

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

Институт машиностроения  
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»  
(наименование)

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

Проектирование технологических процессов  
(направленность (профиль)/ специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс изготовления корпуса буксы

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

Тольятти 2020

## Аннотация

Свечкарев Дмитрий Александрович. Технологический процесс изготовления корпуса буксы. Кафедра: Оборудование и технологии машиностроительного производства. ТГУ Тольятти, 2020 г.

В работе рассматриваются вопросы проектирования технологического процесса изготовления корпуса буксы на основе типовых технологических процессов изготовления деталей данного типа. Основная цель работы заключается в проектировании технологического процесса, который позволит обеспечить выпуск годового объема корпусов буксы при обеспечении характеристик качества и минимума затрат. Для решения поставленной цели на основе анализа исходных данных были сформулированы и решены задачи технологического и конструкторского характера.

Работа состоит из введения, пяти основных разделов, заключения, списка используемых источников и приложений. Введение посвящено оценке актуальности темы и формированию цели работы. В первом разделе проведен анализ исходных данных и сформулированы основные задачи работы. Второй раздел содержит решения технологических задач работы. В третьем разделе решаются вопросы конструкторского характера, направленные на совершенствование базовой технологии. Четвертый раздел посвящен анализу безопасности выполнения технологического процесса и экологичности производства. В пятом разделе оценена экономическая эффективность проектируемого технологического процесса. Заключение содержит основные выводы по работе. В приложениях содержится вся необходимая конструкторская и технологическая документация.

Работа состоит из 66 страниц пояснительной записки и 7 листов формата А1 графической части.

## Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	5
1.1 Назначение детали и условия ее эксплуатации.....	5
1.2 Технологические характеристики детали.....	6
1.3 Формулировка задач работы.....	8
2 Разработка технологической части работы.....	10
2.1 Выбор параметров техпроцесса.....	10
2.2 Проектирование заготовки.....	11
2.3 Проектирование плана изготовления.....	19
2.4 Определение средств оснащения техпроцесса.....	21
2.5 Разработка технологических операций.....	23
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	26
3.1 Проектирование станочного приспособления.....	26
3.2 Проектирование режущего инструмента.....	32
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	35
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	35
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	36
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	38
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	41
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	44
5 Экономическая эффективность работы.....	47
Заключение.....	51
Список используемых источников.....	52
Приложение А Маршрутная карта.....	56
Приложение Б Операционные карты.....	60
Приложение В Спецификации к сборочным чертежам.....	64

## Введение

Съемные буксы получили широкое распространение в конструкции самых разнообразных машин и механизмов. Они достаточно простые по конструкции, позволяют реализовать модульный принцип проектирования механизма, обеспечивают хорошие показатели ремонтпригодности всего механизма в целом и обладают рядом других преимуществ.

Буксы по конструкции подразделяются на разъемные и неразъемные. Разъемные буксы более удобны в эксплуатации, обеспечивают легкий доступ к внутренним поверхностям для их обслуживания, упрощают процесс сборки механизма. К недостаткам такой конструкции можно отнести ее не технологичность. Технология изготовления таких букс предусматривает наличие промежуточной сборочной операции корпуса и крышки в технологическом процессе перед операцией обработки отверстия. Еще один недостаток заключается в том, что разъемное соединение не всегда обеспечивает требуемую жесткость системы. Неразъемные буксы обладают гораздо лучшими показателями жесткости конструкции, более технологичны в процессе изготовления. Основными недостатками такой конструкции являются усложнение технологического процесса сборки всего механизма и усложнение ремонта и обслуживания подшипникового узла.

В данной работе рассматривается букса неразъемного типа, что отразится на составе и структуре технологических операций, которые должны обеспечить заданные параметры качества обработки поверхностей буксы. При этом необходимо выполнить условие обеспечения минимальных затрат на изготовление всей годовой программы.

Исходя из высказанных соображений, цель данной выпускной квалификационной работы заключается в разработке такой технологии изготовления буксы, которая обеспечит изготовление годовой программы деталей с установленными параметрами качества и минимальными экономическими затратами.

## **1 Анализ исходных данных**

### **1.1 Назначение детали и условия ее эксплуатации**

Назначение буксы заключается в установке в ней подшипника скольжения, вкладыша и устройства для подачи смазки. Букса исполняет роль связующего звена между рамой, к которой она крепится, и валом или осью устанавливаемым в подшипники.

Конструкция буксы, прежде всего, обусловлена ее служебным назначением и состоит из поверхностей с различными характеристиками. Контуры детали сформированы плоскостями и цилиндрическими поверхностями. В конструкции детали имеются уступы, внутренние ступенчатые цилиндрические поверхности, а также отверстия для установки системы подачи смазочных материалов, отверстия под крепежные и установочные винты. Как отмечалось ранее, буксы применяются для компоновки самых различных по назначению механизмов. Такой широкий спектр их применения влияет и на условия их эксплуатации, которые могут существенно отличаться. Технология изготовления должна обеспечивать заданные эксплуатационные характеристики детали при всех возможных вариантах ее эксплуатации. Поэтому необходимо рассмотреть худшие из них. В зависимости от служебного назначения механизма букса может эксплуатироваться в условиях влияния различных внешних и внутренних факторов. Наиболее сложный вариант эксплуатации предусматривает влияние агрессивных сред, высоких и низких температур и повышенного давления внешней среды. Рабочие нагрузки, действующие на буксу в процессе эксплуатации, также существенно отличаются в зависимости от механизма, в котором предполагается ее использовать. Для целей проведения анализа рассмотрим наихудший вариант, при котором на буксу действуют значительные интенсивные знакопеременные нагрузки, действие которых может быть усилено влиянием описанных выше внешних факторов. Такие

условия эксплуатации детали могут привести к повышенному износу поверхностей детали и преждевременному ее выходу из строя.

Анализ конструкции буксы и условий ее эксплуатации показал, что обеспечение всех требований, заданных конструктором на чертеже детали одна из основных задач, которую необходимо решить в ходе проектирования технологического процесса ее изготовления.

## 1.2 Технологические характеристики детали

Проведение анализа детали с точки зрения ее технологичности предусматривает выполнение нескольких этапов [6]: анализ служебного назначения поверхностей; анализ конструкции детали; анализ материала детали и возможных методов получения заготовки; анализ базирования и механической обработки детали. «Поверхности детали по служебному назначению подразделяются на: основные конструкторские базы, вспомогательные конструкторские базы, исполнительные поверхности и свободные» [13]. Для проведения данной классификации выполним эскиз детали (рисунок 1).

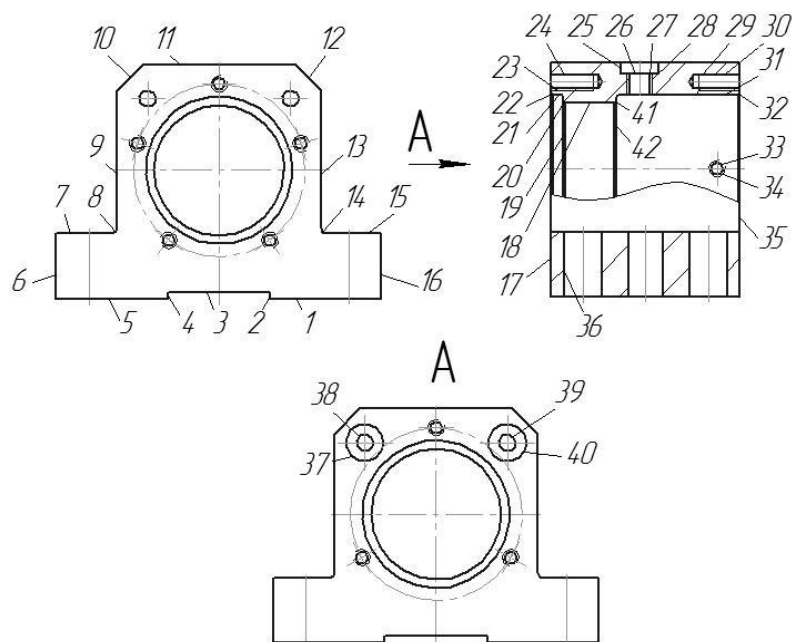


Рисунок 1 – Эскиз детали

Поверхности буксы классифицируются следующим образом:

- основные конструкторские базы – 1, 5;
- вспомогательные конструкторские базы – 17, 18, 24, 25, 26, 28, 30, 31, 33, 35, 36, 42;
- исполнительные поверхности – 18, 31, 42;
- свободные поверхности – оставшиеся.

Конструкция детали достаточно простая и типична для такого рода деталей. Деталь сформирована набором простых поверхностей типа плоскостей и цилиндров, сложнопрофильные поверхности на данной детали отсутствуют. Точность, размеры и допуски взаимного расположения поверхностей полностью соответствуют стандартным рядам, поэтому все поверхности могут быть получены стандартными методами обработки с применением параллельной и параллельно-последовательной структуры операций. Следовательно, конструкцию буксы можно признать технологичной.

Букса изготавливается из чугуна СЧ-20 ГОСТ 1412-85. Наиболее важными характеристиками материала с точки зрения механической обработки заготовки и обеспечения эксплуатационных характеристик детали являются прочность на растяжение и коэффициент обрабатываемости. Для чугуна СЧ-20 данные показатели составляют [28]:  $\sigma_B$  равно 200 Мпа,  $K_0$  равен 1,0. Это обеспечивает хорошие эксплуатационные показатели и высокую технологичность изготовления.

Материал детали определяет метод получения заготовки [1]. В данном случае наиболее приемлемо применение методов получения при помощи литья. Для выбора конкретного метода получения заготовки учитывается форма конечной детали. Исходя из этих соображений, наилучшими вариантами получения заготовки для буксы могут быть метод литьем в землю или метод литьем в кокиль. Оба метода достаточно технологичны и позволяют получить достаточно точную заготовку, требующую минимальной механической обработки.

Анализ схем базирования один из ключевых вопросов в определении технологичности детали. Рассматриваемая деталь имеет достаточно большое количество подходящих по размеру и точности поверхностей, которые удобно использовать в качестве баз при установке и закреплении заготовки на операциях механической обработки. Исходя из формы и расположения поверхностей детали, для реализации схем базирования вероятнее всего не понадобится применения специальных средств оснащения. Окончательная разработка схемы базирования и выбор средств технологического оснащения ее реализующих будет сделана в последующих разделах данной работы. На данном этапе можно сделать заключение, что с точки зрения базирования букса отвечает всем требованиям технологичности.

Качественные характеристики поверхностей детали требуют их обязательной механической обработки. Для ее выполнения не требуется применения каких-либо специальных методов обработки, что существенно снижает время на технологическую подготовку производства и упрощает проектирование технологического процесса. Оборудование и средства технологического оснащения в данном случае будут выбраны исходя из типа производства, но при этом будет отдано предпочтение универсальному оборудованию и стандартным средствам технологического оснащения. С точки зрения механической обработки поверхностей буксу можно считать технологичной деталью.

