации приложения Б.

В ходе выполнения данного раздела проведено совершенствование технологического процесса путем устранения недостатков технологии. Для этого спроектировано зажимное приспособление механизированным зажимом, которое реализует схему базирования и резец, который позволил заменить дорогостоящий импортный аналог на токарной операции.

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

Одна из задач работы, сформулированная на основе анализа исходных данных, заключается в анализе полученных технических решений на безопасность и экологичность их выполнения с использованием рекомендаций [6].

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

Конструктивно-технологические характеристики спроектированного технологического процесса изготовления крышки привода ДР-30 кратко описаны в таблице 6 в виде технологического паспорта технического объекта.

Таблица 6 – Технологический паспорт технического объекта

«Технологический процесс» [6]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [6]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [6]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [6]	«Материалы, вещества» [6]
технологический процесс изготовления крышки привода ДР-30	токарная операция	«оператор станков с числовым управлением» [6]	«токарный обрабатывающий центр SBL500, патрон мембранный, резец токарный контурный специальный, резец токарный расточной» [6]	«чугун СЧ-35 ГОСТ 1412-85, смазочно-охлаждающая жидкость, ветошь» [6]
	фрезерная операция	«оператор станков с числовым управлением» [6]	«вертикальный обрабатывающий центр VMMS600L» [6]	«чугун СЧ-35 ГОСТ 1412-85» [6]

## Продолжение таблицы 6

«Технологический процесс» [6]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [6]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [6]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [6]	«Материалы, вещества» [6]
–	–	–	«приспособление самоцентрирующее специальное, сверло спиральное, зенковка, фреза резьбовая, фреза концевая, фреза сферическая, фреза концевая, фреза сферическая» [6]	«чугун СЧ-35 ГОСТ 1412-85, смазочно-охлаждающая жидкость, ветошь» [6]

Данные представленные в таблице 6 принимаем за основу для проведения дальнейшего анализа спроектированного технологического процесса.

### 4.2 Идентификация профессиональных рисков

На первом этапе необходимо выявить риски, которые возникают в ходе выполнения технологического процесса и источники их возникновения. Возникновение рисков зависит от вида выполняемых работ на операциях технологического процесса, обрабатываемого материала, а также от особенностей используемого оборудования и средств технологического оснащения. Результаты идентификации профессиональных рисков представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Идентификация профессиональных рисков

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [6]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [6]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [6]
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» [6]	«станки, средства технологического оснащения, внутрицеховой транспорт» [6]
	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека» [6]	«металлорежущий инструмент, заготовка» [6]
	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума» [6]	«станки, средства технологического оснащения, средства внутрицеховой транспортировки» [6]
	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации» [6]	«станки, средства технологического оснащения, внутрицеховой транспорт» [6]
	«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» [6]	«станки» [6]
	«отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения» [6]	«станки, средства технологического оснащения» [6]

## Продолжение таблицы 7

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [6]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [6]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [6]
токарная операция, фрезерная операция	«вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм (ядовитые вещества/химикаты/химическая продукция)» [6]	«смазочно-охлаждающая жидкость» [6]
	«физическая динамическая нагрузка» [6]	«станки, средства технологического оснащения, заготовки» [6]
	«стереотипные рабочие движения» [6]	«станки, средства технологического оснащения, заготовки» [6]

Как видно из приведенной таблицы количество профессиональных рисков, возникновение которых возможно в ходе выполнения технологического процесса изготовления достаточно велико. Влияние данных факторов на работников может привести к серьезным негативным последствиям, как в краткосрочном, так и долгосрочном периодах.

### 4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Снижение и устранение влияния выявленных в предыдущем пункте профессиональных рисков является ключевой задачей обеспечения производственной безопасности. Решение этой задачи выполним путем разработки соответствующих организационно-технических методов и применения технических средств, в частности средств индивидуальной защиты. Результаты приведены в таблице 8.

Таблица 8 – «Организационно-технические методы и технические средства (технические устройства) устранения (снижения) негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника» [6]
«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» [6]	«проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение специальных ограждающих устройств, зачистка заусенцев» [6]	«нарукавники, перчатки с полимерным покрытием, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием» [6]
«опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации» [6]	«проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение специальных виброгасящих приспособлений и устройств» [6]	«ботинки кожаные с защитным подноском» [6]
«опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма» [6]	«проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение специальных ограждающих устройств» [6]	«костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, перчатки с полимерным покрытием, перчатки трикотажные» [6]
«опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем шума» [6]	«проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение средств поглощения шума» [6]	«наушники противозумные» [6]



Продолжение таблицы 8

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [6]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [6]	«Средства индивидуальной защиты работника» [6]
«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» [6]	«проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение заземления оборудования, изоляции токоведущих частей, систем аварийного отключения оборудования» [6]	«спецодежда» [6]
«отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения» [6]	«проведение инструктажей по охране труда, применение местного освещения» [6]	–
«вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм» [6]	«проведение инструктажей по охране труда, применение специальных ограждающих устройств» [6]	«костюм для защиты от общих производственных загрязнений, халат для защиты от общих загрязнений и механических воздействий, нарукавники, респиратор, фартук для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий с нагрудником» [6]
«физическая динамическая нагрузка» [6]	«проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов» [6]	–
«стереотипные рабочие движения» [6]	«проведение инструктажей, соблюдение периодичности перерывов» [6]	–

Приведенные в таблице 8 организационно-технические мероприятия, а также средства индивидуальной защиты в полной мере позволяют защитить работников от воздействия соответствующих опасных и вредных производственных факторов или снизить воздействие данных факторов до допустимых нормативных значений.