Резюмируя проведенный анализ детали в соответствии с предложенной методикой можно считать, что букса отвечает всем критериям технологичности.

### **1.3 Формулировка задач работы**

Проведенный анализ исходных данных позволяет сформулировать основные задачи, которые должны быть решены в ходе выполнения выпускной квалификационной работы.



Во-первых, технологический процесс изготовления должен решать задачу обеспечения всех требований, предъявляемых конструктором к чертежу детали. Для этого необходимо проанализировать имеющиеся технологические процессы аналогичных деталей с учетом типа производства, провести расчеты припусков на обработку и операционных допусков.

Во-вторых, необходимо решить задачу получения максимальной экономической эффективности технологического процесса изготовления. Для этого необходимо выбрать заготовку на основе экономического обоснования затрат на получения готовой детали из нее. Максимально сократить припуски на механическую обработку. Выбрать наиболее эффективные в условиях выбранного типа производства средства технологического оснащения и оборудование.

В-третьих, должна быть решена задача модернизации наиболее проблемных операций технологического процесса. Для этого необходимо выявить лимитирующие операции или операции, имеющие определенные технические проблемы, например неудовлетворительное качество обработки. Затем необходимо их модернизировать путем проектирования соответствующих станочного приспособления или режущего инструмента.

В-четвертых, для подтверждения эффективности разрабатываемого технологического процесса необходимо определить насколько он отвечает требованиям безопасности и экологичности, а также определить показатели его экономической эффективности.

Комплексному решению данных задач посвящены все последующие разделы.

В ходе выполнения раздела произведен анализ исходных данных. Проанализированы служебное назначение детали, ее технологические характеристики, а также выбраны параметры проектируемого техпроцесса. На основе полученных данных по проведенному анализу сформулированы основные задачи работы.

## **2 Разработка технологической части работы**

### **2.1 Выбор параметров техпроцесса**

Параметры технологического процесса определяют основные направления его проектирования и требуемые характеристики производства. Выбор данных параметров основывается на знании типа производства. Существует несколько методик определения типа производства [14]. «В данном случае решение этой задачи возможно на основе знания массы детали (5,36 кг) и годовой программы выпуска (5000 штук в год). В соответствии с выбранной методикой тип производства среднесерийный» [14].

Параметры технологического процесса в соответствии с данным типом производства назначаем по данным [20].

Проектирование технологического процесса осуществляется на основе линейной и циклической стратегий. В случае наличия независимых этапов проектирование применяется разветвленная стратегия.

Метод получения заготовки выбирается исходя из конструктивных особенностей детали, марки материала и технологических возможностей производства. Проектирование заготовки осуществляется на основе определения припусков с применением статистического или расчетно-аналитического методов.

Технологический маршрут строится на базе типовых технологических процессов с выбором методов обработки поверхностей с применением показателей удельных затрат в виде маршрутной и маршрутно-операционной технологии.

Предпочтительным является применение оборудования с программным управлением. В ряде случаев допускается применение универсального и специализированного оборудования. Предусматривается применение универсальных и стандартных средств оснащения техпроцесса (инструмент,

станочные приспособления, средства контроля). В обоснованных случаях возможно применение специальных средств оснащения.

Технологические операции проектируются на основе последовательной и параллельно-последовательной структуры. Точность операций обеспечивается методом предварительной настройки оборудования на размер или применением систем активного контроля. Установка и закрепление детали осуществляется на основе схем базирования, разработанных с соблюдением принципов единства и постоянства баз. Режимы резания и нормирование операций осуществляются на базе статистических и расчетных методов.

Производственный процесс организуется на базе не поточной формы организации с запуском периодически повторяющихся партий деталей. Производственные участки организуются по групповому признаку, то есть оборудование расставляется исходя из принадлежности к той или иной классификационной группе.

## **2.2 Проектирование заготовки**

Проектирование заготовки выполняется в несколько этапов [24]. На первом этапе необходимо произвести выбор метода получения заготовки. На втором этапе производится выбор методов обработки для каждой поверхности, и рассчитываются припуски на механическую обработку. На третьем этапе определяются характеристики заготовки, и выполняется ее рабочий чертеж.

Выбор метода проектирования заготовки основан на их экономическом сравнении [5]. В ходе выполнения анализа исходных данных было установлено, что в данном случае целесообразно применения методов литья в земляные формы и в кокиль. Проведем их сравнение путем сравнения затрат на получение детали из заготовок, полученных каждым из способов:

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

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

$C_{МЕХ}$  – стоимость снятия одного кг стружки, руб.;

$C_{ОТХ}$  – стоимость одного кг стружки, руб.;

$Q$  – масса заготовки, кг;

$q$  – масса детали, кг» [5].

«Определение массы детали производится по формуле:

$$q = V \cdot \rho, \quad (2)$$

где  $V$  – объем детали, м<sup>3</sup>;

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

Получаем массу детали  $q = 5,36$  кг.

Определение массы заготовки производится на основании коэффициента, учитывающего особенности получения заготовки по формуле:

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

где  $i$  – номер варианта получения заготовки;

$K_p$  – коэффициент способа получения заготовки.

Масса заготовки, полученной методом литья в кокиль:

$$Q_1 = 5,36 \cdot 1,26 = 6,72 \text{ кг.}$$

Масса заготовки, полученной методом литья в земляные формы:

$$Q_2 = 5,36 \cdot 1,3 = 6,97 \text{ кг.}$$

Стоимость получения одного кг заготовок, выбранным методом:

$$C_{ЗАГ} = C_{ОТ}h_T h_C h_B h_M h_{П}, \quad (4)$$

где « $C_{OT}$  – базовая стоимость получения одного кг заготовок, выбранным методом, руб.;

$h_T$  – коэффициент точности метода получения заготовки;

$h_C$  – коэффициент группы сложности метода получения заготовки;

$h_B$  – коэффициент массы метода получения заготовки;

$h_M$  – коэффициент марки материала;

$h_{II}$  – коэффициент объема производства» [5].

$$C_{ЗАГ\ 1,2} = 43,47 \cdot 1,06 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 30,96 \text{ руб.}$$

«Стоимость снятия одного кг стружки определяется по формуле:

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

где  $C_C$  – текущие затраты на снятие одного кг стружки, руб.;

$C_K$  – капитальные вложения, отнесенные на один кг стружки, руб.;

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

Подставив соответствующие значения в формулу (5) получим:

$$C_{МЕХ\ 1,2} = 4,95 + 0,1 \cdot 10,85 = 6,04 \text{ руб.}$$

Подставляем полученные значения в формулу (1), получаем:

$$C_{T1} = 30,96 \cdot 6,72 + 6,04 \cdot (6,72 - 5,36) - 1,4 \cdot (6,72 - 5,36) = 214,36 \text{ руб.}$$

$$C_{T2} = 30,96 \cdot 6,97 + 6,04 \cdot (6,97 - 5,36) - 1,4 \cdot (6,97 - 5,36) = 223,26 \text{ руб.}$$

Проведенные расчеты показали более высокую экономическую эффективность применения получения заготовки методом литья в кокиль.

Получаемый при этом экономический эффект можно определить из выражения:

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

где  $N$  – годовая программа выпуска деталей, шт.

Получаем следующее значение экономического эффекта:

$$\mathcal{E} = (223,26 - 214,36) \cdot 5000 = 44500 \text{ руб.}$$

Далее определяем методы обработки поверхностей. Для этого используем методику [11] в соответствии с которой последовательность методов обработки поверхностей выбирается исходя из их формы, показателей их точности, шероховатости и удельных затрат соответствующего набора методов обработки.

Для поверхностей 1, 5, 7, 15, 17, 35 имеющих плоскую форму, качество точности 12 и параметр шероховатости  $Ra$  3,2 мкм маршрут обработки состоит из фрезерования черного и фрезерования чистового.

Для поверхностей 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 25, 26 имеющих плоскую форму, качество точности 12 и параметр шероховатости  $Ra$  12,5 мкм маршрут обработки состоит из фрезерования черного.

Для поверхностей 2, 31 имеющих цилиндрическую форму, качество точности 7 и параметр шероховатости  $Ra$  2,5 мкм маршрут обработки состоит из точения черного, точения чистового и точения тонкого.

Для поверхности 19 имеющей плоскую форму, качество точности 12 и параметр шероховатости  $Ra$  12,5 мкм маршрут обработки состоит из точения черного.

Для поверхностей 20, 22, 32, 41 имеющих коническую форму, качество точности 12 и параметр шероховатости  $Ra$  2,5 мкм маршрут обработки состоит из точения чистового.

Для поверхности 19 имеющей цилиндрическую форму, качество точности 12 и параметр шероховатости  $Ra$  12,5 мкм маршрут обработки состоит из точения черного.

Для поверхностей 23, 28, 30, 34 имеющих винтовую форму, качество точности 10 и параметр шероховатости  $Ra$  6,3 мкм маршрут обработки состоит из резбонарезания.

Для поверхностей 24, 27, 29, 33, 36, 37, 38, 39, 40 имеющих цилиндрическую форму, качество точности 10 и параметр шероховатости  $Ra$  6,3 мкм маршрут обработки состоит из сверления.

Для поверхности 42 имеющей плоскую форму, качество точности 12 и параметр шероховатости  $Ra$  3,2 мкм маршрут обработки состоит из точения чернового и точения чистового.

Следующим этапом выполняем расчет припусков на обработку поверхностей. Исходя из определенных ранее параметров техпроцесса, припуски рассчитываются расчетно-аналитическим [22] и статистическим [18] методами. Расчетно-аналитический метод достаточно точный, но при этом требует проведение большого количества вычислений. В условиях среднесерийного производства область применения данного метода ограничивается расчетом припусков для точных поверхностей.

В соответствии с предлагаемой методикой расчетно-аналитическим методом определяем припуски для поверхности  $\varnothing 70H7^{(+0.03)}$ .

«Минимальный припуск определяется из выражения:

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

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].

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

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

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

«Максимальный припуск определяется из выражения:

$$z_{i \max} = z_{i \min} + 0,5(TD_{i-1} + TD_i), \quad (8)$$

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

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

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

мм.

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

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

Средний припуск определяется из выражения:

$$z_{\text{ср}i} = 0,5(z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (9)$$

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

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

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

Операционные размеры определяются с использованием выражений:

$$D_{(i-1)\max} = D_{i \max} - 2 \cdot z_{i \min}. \quad (10)$$

$$D_{(i-1)\min} = D_{(i-1)\max} - TD_{i-1}. \quad (11)$$

$$D_{i \text{ ср}} = 0,5(D_{i \max} + D_{i \min}). \quad (12)$$

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

$$D_{3 \max} = 70,030 \text{ мм.}$$



$$D_{3 \min} = 70,000 \text{ мм.}$$

$$D_{3 \text{ ср}} = 0,5(D_{3 \max} + D_{3 \min}) = 0,5(70,030 + 70,000) = 70,015 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \max} = D_{3 \max} - 2 \cdot z_{3 \min} = 70,030 - 2 \cdot 0,123 = 69,784 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \min} = D_{2 \max} - TD_2 = 69,784 - 0,046 = 69,738 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \text{ ср}} = 0,5(D_{2 \max} + D_{2 \min}) = 0,5(69,784 + 69,738) = 69,761 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \max} = D_{2 \max} - 2 \cdot z_{2 \min} = 69,784 - 2 \cdot 0,239 = 69,306 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \min} = D_{1 \max} - TD_1 = 69,306 - 0,12 = 69,186 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \text{ ср}} = 0,5(D_{2 \max} + D_{2 \min}) = 0,5(69,306 + 69,186) = 69,246 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \max} = D_{1 \max} - 2 \cdot z_{1 \min} = 69,306 - 2 \cdot 0,551 = 68,204 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \min} = D_{0 \max} - TD_0 = 68,204 - 1,0 = 67,204 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \text{ ср}} = 0,5(D_{2 \max} + D_{2 \min}) = 0,5(68,204 + 67,204) = 67,704 \text{ мм.}$$

Для определения общих припусков используются выражения:

$$2z_{\min} = D_{3 \max} - D_{0 \min}. \quad (13)$$

$$2z_{\max} = 2z_{\min} + TD_0 + TD_3. \quad (14)$$

$$2z_{\text{ср}} = 0,5(2z_{\min} + 2z_{\max}). \quad (15)$$

$$2z_{\min} = 70,030 - 60,204 = 2,826 \text{ мм.}$$

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

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

«Для остальных поверхностей припуски на обработку определяем с использованием статистического метода в следующем порядке» [18]. Минимальный припуск назначается в зависимости от требуемой точности и шероховатости обрабатываемой поверхности с учетом особенностей технологического перехода по данным [18]. Затем рассчитывается максимальный припуск с использованием выражения:

$$z_{i \max} = z_{i \min} + 0,5(TD_{i-1} + TD_i). \quad (16)$$

Средний припуск рассчитывается по формуле (15).

Полученные результаты расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Определение припусков на обработку

Номер поверхности	Переход	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм	Средний припуск, мм
1, 5	1	1,0	3,03	2,015
	2	0,3	0,65	0,475
6, 16	1	0,8	2,575	1,688
7, 15	1	0,8	2,125	1,463
	2	0,25	0,5	0,375
9, 13	1	0,8	2,575	1,688
11	2	0,8	2,83	1,815
17, 35	1	1,0	2,94	1,97
	2	0,3	0,445	0,373
18	1	0,9	2,25	1,575
	1	0,7	0,887	0,794
	3	0,2	0,252	0,226
42	1	1,8	3,125	2,463
	2	0,8	0,975	0,888
36	1	1,0	1,125	1,063
	1	0,06	0,109	0,085

В соответствии с принятой методикой проектирования заготовки следующим этапом является определение ее параметров и разработка рабочего чертежа. Для определения параметров будем использовать данные ГОСТ Р 53464-2009 [4]. Согласно им проектируемая отливка имеет следующие параметры: размерная точность соответствует классу 10, точность массы соответствует 10 классу, степень точности поверхностей 12, степень коробления отливки 3, радиусы скруглений 3 мм, эксцентricность отверстий и сдвиг плоскостей не более 1,8 мм.

Рабочий чертеж заготовки, разработанный в соответствии с требованиями [10], представлен в графической части работы.

## 2.3 Проектирование плана изготовления

Проектирование плана изготовления выполняется на основе предварительного формирования маршрута обработки и разработки схем базирования.

Формирование маршрута обработки задача многофакторная. Для ее решения необходимо учесть характеристики параметров техпроцесса, с учетом типа производства, рассмотренные ранее в подразделе 2.1. С целью повышения качества проектных решений формирование маршрута будем производить на основе типовых маршрутов обработки [9, 16, 27]. При формировании маршрута необходимо формировать операции путем объединения в них однотипных переходов с учетом конструктивных особенностей детали. Полученный маршрут обработки буксы выглядит следующим образом.

Операция 005 Комбинированная содержит переходы: фрезерование, сверление, зенкерование, развертывание. На данных переходах обрабатываются поверхности: 1, 2, 3, 4, 5, 36.

Операция 010 Комбинированная содержит переходы: фрезерование, сверление, зенкерование, резбонарезание. На данных переходах обрабатываются поверхности: 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 25, 26, 27, 28, 33, 34.

Операция 015 Комбинированная содержит переходы: фрезерование, сверление, резбонарезание. На данных переходах обрабатываются поверхности: 29, 30, 31, 35, 42.

Операция 020 Комбинированная содержит переходы: фрезерование, сверление, зенкование, резбонарезание, растачивание. На данных переходах обрабатываются поверхности: 17, 18, 19, 21, 23, 24, 37, 38, 39, 40.

Операция 025 Фрезерная содержит переход фрезерования, на котором обрабатываются поверхности: 7, 8, 14, 15, 17, 35.

Операция 030 Расточная содержит переход растачивания, на котором обрабатываются поверхности: 31, 32, 42.

Операция 035 Расточная содержит переход растачивания, на котором обрабатываются поверхности: 18, 20, 22.

Операция 040 Расточная содержит переход растачивания, на котором обрабатывается поверхность: 31.

Операция 045 Расточная содержит переход растачивания, на котором обрабатывается поверхность: 18.

Операция 050 Моечная. На данной операции выполняется мойка и сушка всех поверхностей детали.

Операция 055 Контрольная. На данной операции выполняется контроль параметров, заданных чертежом детали согласно карте контроля.

Выбор схем базирования во многом влияет на эффективность проектируемого технологического процесса, так как от принятых схем зависят величины припусков на обработку, величины операционных допусков на размеры поверхностей и на погрешности их взаимного расположения, необходимые усилия для закрепления, выбор и состав станочной оснастки, и ряд других показателей техпроцесса. Успешное решение этой задачи основано на использовании основных принципов базирования [26]. Особое внимание следует уделить соблюдению принципов единства и постоянства баз.

Разработка чертежа плана изготовления детали основывается на рекомендациях [19]. В соответствии с ними данный чертеж должен содержать следующие основные элементы: перечень всех операций технологического процесса; применяемое оборудование; эскизы выполнения операций, на которых указываются обрабатываемые поверхности и их размеры, разработанные ранее схемы базирования; технические требования к выполнению операции, которые включают шероховатость, операционные допуски, допустимые отклонения формы и расположения поверхностей. Разработанный план изготовления представлен в графической части работы.

## 2.4 Определение средств оснащения техпроцесса

Средства оснащения техпроцесса оказывают одно из ключевых влияний на его эффективность. В общем случае средства оснащения должны отвечать требованиям, которые были определены при выборе параметров техпроцесса в подразделе 2.1. Для выбора конкретных марок, наименований и моделей необходимо дополнительно учитывать следующие рекомендации [14]:

- оборудование должно обеспечивать предусмотренную максимальную концентрацию выполняемых переходов, гибкость и производительность;
- режущий инструмент должен иметь максимальную стойкость, обеспечивать выполнение расчетных режимов резания, обеспечивать размерную точность обработки и качество обработанных поверхностей;
- станочные приспособления должны обеспечивать выполнение схемы базирования, обеспечивать максимальную надежность закрепления и иметь максимальное быстродействие;
- средства контроля должны обеспечивать заданную точность контроля, быть максимально простыми и надежными в эксплуатации.

Кроме высказанных выше рекомендаций следует учитывать и экономические показатели выбираемых средств оснащения техпроцесса. Наиболее точным методом определения эффективности принятых решений является выполнение точного экономического расчета, но в данном типе производства проведение таких расчетов не целесообразно из-за их трудоемкости. Поэтому следует руководствоваться укрупненными нормативами.

Выбор конкретных марок, наименований и моделей средств оснащения будем осуществлять, используя данные [2, 7, 8, 17, 23].

Операция 005 Комбинированная содержит следующие средства оснащения: обрабатывающий центр HAAS TM-1, приспособление специальное, фреза специальная GS1020, сверло R840-1680-30-A0A GS1020 Sandvik, сверло R840-1800-30-A0A GS1020 Sandvik, зенкер 830B-E06D1780H7S12 P10R Sandvik, развертка 830B-E06D1800H7S12 P10R Sandvik, штангенциркуль ШЦ-III-ГОСТ 166-80, нутромер НМ-45 ГОСТ 9244-75.

Операция 010 Комбинированная содержит следующие средства оснащения: обрабатывающий центр HAAS UMC-750, приспособление специальное фреза специальная GS1020, сверло спиральное R841-1025-30-A1A GC1220 Sandvik, фреза концевая R216.24-12050CCC19P GC1640 Sandvik, фреза резьбовая 327R09-18 150MM-TH GC1025 Sandvik, сверло спиральное R841-0675-30-A1A GC1220 Sandvik, фреза резьбовая R217.14C060125AK17N GC1630 Sandvik, штангенциркуль ШЦ-III-ГОСТ 166-80, нутромер НМ-75 ГОСТ 9244-75.

Операция 015 Комбинированная содержит следующие средства оснащения: обрабатывающий центр HAAS TM-1, приспособление специальное, фреза специальная GS1020, сверло спиральное R841-0725-30-A1A GC1220 Sandvik, фреза резьбовая 327R09-18 150MM-TH GC1025 Sandvik, резец расточной C4-SCLCR/L-27080-12 CCMT 12 04 08 GC3205 Sandvik, штангенциркуль ШЦ-III-ГОСТ 166-80, нутромер НМ-75 ГОСТ 9244-75.

Операция 020 Комбинированная содержит следующие средства оснащения: обрабатывающий центр HAAS TM-1, приспособление специальное, фреза специальная GS1020, сверло спиральное R841-0725-30-A1A GC1220 Sandvik, сверло спиральное R841-0800-30-A1A GC1220 Sandvik, сверло спиральное R841-1800-30-A1A GC1220 Sandvik, фреза резьбовая 327R09-18 150MM-TH GC1025 Sandvik, резец расточной C4-SCLCR/L-27080-12 CCMT 12 04 08 GC3205 Sandvik, штангенциркуль ШЦ-III-ГОСТ 166-80, нутромер НМ-75 ГОСТ 9244-75.

Операция 025 Фрезерная содержит следующие средства оснащения: обрабатывающий центр HAAS MINI-MILL, приспособление специальное, фреза специальная GC1010, микрометр МК-100 ГОСТ 6507-90.

Операция 030 Расточная содержит следующие средства оснащения: обрабатывающий центр HAAS MINI-MILL, приспособление специальное, резец расточной C4-SCLCR/L-27080-12 CCMT 12 04 08 GC1690 Sandvik, нутромер НМ-75 ГОСТ 9244-75.

Операция 035 Расточная содержит следующие средства оснащения: обрабатывающий центр HAAS MINI-MILL, приспособление специальное, резец расточной C4-SCLCR/L-27080-12 CCMT 12 04 08 GC1690 Sandvik, нутромер НМ-75 ГОСТ 9244-75.