#### 4.4 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Следующим этапом обеспечения безопасности выполнения технологического процесса является определение его экологического воздействия на окружающую среду и разработкой соответствующих мероприятий по устранению и снижению данного воздействия до нормативных значений.

Экологическое воздействие на окружающую среду характеризуется комплексным воздействием на атмосферу, гидросферу и литосферу. Результаты определения негативных факторов экологического воздействия приведены в таблице 9.

Таблица 9 – «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» [6]
технологический процесс изготовления крышки привода ДР-30	«токарный обрабатывающий центр SBL500, патрон мембранный, резец вертикальный обрабатывающий центр VMMS600L, приспособление специальное, сверло, зенковка, фреза» [6]	«аэрозоль от смазочно-охлаждающей жидкости, масляный туман» [6]	«смазочно-охлаждающая жидкость, стружка, пыль, технические жидкости» [6]	«металлическая стружка, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость, технические жидкости» [6]

Устранение и снижение негативного экологического воздействия рассматриваемого технологического процесса предлагается добиться при помощи технических средств, представленных в таблице 10.

Таблица 10 – «Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду»

Наименование технического объекта» [6]	технологический процесс изготовления крышки привода ДР-30
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	«центробежные фильтры» [6]
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	«комплексная система очистки сточных вод» [6]
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	«сортировка отходов по виду, переработка металлических отходов, утилизация отходов на специальных полигонах» [6]

Результатом выполнения данного раздела стала разработка мероприятий, направленных на обеспечение безопасности и экологичности выполнения спроектированного технологического процесса. Выявлены негативные факторы, влияющие на производственную безопасность выполнения технологического процесса. Разработаны мероприятия по их устранению. Произведена оценка экологического воздействия спроектированного технологического процесса, по результатам которой предложены организационно-технические мероприятия по снижению данного влияния.

## 5 Экономическая эффективность работы

В ходе совершенствования технологического процесса было предложено изменить на операции 020 токарной оборудование и инструмент. Эти изменения привели к сокращению трудоемкости выполнения операций, что с технологической точки зрения доказывает эффективность данного изменения. Однако, это предстоит подтвердить еще и с экономической точки зрения, что и будет выполнено в рамках раздела 5 бакалаврской работы.

Все необходимые технические параметры, такие как: основное и штучное время, модель оборудования, наименование инструмента и оснастки, применяемые на операции 020, были взяты из предыдущих разделов. Для сбора информации по остальным параметрам, необходимым для расчета 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)» [14, с. 15–23].

Далее представлены основные результаты проведенных расчетов. На рисунке 6, показаны величины, из которых складываются капитальные

вложения, которые составят 273013,6 рублей.

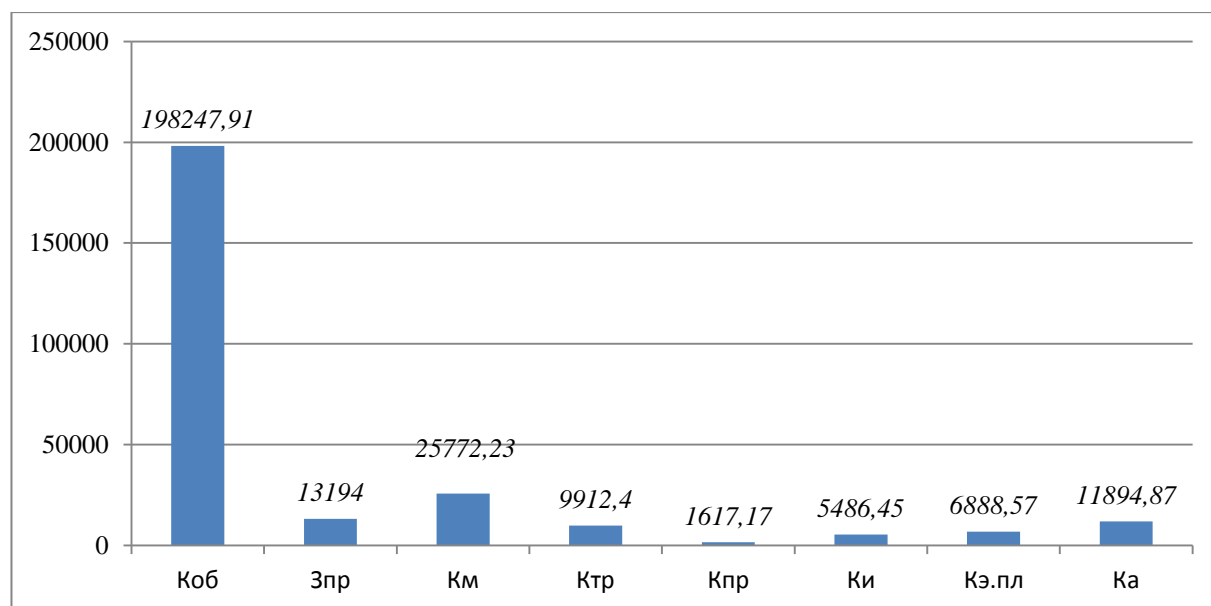


Рисунок 6 – Величина затрат, входящих в капитальные вложения, предложенного проекта, руб.