Операция 040 Расточная содержит следующие средства оснащения: обрабатывающий центр HAAS MINI-MILL, приспособление специальное, резец расточной C4-SCLCR/L-27080-12 CCMT 12 04 08 CB7525 Sandvik, нутромер НМ-75 ГОСТ 9244-75.

Операция 045 Расточная содержит следующие средства оснащения: обрабатывающий центр HAAS MINI-MILL, приспособление специальное, резец расточной C4-SCLCR/L-27080-12 CCMT 12 04 08 CB7525 Sandvik, нутромер НМ-75 ГОСТ 9244-75.

Операция 050 Моечная содержит следующие средства оснащения: моечная машина.

## **2.5 Разработка технологических операций**

Разработка технологических операций заключается в определении соответствующих режимов резания, выполнении нормирования и проектировании технологической документации.

Режимы резания в данном случае будем назначать исходя из того, что в технологическом процессе используется металлорежущий инструмент фирмы «Sandvik coromant». Эффективнее всего использовать рекомендации

производителя инструмента [8]. Это позволит максимально использовать его технологические возможности.

Нормирование техпроцесса выполним исходя из рекомендаций по выбору параметров техпроцесса, то есть расчетным методом [15].

Результаты определения режимов резания и нормирования представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты определения режимов резания и нормирования

Переход	Подача, мм/об (мм/зуб)	Скорость, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин
005 Комбинированная					
1	0,2	275	1460	282	0,24
2	0,1	320	1700	282	0,42
3	0,15	290	1880	92	0,08
4	0,08	80	1520	216	1,78
5	0,5	60	1060	66	0,12
6	0,8	25	450	66	0,18
010 Комбинированная					
1	0,2	275	1460	444	0,38
2	0,2	275	1460	111	0,1
3	0,2	275	1460	333	0,29
4	0,2	275	1460	111	0,1
5	0,2	275	1460	333	0,29
6	0,08	80	2540	20	0,1
7	0,1	160	3400	17	0,05
8	0,047	52	2760	15	0,12
9	0,08	80	2540	19	0,09
10	0,047	52	2760	20	0,16
015 Комбинированная					
1	0,2	275	1460	339	0,29
2	0,05	60	2730	75	0,55
3	0,047	52	2760	105	0,81
4	0,24	530	2410	65	0,11
020 Комбинированная					
1	0,2	275	1460	339	0,29
2	0,05	60	2730	75	0,55
3	0,047	52	2760	63	0,49
4	0,05	60	2730	94	0,69
5	0,08	75	1326	78	0,74
6	0,24	530	2410	47	0,08
025 Фрезерная					
1	0,1	320	1700	523	0,77



Продолжение таблицы 2

Переход	Подача, мм/об (мм/зуб)	Скорость, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин
030 Расточная					
1	0,12	640	2910	95	0,27
035 Расточная					
1	0,12	640	2910	47	0,14
040 Расточная					
1	0,08	820	3730	95	0,32
045 Расточная					
1	0,08	820	3730	47	0,16

Полученные данные заносятся в соответствующие графы технологической документации, которая в данном случае оформляется в виде маршрутной и операционных карт, а также являются основой для проектирования технологических наладок на операции техпроцесса.

Результаты проектирования представлены в графической части работы и приложениях А и Б.

В данном разделе определены основные характеристики типа производства, на основании которых произведено дальнейшее проектирование технологии изготовления. Произведено проектирование заготовки на основе определения маршрутов обработки поверхностей и рассчитанных в соответствии с ними припусков на механическую обработку. Спроектирован план изготовления детали на основе разработанного маршрута изготовления и схем базирования. Произведен подбор оптимальных средств технологического оснащения соответствующих типу производства. Разработаны технологические операции на основе определения режимов резания и их нормирования.

### 3 Проектирование специальных средств оснащения

#### 3.1 Проектирование станочного приспособления

Проектирование станочного приспособления целесообразно проводить для операции, оснащение которой стандартными средствами невозможно. В проектируемом технологическом процессе все операции механической обработки требуют применения таких средств. Это объясняется принятыми для операций схемами базирования и конфигурацией детали. Для проектирования выбираем станочное приспособление для 010 операции как одной из самых сложных и трудоемких.

Для проектирования будем использовать методику [25]. Данная операция состоит из нескольких технологических переходов описанных ранее. Очевидно, что в данном случае переход фрезерования наиболее нагруженный, поэтому расчет силовой структуры приспособления будем выполнять по нему.

Силы резания определяем по данным [23]. «Основная составляющая определяется по формуле:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^g \cdot n^w} k_{\text{мп}}, \quad (17)$$

где:  $C_p$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $u$ ,  $g$ ,  $w$  – коэффициенты и показатели степеней, которые учитывают особенности обработки данного материала;

$t$  – глубина резания, мм;

$S_z$  – подача на зуб, мм/зуб;

$B$  – ширина фрезерования, мм;

$z$  – число зубьев фрезы;

$D$  – диаметр фрезы, мм;

$n$  – частота вращения фрезы, об/мин;

$k_{\text{мп}}$  – коэффициент, который учитывает влияние механических

характеристик обрабатываемого материала» [23].

$$k_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_{\text{В}}}{750}\right)^{0,3}. \quad (18)$$

$$k_{\text{мр}} = \left(\frac{196}{750}\right)^{0,3} = 0,67.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 2,0^{0,9} \cdot 0,2^{0,74} \cdot 60^{1,0 \cdot 4}}{60^{1,0} \cdot 1460^0} 0,67 = 828 \text{ Н.}$$

Другие составляющие силы резания определяются из выражений:

$$P_h = P_z(1,1 \dots 1,2), \quad (19)$$

$$P_v = P_z(0 \dots 0,25), \quad (20)$$

$$P_y = P_z(0,4 \dots 0,6), \quad (21)$$

$$P_x = P_z(0,2 \dots 0,4) \text{tg}\omega. \quad (22)$$

Подставив соответствующие значения получаем:

$$P_h = 828 \cdot 1,15 = 952 \text{ Н.}$$

$$P_v = 828 \cdot 0,25 = 207 \text{ Н.}$$

$$P_y = 828 \cdot 0,6 = 497 \text{ Н.}$$

$$P_x = 828 \cdot 0,4 \cdot \text{tg}20^\circ = 121 \text{ Н.}$$

Расчет силового механизма, обеспечивающего надежное закрепление, основывается на уравновешивании системы моментов сил закрепления и резания.

Сила  $P_x$  создает момент, который определяется из выражения:

$$M_{\text{кр}} = P_x \cdot H, \quad (23)$$

где  $H$  – плечо действия силы, мм.

Данный момент уравнивается моментом силы закрепления, который определяется выражением:

$$M_{3M} = \frac{W \cdot H_1 \cdot (f_{3M} + f_{0П})}{2}, \quad (24)$$

где « $H_1$  – плечо действия силы закрепления, мм;

$f_{3M}$  – коэффициент трения на поверхности контакта зажимного элемента и заготовки;

$f_{0П}$  – коэффициент трения на поверхности контакта установочных элементов и заготовки» [25].

Приравнявая моменты, выводим уравнения для определения силы закрепления:

$$W = \frac{P_x \cdot k \cdot H}{(f_{3M} + f_{0П}) \cdot H_1}, \quad (25)$$

где « $k$  – коэффициент запаса» [25].

«Данный коэффициент определяется по формуле:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (26)$$

где:  $k_0$  – гарантированный коэффициент запаса;

$k_1$  – учитывает состояние поверхности обрабатываемой заготовки;

$k_2$  – учитывает увеличение сил резания вследствие затупления режущего инструмента;

$k_3$  – учитывает прерывистость процесса резания;

$k_4$  – характеризует постоянство усилия зажима;

$k_5$  – характеризует эргономику немеханизированного привода;

$k_6$  – учитывает наличие моментов, стремящихся повернуть заготовку, при базировании ее по плоскости» [25].

Получаем следующее значение силы закрепления:

$$W = \frac{121 \cdot 2,5 \cdot 111}{(0,16 + 0,2) \cdot 31} = 3008 \text{ Н.}$$

Совместный момент от действия составляющих силы резания  $P_h$  и  $P_v$  определяется по формуле:

$$M_p = P_v \cdot l + P_h \cdot a, \quad (27)$$

где:  $l$  – общая длина обрабатываемой заготовки, мм;

$a$  – длина плеча приложения силы  $P_h$ , мм.

Данный момент уравнивается моментом силы закрепления, который определяется выражением:

$$W_{3.м.} = W \cdot b + f_{3.м.} \cdot W \cdot a, \quad (28)$$

где  $a, b$  – размерные характеристики прихвата, мм.

Приравняв моменты, выводим уравнения для определения силы закрепления:

$$W = \frac{(P_v \cdot l + P_h \cdot a) \cdot k}{b + f_{3.м.} \cdot a}. \quad (29)$$

В данной формуле коэффициент запаса принимается равным рассчитанному ранее по формуле (26).

$$W = \frac{(207 \cdot 90 + 952 \cdot 111) \cdot 2,5}{90 + 0,16 \cdot 111} = 2883 \text{ Н.}$$

Из двух полученных значений силы закрепления в дальнейших расчетах используем наибольшую.

Проектируемое приспособление предусматривает механизацию процесса закрепления с использованием силового привода. Данный привод должен развивать усилие, определяемое по формуле:

$$Q = \frac{W}{i}, \quad (30)$$

где:  $i$  – передаточное отношение зажимного механизма.

Данное отношение определяется по формуле:

$$i = \frac{y}{x}, \quad (31)$$

где  $x$  и  $y$  – плечи создаваемые силами  $W$  и  $Q$ , мм.

$$i = \frac{67}{55} = 1,22.$$

Рассчитываем усилие создаваемое приводом:

$$Q = \frac{3008}{1,33} = 2261 \text{ Н.}$$

Создание данного усилие планируется производить при помощи гидроцилиндра, диаметр поршня которого определяется по формуле:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}}, \quad (32)$$

где  $P$  – давление масла в гидросистеме, МПа.

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{2261}{1,0}} = 53 \text{ мм.}$$

Полученный диаметр поршня необходимо округлить до ближайшего большего из стандартного ряда. В данном случае принимаем диаметр поршня гидроцилиндра равным 60 мм.

Проектируемое приспособление должно обеспечивать требуемую точность обработки заготовки. Проверка данного условия выполняется путем сравнения погрешности установки заготовки в приспособлении с допустимой погрешностью.

Расчет погрешности установки заготовки в приспособлении

выполняется по формуле:

$$\varepsilon_y^{\text{расч}} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2}, \quad (33)$$

где:  $\varepsilon_6$  – погрешность базирования, мм;

$\varepsilon_3$  – погрешность закрепления, мм;

$\varepsilon_{\text{пр}}$  – погрешность установочных элементов приспособления, мм.

В данном случае при установке заготовки выполняется принцип единства баз, поэтому  $\varepsilon_6 = 0$  мм. Конструкция приспособления и закрепляемой детали достаточно жесткие, поэтому смещения, возникающие при закреплении, достаточно малы и ими можно пренебречь, то есть  $\varepsilon_3 = 0$  мм. Погрешность установочных элементов приспособления определяется точностью их изготовления и сборки всего приспособления и в данном случае  $\varepsilon_{\text{пр}} = 0,009$  мм.

Выполняем расчет погрешности установки заготовки в приспособлении:

$$\varepsilon_y^{\text{расч}} = \sqrt{0^2 + 0^2 + 0,009^2} = 0,009 \text{ мм.}$$

Погрешность, допускаемая при закреплении детали на данной операции рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3 \cdot TA, \quad (34)$$

где:  $TA$  – допуск выполняемого размера, мм.

$$\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3 \cdot 0,18 = 0,054 \text{ мм.}$$

Полученные результаты расчетов показали, что проектируемое приспособление отвечает требованиям точности обработки заготовки при установке в нем.

Конструкция приспособления представлена в графической части

работы, а спецификация в приложении В.

Основными элементами приспособления являются: плита 1, установленные на нее ромбический 24 и цилиндрический 19 пальцы, прихваты 6 и силовые приводы 3.

Для закрепления в данном приспособлении заготовка буксы устанавливается на опоры с базированием по отверстиям при помощи цилиндрического и ромбического пальцев. Гидроцилиндр перемещает шток вверх, тем самым толкая прихват, который передает создаваемое силовым приводом усилие на заготовку, тем самым создавая силовое замыкание системы.

### **3.2 Проектирование режущего инструмента**

С целью дальнейшего совершенствования 010 операции усовершенствуем применяемую на ней фрезу. Основной проблемой предлагаемой к использованию фрезы является ее высокая стоимость, что обусловлено ее цельной конструкцией, то есть для ее изготовления используется большое количество дорогостоящего твердого сплава. Применение стандартных сборных фрез также нецелесообразно, так как применяемые материалы режущих пластин и конструктивные особенности фрез не позволяют реализовать весь потенциал высокопроизводительного оборудования применяемого на данной операции. Спроектируем специальную фрезу для данной операции лишенную данных недостатков по методике [21].

Для обеспечения необходимой производительности обработки и стойкости инструмента в качестве режущих пластин будем использовать твердосплавную трехгранную пластину GC1020 "Sandvik".

Обеспечение данной геометрии производится путем расположения плоскости  $N - N$  относительно главной режущей кромки под углом  $\beta$ . Режущие пластины в данной плоскости должны иметь угол наклона  $\mu$ .



Соответственно паз, в котором располагается пластина, также должен быть расположен под данным углом.

Угол  $\beta$  определяется выражением:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{\operatorname{tg}\alpha \cdot \sin \varepsilon}{\operatorname{tg}\alpha_1 + \operatorname{tg}\alpha \cdot \cos \varepsilon}, \quad (35)$$

где  $\varepsilon$  – угол при вершине пластины, град.

Данный угол определяется по формуле:

$$\varepsilon = 180 - \frac{n-2}{n}, \quad (36)$$

где  $n$  – количество граней режущей пластины.

Проводим расчеты:

$$\varepsilon = 180 - \frac{3-2}{3} = 60^\circ.$$

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{\operatorname{tg}15 \cdot \sin 60}{\operatorname{tg}10 + \operatorname{tg}15 \cdot \cos 60} = 0,75.$$

Определяем искомый угол  $\beta = 37^\circ$ .

Исходя из угла  $\beta$  определяется угол  $\mu$  с использованием выражения:

$$\operatorname{tg}\mu = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\sin \beta}. \quad (37)$$

$$\operatorname{tg}\mu = \frac{\operatorname{tg}15}{\sin 37} = 0,45.$$

Тогда угол наклона пластины  $\mu = 24^\circ$ .

При изготовлении фрезы обеспечение выполнения заданных углов является достаточно сложной технологической задачей, поэтому используется угол между плоскостью  $N - N$  и осью фрезы:

$$\psi = \varphi + \beta - 90^\circ. \quad (38)$$

В результате расчета получаем:

$$\psi = 90 + 37 - 90 = 37^\circ.$$

В конструкции фрезы предусмотрено крепление режущих пластин при помощи винтов. Для обеспечения надежности крепления их минимально допустимый диаметр рассчитывается по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \sigma_d}}, \quad (39)$$

где « $Q_1$  – усилие, действующее на винт в процессе резания, Н.

$\sigma_d$  – предел прочности материала винта, МПа» [21].

Усилие, действующее на винт в процессе резания, определяется по формуле:

$$Q_1 = \frac{P_z}{0,7}. \quad (40)$$

Подставляя соответствующие значения в формулы (39) и (40) получаем следующие результаты:

$$Q_1 = \frac{828}{0,7} = 1183 \text{ Н.}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1183}{\pi \cdot 650}} = 1,52 \text{ см.}$$

Конструкция фрезы представлена на соответствующем листе графической части работы, а спецификация в приложении В. Из ключевых особенностей данной фрезы следует отметить, что обеспечение выступа режущих пластин за корпус фрезы достигнуто применением в конструкции фрезы специальных лысок на державках и смещением отверстий под винты в сторону наружного диаметра фрезы.

В данном разделе произведено совершенствование операций технологического процесса через разработку соответствующей технологической оснастки и режущего инструмента.

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

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

На первом этапе определения безопасности выполнения спроектированного технологического процесса необходимо определить его характеристики. Для этого в соответствии с рекомендациями [3] оформляется технологический паспорт технического объекта (таблица 3)

Таблица 3 – Технологический паспорт технического объекта

«Технологический процесс» [3]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [3]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [3]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [3]	«Материалы, вещества» [3]
технологический процесс изготовления корпуса буксы	010 Комбинированная	оператор станков с числовым управлением	обрабатывающий центр HAAS UMC-750, приспособление специальное фреза специальная GS1020, сверло спиральное R841-1025-30-A1A GC1220, фреза концевая R216.24-12050CCC19P GC1640, фреза резьбовая 327R09-18 150MM-TH GC1025, сверло спиральное R841-0675-30-A1A GC1220, фреза резьбовая R217.14C060125AK 17N GC1630	СЧ-20 ГОСТ 1412-85, смазочно-охлаждающая жидкость «Bohre», ветошь

Из паспорта следует, что используемые в технологическом процессе оборудование, средства оснащения, материалы и вещества являются характерными для выполнения данных операций.

## 4.2 Идентификация профессиональных рисков

Основываясь на паспорте технологического процесса, выявляем профессиональные риски, воздействие которых возможно на работников, выполняющих операции технологического процесса. Определение опасных и вредных факторов выполняем в соответствии с рекомендациями [3] по данным соответствующих стандартов. В таблице 4 представлены результаты идентификации профессиональных рисков.

Таблица 4 – Идентификация профессиональных рисков

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [3]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [3]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [3]
010 Комбинированная	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	обрабатывающий центр HAAS UMC-750, приспособление специальная фреза специальная GS1020, сверло спиральное R841-1025-30-A1A GC1220, фреза концевая R216.24-12050CCC19P GC1640, фреза резьбовая 327R09-18 150MM-TH GC1025, сверло спиральное R841-0675-30-A1A GC1220, фреза резьбовая R217.14C060125AK17N GC1630
	опасные и вредные производственные факторы,	заготовка, фреза специальная GS1020,

Продолжение таблицы 4

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [3]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [3]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [3]
	связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	сверло спиральное R841-1025-30-A1A GC1220, фреза концевая R216.24-12050CCC19P GC1640, фреза резьбовая 327R09-18 150MM-TH GC1025, сверло спиральное R841-0675-30-A1A GC1220, фреза резьбовая R217.14C060125AK17N GC1630
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел	обрабатывающий центр HAAS UMC-750, средства транспортировки
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	обрабатывающий центр HAAS UMC-750, приспособление специальная фреза специальная GS1020, сверло спиральное R841-1025-30-A1A GC1220, фреза концевая R216.24-12050CCC19P GC1640, фреза резьбовая 327R09-18 150MM-TH GC1025, сверло спиральное R841-0675-30-A1A GC1220, фреза резьбовая R217.14C060125AK17N GC1630, средства транспортировки
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	обрабатывающий центр HAAS UMC-75
	отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	производственный процесс

Продолжение таблицы 4

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [3]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [3]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [3]
	вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм (ядовитые вещества/химикаты/химическая продукция)	смазочно-охлаждающая жидкость «Bohre»
	физическая динамическая нагрузка	производственный процесс
	стереотипные рабочие движения	производственный процесс

Выявленные профессиональные риски достаточно опасны для работников осуществляющих технологический процесс и могут оказать существенное влияние на состояние его здоровья, привести к возникновению травмы, а при определенных обстоятельствах к летальному исходу.

### 4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Снижение влияния профессиональных рисков технологического процесса, представленных в таблице 4, производится путем применения специальных средств коллективной и индивидуальной защиты, а также применением организационных методов, представленных в таблице 5. Достижение данного результата возможно путем определения в соответствии с действующими стандартами и нормативами организационно-технических методов и технических средств защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и вредного производственного фактора, а также средств индивидуальной защиты работника.

Таблица 5 – Организационно-технические методы и технические средства (технические устройства) устранения (снижения) негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [3]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [3]	«Средства индивидуальной защиты работника» [3]
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	«соблюдение сроков инструктажей по охране труда, применение специальных ограждающих устройств, зачистка заусенцев» [3]	«костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий или халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, перчатки с полимерным покрытием, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием» [3]
опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды,	«соблюдение сроков инструктажей по охране труда, применение специальных ограждающих устройств» [3]	«костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий» [3]
могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека		«халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, перчатки с полимерным покрытием, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием» [3]
опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их	соблюдение сроков инструктажей по охране труда, применение виброопор, массивных	«виброгасящие коврики» [3]

Продолжение таблицы 5

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [3]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [3]	«Средства индивидуальной защиты работника» [3]
поверхностей и характеризуемые повышенным уровнем общей вибрации	фундаментов	
опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризуемые повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	«соблюдение сроков инструктажей по охране труда, применение средств изоляции источника шума, дистанционного управления оборудованием» [3]	«беруши, наушники противозумные» [3]
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	«соблюдение сроков инструктажей по охране труда, обучение электробезопасности, применение заземления оборудования, изоляции токоведущих частей, систем аварийного отключения оборудования» [3]	«спецодежда» [3]
отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	соблюдение сроков инструктажей, применение местного освещения	
вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм (ядовитые вещества/химикаты/химическая продукция)	«соблюдение сроков инструктажей по охране труда, применение местной вытяжки» [3]	«костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий или халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, респиратор, фартук для защиты от общих производственных загрязнений» [3]



## Продолжение таблицы 5

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [3]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [3]	«Средства индивидуальной защиты работника» [3]
физическая динамическая нагрузка	соблюдение сроков инструктажей по охране труда, применение системы регламентированных перерывов	
стереотипные рабочие движения	соблюдение сроков инструктажей по охране труда, применение системы регламентированных перерывов	

Предложенные организационные мероприятия, а также средства коллективной и индивидуальной защиты позволяют существенно снизить возможное воздействие выявленных профессиональных рисков, возникающих в ходе выполнения техпроцесса. Это позволит снизить количество несчастных случаев на производстве и сократить количество профессиональных заболеваний.