Анализируя, представленные на рисунке 6, данных, можно сделать вывод о том, что самыми капиталоемкими затратами являются затраты на основное технологическое оборудование ( $K_{ОБ}$ ), их величина составляет 72,61 % от всей величины капитальных вложений.

Величина всех остальных значений не превышают даже 10 %, и находятся в интервале от 0,59 % до 9,44%. Но не смотря на их относительно не большую величину, пренебрегать этими значениями нельзя, так как они отображают значения затрат изменяющихся технических условий выполнения операций. Речь идет о таких показателях как: приобретение приспособления ( $K_{ПР}$ ), затраты на проектирование ( $З_{ПР}$ ), затраты на доставку и монтаж нового оборудования ( $K_M$ ), затраты на транспортные средства ( $K_{ТР}$ ), затраты на инструмент ( $K_{И}$ ), затраты на производственную площадь ( $K_{Э.ПЛ}$ ) и затраты на управляющую программу ( $K_A$ ).

На рисунке 7 представлены параметры, из которых складывается технологическая себестоимость детали «Крышка привода», по двум

сравниваемым вариантам технологического процесса.

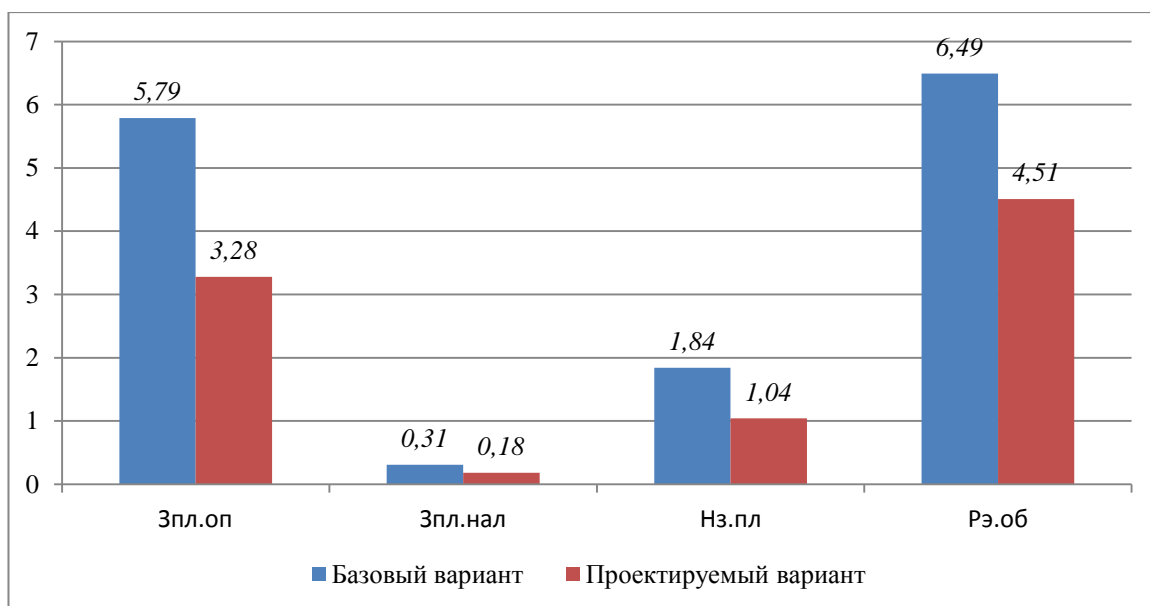


Рисунок 7 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали «Крышка привода», по вариантам, руб.

Как видно из рисунка 7, значение величины основных материалов за вычетом отходов не использовалось для определения вышеуказанного параметра, так как в процессе совершенствования технологического процесса, способ получения заготовки не менялся, поэтому эта величина остается без изменения, а на определение разницы в себестоимости между вариантами она не окажет влияния.

Анализируя диаграмму на рисунке 7, видно, что две величины имеют максимальные доли в общей величине технологической себестоимости, это:

- расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, с объемом величины 44,98 % для базового варианта и 50,03 % для проектируемого варианта, от всего значения технологической себестоимости;
- заработная плата оператора ( $Z_{пл.оп}$ ), необходимая на оплату труда рабочего, занятого на работе фрезерно-центровального и токарного станков, доля которой составляет 40,12 % для базового варианта и

36,43 % для проектируемого варианта, в размере технологической себестоимости.