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

Пожарная безопасность на любом промышленном объекте играет важную роль. В данном случае необходимо обеспечить пожарную безопасность на участке механической обработки. Решение этой задачи будем выполнять согласно рекомендациям [3]. Для решения этой задачи необходимо «определить класс возможного пожара и опасные факторы пожара, возникновение которых может привести к получению травм, летальному исходу у персонала и нанесению значительного материального ущерба» [3]. Результаты представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

«Участок, подразделение» [3]	«Оборудование» [3]	«Класс пожара» [3]	«Опасные факторы пожара» [3]	«Сопутствующие проявления факторов пожара» [3]
участок изготовления корпуса буксы	обрабатывающий центр HAAS UMC-750, приспособление специальная фреза специальная GS1020, сверло спиральное R841-1025-30-A1A GC1220, фреза концевая R216.24-12050CCC19P GC1640, фреза резьбовая 327R09-18 150MM-TH GC1025, сверло спиральное R841-0675-30-A1A GC1220, фреза резьбовая R217.14C060125AK17 N GC1630	«пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)» [3]	«пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму» [3]	«осколки, части разрушившихся оборудования, изделий и иного имущества; вынос высокого напряжения на токопроводящие части оборудования, изделий и иного имущества; опасные факторы взрыва, происшедшего вследствие пожара; воздействие огнетушащих веществ» [3]

Зная класс пожара и его возможные опасные факторы, выбираем технические средства обеспечения пожарной безопасности, которые представлены в таблице 7. Все выбранные технические средства должны соответствовать требованиям, предъявляемым к противопожарному оборудованию [3], иметь соответствующие сертификаты и быть максимально эффективным в условиях рассматриваемого производства.

В состав технических средств пожарной безопасности входят: первичные средства пожаротушения, мобильные средства пожаротушения, стационарные установки системы пожаротушения, средства пожарной автоматики, пожарное оборудование, средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре, пожарный инструмент, сигнализация, связь и оповещение.

Таблица 7 – Технические средства пожарной безопасности

«Первичные средства пожаротушения» [3]	«Мобильные средства пожаротушения» [3]	«Стационарные установки и системы пожаротушения» [3]	«Средства пожарной автоматики» [3]	«Пожарное оборудование» [3]	«Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре» [3]	«Пожарный инструмент» [3]	«Сигнализация, связь и оповещение» [3]
огнетушители, ведра, лопаты, ящики с песком, асбестовые полотна, ломы, пилы, топоры	пожарные автомобили, мотопомпы, передвижные огнетушители	порошковая система пожаротушения	извещатели, приборы приемно-контрольные, системы передачи извещений о пожаре	гидранты, стволы рукава, соединительные колонки	противогазы, самоспасатели	ведра, ломы, полотна, лопаты, тележка, экран защитного действия	автоматические оповещатели звуковые и световые

Далее определяем комплекс организационных мероприятий, применение которых позволит «снизить вероятность возникновения пожара, а в случае его возникновения позволит минимизировать воздействие опасных факторов пожара на работников производства и минимизировать материальный ущерб» [3]. Разработанный в соответствии с рекомендациями [3] комплекс мероприятий представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

«Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта» [3]	«Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий» [3]	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты» [3]
технологический	разработка и реализация приказов,	проведение пожарных

## Продолжение таблицы 8

«Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта» [3]	«Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий» [3]	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты» [3]
технологический процесс изготовления корпуса буксы	распоряжений и инструкций в части организации проведения работы по обеспечению пожарной безопасности объекта и действиях при возникновении пожара, обучение работников мерам пожарной безопасности, применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности	инструктажей, использование автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения, пожарной сигнализации

Представленные в таблицах 7 и 8 технические средства пожаротушения и организационные мероприятия позволяют успешно решить задачу обеспечения пожарной безопасности в условиях механосборочных производств, к которым относится рассматриваемый технологический процесс.

### 4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Еще одним важным аспектом безопасности производственного процесса является обеспечение экологических показателей. Определение негативных экологических факторов производится по данным [3]. В данном случае следует учесть особенности производства, связанные с наличием большого количества отходов в виде металлического лома и различных химических жидкостей, что требует применения специальных средств очистки. Сначала определим, какие из отходов производства оказывают действие на экологические составляющие. Для этого идентифицируем негативные экологические факторы и представим результат в таблице 9.

Таблица 9 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

«Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса» [3]	«Структурные составляющие объекта производственно-технологического процесса» [3]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу» [3]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу» [3]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу» [3]
технологический процесс изготовления корпуса буксы	станок фрезерно-центровальный МР-179, тиски самоцентрирующие, фрезы торцевые Т5К10, сверла центровочные Р6М5, станок токарно-винторезный 16К20Ф3, патрон трехкулачковый специальный, резец контурный специальный Т5К10	аэрозоль от смазочно-охлаждающей жидкости, масляный туман	смазочно-охлаждающая жидкость, стружка, пыль, технические жидкости	металлическая стружка, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость, технические жидкости

По результатам идентификации с использованием данных [3] разрабатываем организационно-технические мероприятия, направленные на снижение влияния выявленных негативных экологических факторов. Результаты разработки мероприятий представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду

«Наименование технического объекта» [3]	технологический процесс изготовления корпуса буксы
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	«вентиляционная система с применением очистки воздуха при помощи циклонов, скрубберов и электрофильтров» [3]
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	«замкнутая система водоснабжения с системой очистки сточных вод с применением песколовков, решеток, отстойников, флотационных установок» [3]
Мероприятия по снижению	сортировка отходов по виду, повторное использование

## Продолжение таблицы 10

«Наименование технического объекта» [3]	технологический процесс изготовления корпуса буксы
негативного антропогенного воздействия на литосферу	металлического лома и стружки путем переплавки, утилизация отходов в зависимости от их вида на соответствующих полигонах

Выполнение анализа технологического процесса на безопасность его выполнения позволило максимально снизить риски получения травм работниками производства, что достигнуто благодаря применению средств индивидуальной и коллективной защиты, разработке соответствующих организационных мер.

Анализ возможных рисков возникновения пожаров и их характеристик позволил достигнуть необходимого уровня пожарной безопасности путем применения соответствующих виду выполняемых работ технических средств пожаротушения и организационных мероприятий.

Результаты анализа возможного воздействия экологических факторов позволили разработать организационно-технические мероприятия направленные на снижение воздействия выявленных опасных экологических факторов на окружающую среду и обеспечить соответствие производства всем экологическим нормам.

## 5 Экономическая эффективность работы

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта, определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений.

Основанием для определения экономической эффективности служат предложенные изменения в технологическом процессе изготовления детали «Корпус буксы». Эти изменения касаются только одной операций. В качестве оснастки используется УСП с механизированным зажимом, вместо УСП с ручным зажимом. А в качестве замененного инструмента предложено использовать фрезу концевую специальную с пластинами Sandvik GC1020, вместо стандартной фрезы концевой с пластинами Sandvik GC1640. Также применяется фреза резьбовая с пластинами Sandvik GC1025 и сверло спиральное с пластинами Sandvik GC1220, без изменения по вариантам технологического процесса.

Используя данное описание изменений, рассчитаем, необходимые для определения эффективности, параметры, такие как: себестоимость, капитальные вложения, прибыль, срок окупаемости и экономический эффект. Чтобы получить значения указанных параметров воспользуемся соответствующим учебно-методическим пособием [12] и программным обеспечением Microsoft Excel.

Для определения себестоимости, в частности технологической себестоимости, необходимы последовательно определить основную заработную плату, социальные отчисления и расходы на содержание и эксплуатацию оборудования. Значения этих параметров, по сравниваемым вариантам выполнения описанных операций показано на рисунке 2.

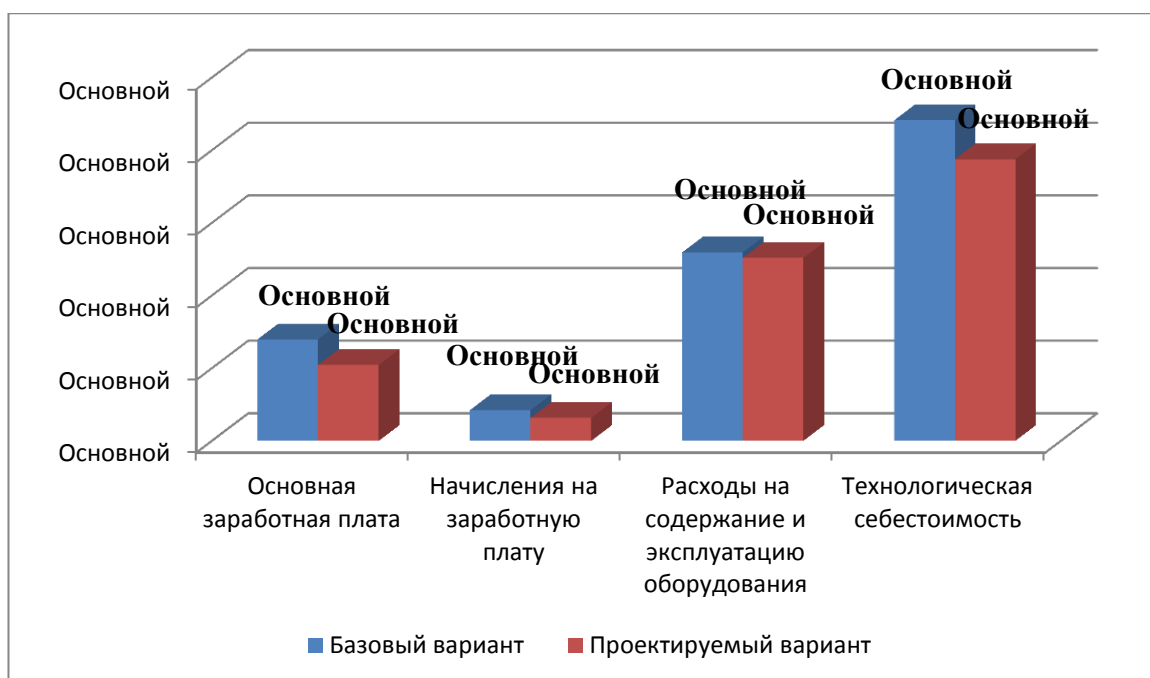


Рисунок 2 – Сравнительная характеристика параметров технологической себестоимости по вариантам, руб.

Как видно из рисунка 2, все параметры имеют тенденцию к снижению, то есть проектируемый вариант предполагает снижение технологической себестоимости изготовления детали «Корпус буксы» на 2,68 руб., что составит 12,1 %.

Полученные значения основной заработной платы и технологической себестоимости по сравниваемым вариантам служат необходимыми данными для определения такого параметра как полная себестоимость. В результате проведенных расчетов полная себестоимость для базового варианта составит 47,61 рублей, а для проектируемого – 38,49 рублей. По полученным значениям можно сделать вывод о том, что полная себестоимость проектируемого варианта меньше чем в базовом. Эта разница составляет 19,2% или 9,12 рублей.

Используя полученную разницу и годовую программу выпуска детали, определяем сначала ожидаемую прибыль, а затем, с учетом налоговой ставки



для юридических лиц, чистую прибыль от внесенных изменений в технологический процесс, которая составит 36480 рублей.

Чтобы определить будут ли эффективны предложенные изменения, необходимо рассчитать инвестиции или капитальные вложения в проект. Учитывая то, что изменения технологического процесса изготовления детали «Корпус буксы» затрагивают замену инструмента и оснастки, то капитальные вложения будут складываться из затрат на инструмент, приспособление, затраты на корректировку управляющей программы и затрат на проектирование нового технологического процесса, поэтому общая сумма инвестиций составит 62249,5 рублей. На рисунке 3 представлена структура капитальных вложений в долевом соотношении.



Рисунок 3 – Структура капитальных вложений в долях к общей величине

Анализируя структуру параметров инвестиций, представленную на рисунке 3, видно, что затраты на проектирование составляют большую долю в общей величине капитальных вложений, их доля равна 69,7 % и на втором

месте по доле в общих инвестициях занимают затраты на инструмент, они составляет – 25 %.

Имея все необходимые параметры, можно обосновать эффективность предложенных изменений. Для этого необходимо определить: срок окупаемости, общий дисконтируемый доход, интегральный экономический эффект и в зависимости от величины эффекта либо индекс доходности, либо доход на капитал. Полученные значения всех перечисленных параметров представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Показатели экономической эффективности проекта

Наименование параметра	Величина параметра
Срок окупаемости, года	3
Общий дисконтируемый доход, руб.	72337,79
Интегральный экономический эффект, руб.	10088,29
Индекс доходности, руб. / руб.	1,16

Анализируя, представленные в таблице 11, данные можно сделать вывод о том, что проект является эффективным, так как интегральный экономический эффект является положительной величиной и составляет 10088,29 рублей, что является обязательным условием для экономического обоснования мероприятий. Так как эффект больше нуля, поэтому определяется индекс доходности, а не доход на капитал. Данный показатель дает понимание, какую прибыль может получить производитель с каждого вложенного в проект рубля, в нашем случае эта прибыль составит 0,16 рублей, что может обеспечить рентабельность в размере 16 %.

В данном разделе для подтверждения эффективности технологического процесса произведен расчет его экономических показателей. В результате определено, что разработанная технология является эффективной.

## Заключение

Результатом выполнения данной работы стала разработка технологии изготовления буксы, которая обеспечила изготовление годовой программы деталей с установленными параметрами качества и минимальными экономическими затратами.

Проведена оценка актуальности темы и сформулирована цель работы. Задачи работы были сформулированы на основе анализа исходных данных. В ходе данного анализа также были выявлены основные конструктивные и технологические особенности рассматриваемого корпуса буксы и возможные технические проблемы в ходе изготовления детали.

Успешно решен блок технологических задач. Спроектированный технологический процесс изготовления корпуса буксы основан на типовых технологических процессах изготовления деталей данного типа. Такое решение полностью отвечает методологии проектирования для данного типа производства, что позволило получить качественные технологические решения без применения сложных трудоемких процедур. В соответствии с типом производства выбраны методики проектирования заготовки, технологического маршрута и операций технологического процесса. Используя данные методики, рассчитаны припуски на обработку, спроектирована заготовка, рассчитаны режимы резания на операции и проведено их нормирование. Полученные результаты отражены в соответствующей технологической документации.

Совершенствование лимитирующей операции проведено путем внесения изменений ее технического оснащения. Для этого было проведено проектирование соответствующего станочного приспособления и фрезы.

Анализ безопасности выполнения технологического процесса и экологичности производства свидетельствует о полном его соответствии соответствующим нормам. Экономические расчеты свидетельствуют об эффективности спроектированного технологического процесса.

## Список используемых источников

1. Беляев С.В. Основы металлургического и литейного производства: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению бакалавриата 22.03.02 "Металлургия" / С.В. Беляев, И.О. Леушин. - Гриф УМО. - Ростов-на-Дону. : Феникс, 2016. – 207 с.
2. 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.
3. 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: 06.05.2020).
4. ГОСТ Р 53464-2009. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. – Введ. 2010–07–01. – М. : Стандартинформ, 2010. – 45 с.
5. Зубарев Ю.М. Методы получения заготовок в машиностроении и расчет припусков на их обработку: учеб. пособие / Ю.М. Зубарев. - Санкт-Петербург. : Лань, 2016. - 256 с. [Электронный ресурс] – URL: <https://e.lanbook.com/book/72581> (дата обращения: 24.04.2020).
6. 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: 20.04.2020).
7. Каталог продукции «HAAS». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.haascnc.com/ru> (дата обращения: 04.05.2020).
8. Каталог продукции «Sandvik coromant». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sandvik.coromant.com> (дата обращения: 04.05.2020).

9. Клепиков В.В. Технология машиностроения / В.В Клепиков., А.Н. Бодров. – М. : ФОРУМ ИНФРА, 2004. – 860 с.
10. Клименков С.С. Проектирование заготовок в машиностроении: практикум: учеб. пособие / С.С. Клименков. – Москва. : ИНФРА-М, 2013. - 269 с. [Электронный ресурс] – URL: <https://e.lanbook.com/book/37101> (дата обращения: 20.04.2020).
11. Ковшов А.Н. Технология машиностроения: учебник / А.Н. Ковшов. - Изд. 3-е, стер. - Санкт-Петербург. : Лань, 2016. - 320 с. [Электронный ресурс] – URL: <https://e.lanbook.com/book/86015> (дата обращения: 15.04.2020).
12. 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: 07.05.2020).
13. Маталин А.А. Технология машиностроения : учеб. Для студ. Вузов, обуч. По спец. 151001 напр. «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроит. Производства» / А.А. Маталин. – Изд. 3-е, стер. ; Гриф УМО. – СПб. : Лань, 2010. – 512 с.
14. 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.
15. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке: учеб. пособие / В.М. Кишуров [и др.]. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Санкт-Петербург. : Лань, 2018. - 216 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/102222> (дата обращения: 04.05.2020).
16. Основы технологии машиностроения: учебник / В.В. Клепиков [и др.]. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. - 295 с. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/545566> (дата обращения: 15.04.2020).

17. 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: 04.05.2020).

18. 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: 27.04.2020).

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: 30.04.2020).

20. Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения: учеб. пособие / В.Ф. Скворцов. - 2-е изд. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. - 330 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://znanium.com/catalog/product/505001> (дата обращения: 10.04.2020).

21. 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: 06.05.2020).

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. Схиртладзе А.Г. Проектирование и производство заготовок : учеб. для вузов / А.Г. Схиртладзе, В.П. Борискин, А.В. Макаров. – 3-е изд.,

перераб. и доп. ; Гриф УМО. – Старый Оскол. : ТНТ, 2009. – 447 с.

25. Схиртладзе А.Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в". Т. 3 / А.Г. Схиртладзе, В.П. Борискин. – 3-е изд., перераб. и доп. ; гриф УМО. – Старый Оскол. : ТНТ, 2016. – 536 с.

26. Сысоев С.К. Технология машиностроения: Проектирование технол. процессов: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению подготовки дипломир. специалистов "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. - Санкт-Петербург. : Лань, 2016. – 349 с.

27. Технология машиностроения: учеб. для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / Л.В. Лебедев [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. ; гриф УМО. – Старый Оскол. : ТНТ, 2015. – 620 с.

28. Химический состав и физико-механические свойства чугуна СЧ-20 [Электронный ресурс]. – URL: [http://metallichekiy-portal.ru/marki\\_metallov/chu/SCH20](http://metallichekiy-portal.ru/marki_metallov/chu/SCH20) (дата обращения: 10.04.2020).

Приложение А

Маршрутная карта

Дир.	Взам.	Подп.													
			<b>ТГУ кафедры ОТМП</b>												
			<i>Корпус</i>												
М01			СЧ20 ГОСТ 14-85												
Разработал			Светочаров												
Проверил			Левашкин												
Утвердил															
Н. контр.															
М02			Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	К/М	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	МЗ			
			166	5,36	1	0,8	412Х	157,6x93,6x114,1	1	6,72					
А			Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции			Обозначение документа					
Б			Код, наименование оборудования			СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тип
А03			<i>XX XX XX 000 Заготовительная</i>												
Б04			<i>Литейная машина</i>												
05															
А06			<i>XX XX XX 005 XXXX Комбинированная.</i>												
Б07			<i>381101 Обрабатывающий центр Haas TM-1 3 18217 422 1P 1 1 1 1200 353</i>												
0.08			<i>Обрабатывать поверхность 1, 2, 3, 4, 5, 36 в размер <math>\phi 18^{+0,027}</math> <math>\phi 18^{+0,010}</math> <math>15,3^{+0,25}</math> <math>45,3^{+0,3}</math> <math>111,8^{+0,55}</math></i>												
0.09			<i>98,3<sup>+0,55</sup>, 124<sup>+0,4</sup>, 33,98<sup>+0,25</sup>, 13,5</i>												
Т 10			<i>396190 Перспективные сверла. 391822 Фреза специальная GC1020; 391213 Сверло R840-1680-</i>												
Т 11			<i>30-A0A "Sandvik" GC1020; 391213 Сверло R840-1800-30-A0A "Sandvik" GC 1020; 391620 Зенкер 830B-</i>												
Т 12			<i>E06D1780H7S12 "Sandvik" P10R; 391701 Развертка 830B-E06D1800H7S12 "Sandvik" PR10;</i>												
Т 13			<i>393450 Циркомер HM-45 ГОСТ 19244-75; 393311 Штангенциркуль ШЦ-III ГОСТ 166-80.</i>												
14															
А 15			<i>XX XX XX 010 XXXX Комбинированная.</i>												
Б 16			<i>381101 Обрабатывающий центр Haas UM750 3 18217 422 1P 1 1 1 1200 1 2,1</i>												
МК															