Данные параметры позволили сформировать значение полной себестоимости. Результаты калькуляции себестоимости обработки детали «Крышка привода» по операции 020 технологического процесса, представлены на рисунке 8.

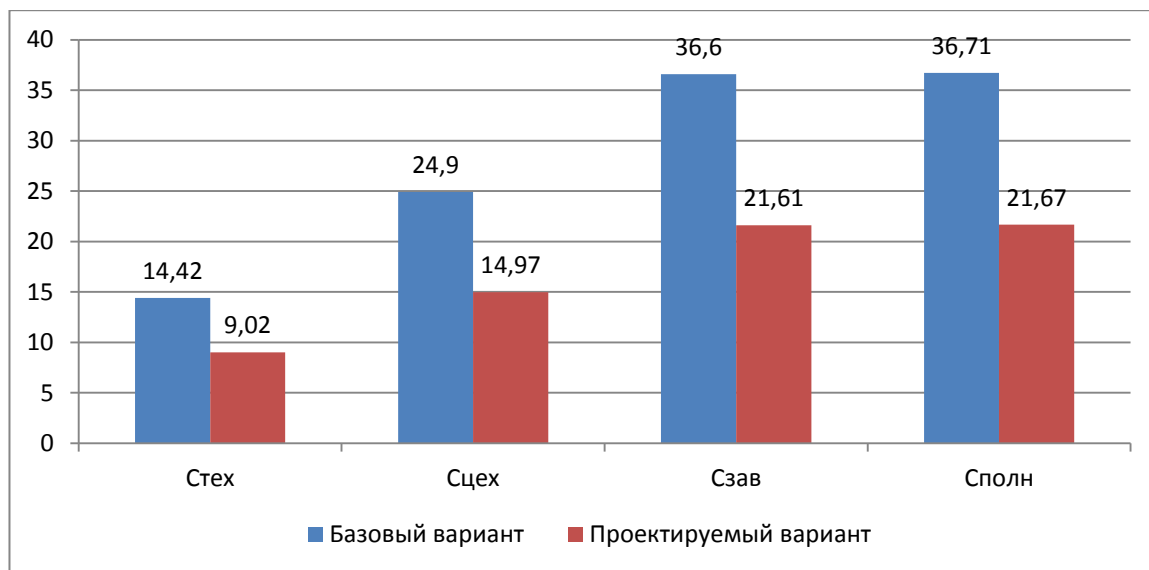


Рисунок 8 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

Согласно рисунку 8, значение полной себестоимости ( $C_{полн}$ ) для базового варианта составило 36,71 рублей, а для проектируемого варианта – 21,67 рублей.

Дальнейшие расчеты показали, что капитальные вложения, в размере 273013,6 рублей, окупятся в течение четырех лет. Такой срок является максимально допустимым для совершенствования технологического процесса. Проанализируем такой экономический параметр как интегральный экономический эффект или чистый дисконтируемый доход. Величина данного показателя составляет 32104,97 рубля, что доказывает эффективность предложенных мероприятий. Значит, на каждый вложенный рубль будет получен доход 1,12 рублей.

## Заключение

В ходе выполнения работы были достигнуты следующие результаты. Рассмотрены имеющиеся исходные данные, проведен их критический анализ, выявлены характеристики типа производства. Это позволило выявить основные направления проектирования технологического процесса и поставить задачи работы.

Разработана технология изготовления детали. Для этого решены задачи выбора метода получения и проектирования заготовки. Проведено проектирование плана изготовления детали на основе типового технологического маршрута. Исходя из типа производства выбрано технологическое оборудование, технологическая оснастка, металлорежущие инструменты и средства контроля. Определены режимы резания и проведено нормирование технологических операций, также проведено их проектирование. Разработана соответствующая технологическая документация.

Проведен анализ спроектированного технологического процесса и выявлены его недостатки. Для их устранения проведено совершенствование базового технологического процесса путем проектирования фрезерного зажимного приспособления и резца для токарной операции.

Рассмотрены вопросы производственной безопасности при выполнении технологического процесса и его влияния на окружающую среду.

Предложены мероприятия по устранению выявленных недостатков. Рассчитаны экономические показатели предлагаемой технологии изготовления с учетом мероприятий по ее совершенствованию.

Достижение данных результатов позволило получить технологический процесс изготовления крышки привода ДР-30, обеспечивающий выпуск годовой программы качественных деталей с минимальной стоимостью изготовления, то есть цель работы можно считать достигнутой.



## Список используемых источников

1. Артамонов Е.В. Расчет и проектирование сменных режущих пластин и сборных инструментов : монография / Е.В. Артамонов, Т.Е. Помигалова, М.Х. Утешев. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2011. – 152 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/28284> (дата обращения: 15.04.2021).

2. 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: 10.04.2021).

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: 06.04.2021).

4. Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога / У Болтон. – М. : ДМК Пресс, 2010. – 380 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: 16.03.2021).

6. 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).

7. ГОСТ 1412-85. Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Марки. – Введ. 1987–01–01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 5 с.