Продолжение Приложения А

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Гвоз
Б	Код, наименование оборудования														
Т 42	391213 Сверло R841-0800-30-A1A "Sandvik" GC1220; 391213 Сверло R841-1800-30-A1A "Sandvik"														
Т 43	GC1220; 392133 Резец расточной С4-SCLCR/L-27080-12 ССМТ 12 04 08 GC3205; 393450 Циркомер														
Т 44	HM-45 ГОСТ9244-75; 393311 Штангенциркуль ШЦ-III ГОСТ 166-80.														
45															
А 46	XX XX XX 025 4220 Фрезерная.														
Б 47	381101 Обрабатывающий центр Mini-mill 3 18217 422 1P 1 1 1 1200														0,96
0 48	Обрабатывать поверхности 7, 8, 14, 15, 17, 35 в размеры 31 <sup>+0,1</sup> , 15 <sup>+0,07</sup> , 75 <sup>+0,12</sup>														
Т 49	396190 Пырпосодление специальное; 391822 Фреза специальная GC1010; 393413 Микрометр МК-100														
Т 50	ГОСТ9507-90.														
51															
А 52	XX XX XX 030 4220 Расточная.														
Б 53	381101 Обрабатывающий центр Mini-mill 3 18217 422 1P 1 1 1 1200														0,34
0 54	Обрабатывать поверхности 31, 32, 42 в размер $\phi 69,738^{+0,074}$														
Т 55	396190 Пырпосодление специальное; 392133 Резец расточной С4-SCLCR/L-27080-12 ССМТ 12 04 08														
Т 56	GC1690; 393450 Циркомер HM-75 ГОСТ9244-75.														
57															
А 58	XX XX XX 035 4220 Расточная.														
Б 59	381101 Обрабатывающий центр Mini-mill 3 18217 422 1P 1 1 1 1200														0,18
0 60	Обрабатывать поверхности 18, 20, 22 в размер $\phi 61,6^{+0,074}$														
Т 61	396190 Пырпосодление специальное; 392133 Резец расточной С4-SCLCR/L-27080-12 ССМТ 12 04 08														
Т 62	GC1690; 393450 Циркомер HM-75 ГОСТ9244-75.														
63															
А 64	XX XX XX 040 4220 Расточная.														
МК															



Приложение Б  
Операционные карты

Дubl.														
Взм.														
Подп.														
Разрбд.	Свечкарёв													
Проверил	Левашкин													
Нюнчпд.														
		ТТУ,			Карпус									
		Кафедра ОТМП												

$\sqrt{Ra\ 12,5}$

$\phi 18^{+0,18}$

M12-9H

A →

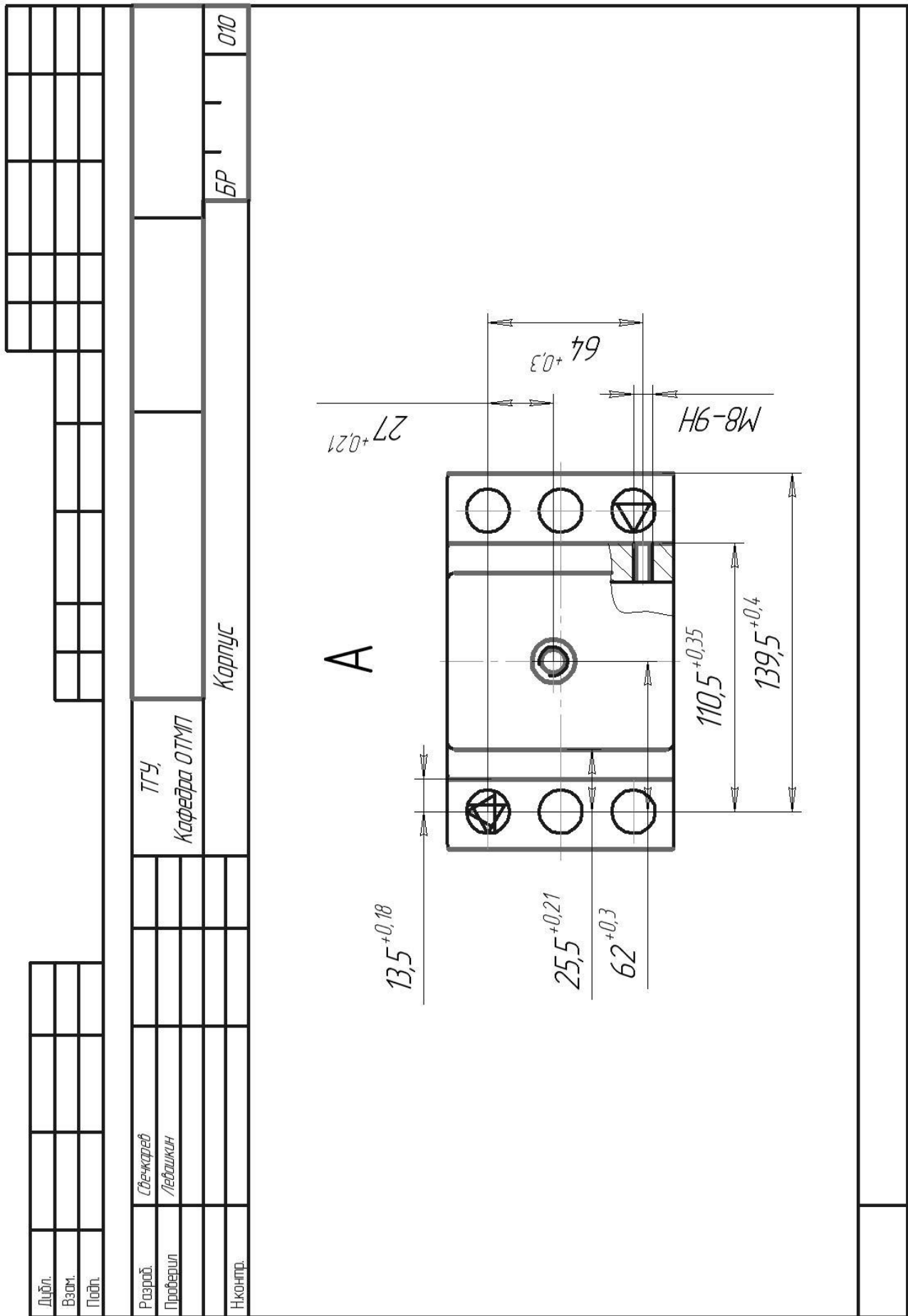
111<sup>+0,35</sup>

31,375<sup>+0,25</sup>

99<sup>+0,35</sup>

106<sup>+0,35</sup>

Продолжение Приложения Б





Продолжение Приложения Б

Формат 1

ГОСТ 3.116-82

Дubl.	Взom.	Пoдп.											
Разрoб.	Свeчкoвoд Лeбeлoвкeн	Пpoeктиp											
Пpoeктиp	ИИУ, Кaфeдpа OТMП												
Испoлн.	Кopлyс												
Наимeнoвaниe oпepaции			Мaтepиaл	Твepдoстb	EB	МД	Пpoфиль и paзмepы	М3	КОИД	Цex	Уч	Р.У.	Опep.
Комбaниpoвaннaя			СЧ20 ГOСТ 14-12-85	166	5,36	157,6x93,6x14,1	6,72	1					
Обoрoдoвaниe, иcпoлнeниe ЧПУ			Обoзнaчeниe пpогpaммы	To	Tб	Tпз	Tшм	COЖ					
Haas UMС-750				168		21	Blasacaut						
P <sub>01</sub>			пш	0 или B	L	t	s	n	v				
			5			1,688	0,2	1460	275				
P <sub>02</sub>			6			5,125	0,08	2540	80				
P <sub>03</sub>			7			3,875	0,1	3400	160				
P <sub>04</sub>			8			0,875	0,047	2760	52				
P <sub>05</sub>			9			3,375	0,08	2540	80				
P <sub>06</sub>			10			0,625	0,047	2760	52				
07	3. Oткpепить, cнять дeтaль c писпoсoблeния, цoлoжить нa тeлeжкy.												
08													
09													
10													
11													

Приложение В

Спецификации к сборочным чертежам

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Инв. № дробл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Лист	Листов
				<u>Документация</u>																	
A1			20.БР.ОТМП.781.65.00.000СБ	Сборочный чертеж																	
				<u>Детали</u>																	
A3		1	20.БР.ОТМП.781.65.00.001	Корпус	1																
A4		2	20.БР.ОТМП.781.65.00.002	Крышка пневмоцилиндра	2																
A4		3	20.БР.ОТМП.781.65.00.003	Корпус пневмоцилиндра	2																
A4		4	20.БР.ОТМП.781.65.00.004	Корпус	1																
A4		5	20.БР.ОТМП.781.65.00.005	Ось регулировочная	2																
A4		6	20.БР.ОТМП.781.65.00.006	Прихват	2																
A4		7	20.БР.ОТМП.781.65.00.007	Шток	2																
A4		8	20.БР.ОТМП.781.65.00.008	Поршень	1																
A4		9	20.БР.ОТМП.781.65.00.009	Винт	2																
				<u>Стандартные изделия</u>																	
		10		Шпонка ГОСТ14737-69	2																
		11		Винт М5х10 ГОСТ11738-84	2																
		12		Пружина ГОСТ18934-68	2																
		13		Винт М8х40 ГОСТ11738-84	8																
		14		Шпонка ГОСТ14735-69	1																
		15		Кольцо ГОСТ1223-89	4																
		16		Демпфер ГОСТ1569-67	2																
		17		Кольцо ГОСТ1223-89	4																
		18		Опора постоянная ГОСТ 13440-68	3																
													<b>20.БР.ОТМП.781.65.00.000</b>								
													<b>Станочное приспособление</b>								
													Лит. 1 Листов 2								
													ТГУ, ИМ, гр. ТМдд-1502д								
													Формат А4								
													Копировал								



Продолжение Приложения В

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		19		Палец установочный цилиндрический ГОСТ 12209-66	2	
		20		Винт М8х25 ГОСТ 11871-69	4	
		21		Шайба ГОСТ 12945-67	1	
		22		Шайба ГОСТ 12943-67	1	
		23		Гайка М10 ГОСТ 14726-69	1	
		24		Палец установочный ромбический ГОСТ 12210-66	1	
		25		Гайка М10 ГОСТ 14726-69	2	
		26		Гайка М10 ГОСТ 14726-69	2	
		27		Винт М5х45 ГОСТ 11871-69	4	
		28		Гайка М20 ГОСТ 14767-70	2	
		29		Шайба стопорная ГОСТ 17778-72	2	

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № докл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	20.БР.ОТМП.781.65.00.000	Лист
						2

Продолжение Приложения В

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание	Перв. примен.		
							Справ. №	Подп. и дата	
				<u>Документация</u>					
A1			20.БР.ОТМП.781.70.00.000СБ	Сборочный чертеж					
				<u>Детали</u>					
A3	1		20.БР.ОТМП.781.70.00.001	Хвостовик	1				
A4	2		20.БР.ОТМП.781.70.00.002	Корпус	1				
A4	3		20.БР.ОТМП.781.70.00.003	Державка	4				
A4	4		20.БР.ОТМП.781.70.00.004	Штифт	4				
A4	5		20.БР.ОТМП.781.70.00.005	Пластина	4				
				<u>Стандартные изделия</u>					
	6			Винт М5х15 ГОСТ 17475-80	4				
			20.БР.ОТМП.781.70.00.000						
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.			Свечкарёв			Лит.	Лист	Листов	
Пров.			Левашкин				1	2	
Н.контр.						ТГУ, ИМ, гр. ТМдд-1502д			
Утв.						Формат А4			