8. ГОСТ Р 53464-2009. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. – Введ. 2010–07–01. – М. : Стандартиформ, 2010. – 45 с

9. Зажимные механизмы и технологическая оснастка для высокоэффективной токарной обработки : [монография] / Ю.Н. Кузнецов [и др.]. – Старый Оскол. : ТНТ, 2016. – 476 с.

10. Иванов И.С. Технология машиностроения: учеб. пособие / И.С. Иванов. - 2-е изд., перераб. и доп. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. – 240 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/504931> (дата обращения: 02.04.2021).

11. Каталог продукции «Sandvik coromant». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sandvik.coromant.com> (дата обращения: 24.04.2021).

12. Каталог продукции «Trens». [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.trens.sk/ru> (дата обращения: 14.04.2021).

13. Каталог продукции «Промсервис М». [Электронный ресурс]. – URL: [http://promservis24.ru/index.php?id\\_product=9147&controller=product](http://promservis24.ru/index.php?id_product=9147&controller=product) (дата обращения: 14.04.2021).

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: 15.10.2021).

15. 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: 15.04.2021).

16. Погонин А.А. Технология машиностроения : учебник / А.А. Погонин, А.А. Афанасьев, И.В. Шрубченко. – 3-е изд., доп. – Москва : ИНФРА-М, 2020. – 530 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1045711> (дата обращения: 18.03.2021).

17. 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: 15.05.2021).

18. 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.

19. Расторгуев Д. А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления: электронное учеб.-метод. пособие / Д.А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. «Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва». – ТГУ. – Тольятти. : ТГУ, 2017. – 34 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/6204> (дата обращения: 05.04.2020).

20. Солоненко В.Г. Резание металлов и режущие инструменты: учеб. пособие / В.Г. Солоненко, А.А. Рыжкин. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. – 416 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/549074> (дата обращения: 30.04.2021).

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

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

23. Ямников А. С. Расчет припусков и проектирование заготовок / А.С. Ямников, Е.Ю. Кузнецов, М.Н. Бобков ; под редакцией А.С. Ямникова. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 328 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/148337> (дата обращения: 08.04.2021).



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа														
						Код, наименование оборудования	СМ	проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт			
0 19						$\phi 63,84_{0,2}$ , $62,2^{+0,3}$ , $47,5^{+0,3}$ , $40^{+0,3}$ , $39,7^{+0,3}$ , $34,7^{+0,25}$														
T 20	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80; 392190 Резец контурный DNMG 15 06 16-KR "Sandvik"																			
T 21	GC3215; 392190 Резец расточной DNMG 15 06 16-KR "Sandvik" GC3215; 393311 Штангенциркуль ШЦ-II																			
T 22	ГОСТ 166-89; 393450 Нутромер НМ-200 ГОСТ10-88.																			
23																				
A 24	XX XX XX 015 410 Токарная																			
B 25	381101 Обрабатывающий центр SBL 500 3 18217 422 1P 1 1 1 1200 1 133																			
0 26	Точить поверхности 22, 23, 25, 26, 29, 31, 37 в размер $\phi 165_{0,16}$ , $\phi 145,4_{0,16}$ , $61,2^{+0,19}$ , $54,7^{+0,12}$ , $41^{+0,1}$																			
0 27	15x45.																			
T 28	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80; 392190 Резец контурный специальный GC3205; 392190																			
T 29	Резец токарный расточной DCMT 07 02 08-KM "Sandvik" GC3205; 393311 Штангенциркуль ШЦ-II																			
T 30	ГОСТ 166-89; 393450 Нутромер НМ-200 ГОСТ10-88.																			
31																				
A 32	XX XX XX 020 410 Токарная																			
B 33	381101 Обрабатывающий центр SBL 500 3 18217 422 1P 1 1 1 1200 1 134																			
0 34	Точить поверхности 1, 2, 3, 5, 14, 15, 16 в размер $\phi 155,24^{+0,16}$ , $\phi 76,44_{0,12}$ , $\phi 61,56_{0,19}$ , $\phi 14,94_{0,63}$																			
0 35	$60,4^{+0,12}$ , $37,9^{+0,1}$ , $4,7^{+0,12}$ , 0,4x45.																			
T 36	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80; 392190 Резец контурный DNMG 15 06 16-KR "Sandvik"																			
T 37	GC3205; 392190 Резец расточной DNMG 15 06 16-KR "Sandvik" GC3205; 392190 Резец токарный																			
T 38	канавочный N123J2-0500-0002-СМ "Sandvik" GC3215; 393311 Штангенциркуль ШЦ-II ГОСТ 166-89;																			
T 39	393450 Нутромер НМ-200 ГОСТ10-88.																			
40																				
A 41	XX XX XX 025 412 Сверлильная																			
МК																				

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа											
						Код, наименование оборудования	СМ	проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпрз	Тшт
Б 42					3812100 обрабатывающий центр VMMC600I 3 17335 312 1P 1 1 1 1200 1 0,946												
О 43					Сверлить поверхность 6, 8, 9, 43, 44 в размер $\phi 9^{+0,058}$ ; $\phi 4^{+0,048}$ ; $\phi 3^{+0,1}$ ; $\phi 2^{+0,1}$												
Т 44					396190 Приспособление специальное; 391822 Фреза концевая R216.24-10050GCK22P "Sandvik" GS1640;												
Т 45					391213 Сверло R842-0200-50-A0A "Sandvik" GC 1210; 391213 Сверло R842-0300-50-A0A "Sandvik"												
Т 46					GC 1210; 391213 Сверло R842-0600-50-A0A "Sandvik" GC 1210; 391213 Сверло R842-0900-50-A1A												
Т 47					"Sandvik" GC 1210; 393400 Калибр.												
48																	
А 49					XX XX XX 030 4260 Фрезерная												
Б 50					3812100 обрабатывающий центр VMMC600I 3 17335 312 1P 1 1 1 1200 1 18,45												
О 51					Сверлить, нарезать резьбу поверхности 61, 62, 63 в размер М6, фрезеровать поверхность 35 в												
О 52					размер $\phi 90^{+0,35}$ ; $\phi 142^{+0,4}$ ; 28,4 <sup>+0,21</sup>												
Т 53					396190 Приспособление специальное; 391213 Сверло спиральное R842-0550-30-A0A "Sandvik" GS1640												
Т 54					391643 Зенковка GC1640 "Sandvik" GS1640; 391818 Фреза резьбовая R217.14-045100AC10H "Sandvik"												
Т 55					GS1640; 391822 Фреза концевая R216.24-10050GCK22P "Sandvik" GS1640; 391822 Фреза сферическая												
Т 56					R216.42-02530-AK30G "Sandvik" GS1640; 393610 Шаблон.												
57																	
А 58					XX XX XX 035 4120 Сверлильная												
Б 59					3812100 обрабатывающий центр VMMC600I 3 17335 312 1P 1 1 1 1200 1 1,873												
О 60					Фрезеровать поверхности 17, 46 в размер 89,12 <sup>+0,05</sup> ; 86,77 <sup>+0,05</sup> ; 12,53 <sup>+0,05</sup> ; 28,63 <sup>+0,05</sup> ; сверлить												
О 61					поверхности 7, 19, 28, 47 в размер $\phi 16^{+0,04}$ ; $\phi 6^{+0,048}$ ; $\phi 11,5^{+0,7}$ ; нарезать резьбу М12.												
Т 62					396190 Патрон мембранный; 391822 Фреза концевая R216.24-10050GCK22P "Sandvik" GS1640; 391213												
Т 63					Сверло R842-0160-50-A0A "Sandvik" GS1640; 391213 Сверло R842-0600-50-A0A "Sandvik" GS1640;												
Т 64					391213 Сверло R842-1200-50-A1A "Sandvik" GS1640; 391818 Фреза резьбовая 327R12-22 150MM-TH												
МК																	

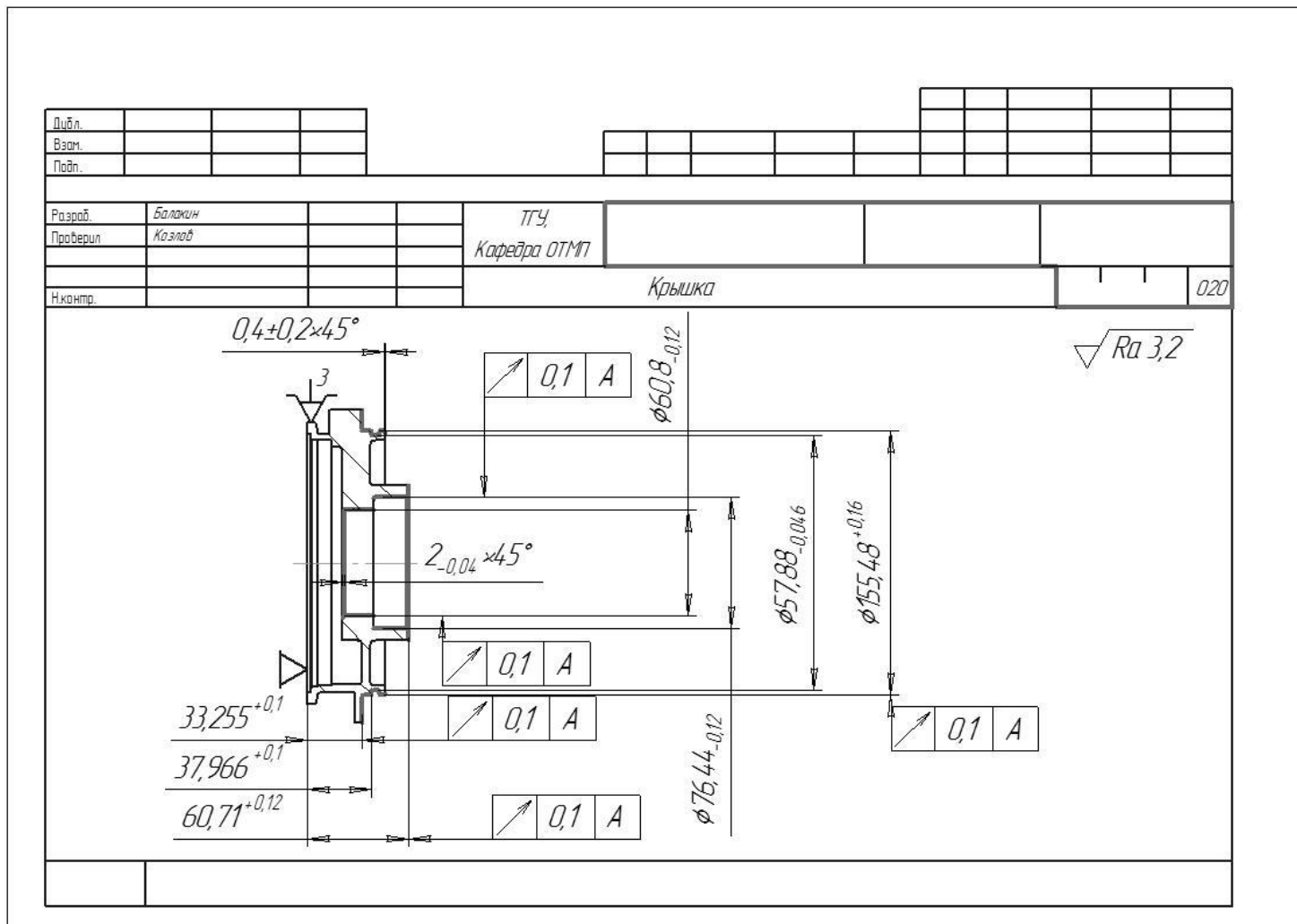
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпрз
Т 65	<i>"Sandvik" GS1640; 393610 Шаблон.</i>														
66															
А 67	<i>XX XX XX 040 4110 Токарная</i>														
Б 68	<i>381101 Обрабатывающий центр SBL500 3 18217 422 1P 1 1 1 1200 1</i>											<i>1,01</i>			
О 69	<i>Точить поверхности 23, 26, 31 в размер <math>\phi 145^{+0,04}</math>, <math>59,9^{+0,12}</math>, <math>39,7^{+0,1}</math>.</i>														
Т 70	<i>396190 Патрон мембранный; 392190 Резец расточной DNMG 15 06 16-KR "Sandvik" CB7050; 393121</i>														
Т 71	<i>Скоба рычажная СР ГОСТ 11098-75; 393450 Нутромер НМ-100 ГОСТ10-88.</i>														
72															
А 73	<i>XX XX XX 045 4110 Токарная</i>														
Б 74	<i>381101 Обрабатывающий центр SBL500 3 18217 422 1P 1 1 1 1200 1</i>											<i>1,02</i>			
О 75	<i>Точить поверхности 1, 3, 5, 15, 41 в размер <math>\phi 155_{0,003}^{-0,045}</math>, <math>\phi 77^{+0,03}</math>, <math>\phi 62,04^{+0,19}</math>, <math>59,5^{+0,12}</math>, <math>32^{+0,1}</math>.</i>														
Т 76	<i>396190 Патрон мембранный; 392190 Резец расточной DNMG 15 06 16-KR "Sandvik" CB7050; 392190</i>														
Т 77	<i>Резец контурный DNMX 15 06 12-WF "Sandvik" CB7050; 393121 Скоба рычажная СР ГОСТ 11098-75;</i>														
Т 78	<i>393450 Нутромер НМ-100 ГОСТ10-88.</i>														
79															
А 80	<i>XX XX XX 050 4192 Ханинговальная</i>														
Б 81	<i>381836 Ханинговальный SET 150E 3 18873 312 1P 1 1 1 1200 1</i>											<i>14</i>			
О 82	<i>Ханинговать поверхность 5 в размер <math>\phi 62^{+0,19}</math>.</i>														
Т 83	<i>396190 Патрон мембранный; 397717 Хан 63C5C2K; 393450 Нутромер НМ-100 ГОСТ10-88.</i>														
84															
А 85	<i>XX XX XX 055 Моечная.</i>														
86															
А 87	<i>XX XX XX 060 Контрольная.</i>														
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1





Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2118-82										Форм 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	Балакин			ТГУ									
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП									
Н.контр.				Крышка						Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал			Твердость	EB	MD	Профиль и размеры			МЗ	КОИД	
Токарная		Чугун СЧ35 ГОСТ 1412-85				166	248	Ø173,2x65,5			3,72	1	
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы			Ta	Tb	Tya	тип	слож				
SBL500					0,54			1,34	Blasocut				
		пи	о	ш	в	L	f	i	s	n	v		
оп	1. Установить заготовку												
T.02	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80; 392190 Резец контурный DNMG 15 06 16-KR "Sandvik"												
T.03	GC3205; 392190 Резец расточной DNMG 15 06 16-KR "Sandvik" GC3205; 392190 Резец токарный												
T.04	канавочный N123J2-0500-0002-СМ "Sandvik" GC3215; 393311 Штангенциркуль ШЦ-II ГОСТ 166-89;												
T.05	393450 Нутромер НМ-200 ГОСТ10-88.												
о.06	2. Точить поверхности 18, 19, 20 выдерживая размеры согласно эскиза.												
P.07		1					1,088		0,25	600	350		
P.08		2					0,825		0,15	1400	350		
P.09		3					2,8		0,2	500	240		
оп	3. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.												
п													



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2118-82										Форм 1			
Дubl.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	Балакин			ТГУ									
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП									
Н.контр.				Крышка						Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал			Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД	
Фрезерная		Чугун СЧ35 ГОСТ 1412-85				166	248	φ173,2x655			3,72	1	
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы			Тa	Тb	Тгв	Тшп	СОЖ				
Обрабатывающий центр 11ММ600L					17,1			18,45	Blasocut				
		пш	о шп в	L	f	i	s	n	v				
01	1. Установить заготовку												
T 02	396190 Приспособление специальное; 391213 Сверло спиральное R842-0550-30-A0A "Sandvik" GS1640												
T 03	391643 Зенковка GC1640 "Sandvik" GS1640; 391818 Фреза резьбовая R217.14-045100AC10H "Sandvik"												
T 04	GS1640; 391822 Фреза концевая R216.24-10050GCK22P "Sandvik" GS1640; 391822 Фреза сферическая												
T 05	R216.42-02530-AK30G "Sandvik" GS1640; 393810 Шаблон												
0 06	2. Сверлить, фрезеровать, нарезать резьбу выдерживая размеры согласно эскиза.												
P 07		1				2,75		0,2	3500	70			
P 08		2				1,0		0,1	3500	70			
P 09		3				0,5		0,018	4800	76			
P 10		4				1,6		0,025	3300	105			
P 11		5				1,6		0,015	740	42			

## Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2118-82										Форм 1		
Дubl.												
Взам.												
Подп.												
Разрб.	<i>Балакин</i>			<i>ТГУ</i>								
Проверил	<i>Козлов</i>			<i>Кафедра ОТМП</i>								
Н.контр.				<i>Крышка</i>				Цех	Уч.	Р.М.	Опер.	
Наименование операции		Материал		Твердость	EB	MD	Профиль и размеры		МЗ	КОИД		
<i>Фрезерная</i>		<i>Чугун СЧ35 ГОСТ 1412-85</i>			<i>166</i>	<i>248</i>	<i>φ173,2x655</i>		<i>3,72</i>	<i>1</i>		
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		Ta	Tb	Tya	Tym	COX				
<i>Обработка в центре VMC600L</i>				<i>17,1</i>			<i>18,45</i>	<i>Blasocut</i>				
		пи	о ш л в	L	f	i	s	n	v			
12	<i>3. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.</i>											
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												



Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата	Изм. № подл.	Лист	Дата	Взам. инв. №	Изм. № док-м.	Подп.	Дата	Изм. № подл.	Лист	Дата	
		19		Шайба стопорная ГОСТ 11872-89	1																	
		20		Гайка М20 ГОСТ 15526-70	1																	
		21		Кольцо ОСТ 92-8969-78	1																	
		22		Демпфер ГОСТ 8754-79	1																	
		23		Шпонка ГОСТ 14737-69	2																	
		24		Винт М6х25 ГОСТ 11738-84	3																	
		25		Винт М12х20 ГОСТ 11738-84	6																	
		26		Винт М12х27 ГОСТ 11738-84	6																	
		27		Кольцо ОСТ 92-8969-78	2																	
		28		Демпфер ГОСТ 8754-79	1																	
		29		Шпонка ГОСТ 23360-78	1																	
		30		Винт М16х100 ГОСТ 11738-84	3																	
		31		Винт М8х28 ГОСТ 11738-84	6																	
		32		Винт М4х16 ГОСТ 11738-84	3																	
		33		Винт М4х10 ГОСТ 11738-84	2																	
		34		Палец установочный ГОСТ 12210-66	1																	
21.БР.ОТМП.337.65.00.000																			Лист			
																			2			
Копировал																			Формат А4			

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
<i>Документация</i>						
A2			21БР.ОТМП.337.70.00.000СБ	Сборочный чертеж		
<i>Детали</i>						
A4	1		21БР.ОТМП.337.70.00.001	Державка	1	
A4	2		21БР.ОТМП.337.70.00.002	Рычаг	1	
A4	3		21БР.ОТМП.337.70.00.003	Винт специальный	1	
A4	4		21БР.ОТМП.337.70.00.004	Режущая пластина	1	
A4	5		21БР.ОТМП.337.70.00.005	Опорная пластина	1	
21БР.ОТМП.337.70.00.000						
Изм. Лист		№ докум.		Подп.		Дата
Разраб. Балакин						
Пров. Козлов						
Н.контр. Козлов						
Утв. Логинов						
				Резец токарный контурный сборный		Лист 1
				ТГУ ИМ, гр. ТМбд-1601а		1
				Копировал		Формат А4