

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 насоса
гидрокоробки

Студент

А.А. Сиротин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент В.А. Гуляев

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

к.э.н. Н.В. Зубкова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

к.т.н., доцент А.В. Краснов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Аннотация

Технологический процесс изготовления корпуса насоса гидрокоробки. Бакалаврская работа. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2020.

Структура работы: пояснительная записка – 54 страницы, графическая часть – семь листов формата А1.

В данной работе предлагается решить ряд вопросов по проектированию процесса изготовления корпуса. Решаемые вопросы представляют собой комплекс мероприятий по совершенствованию базового варианта. Проведенный анализ показал технологичность, то есть возможность обработки рассматриваемой детали. Рассмотрена возможность обработки материала, из которого выполнена заготовка. Соответствующим образом выбрано оборудование и инструмент для обеспечения качества механической обработки.

Проектируемая деталь должна быть как можно качественнее и при этом удовлетворять определенным заданным техническим требованиям, а также быть при этом как можно дешевле при изготовлении. В бакалаврской работе разработана система автоматического управления процессом резания на одной из технологических операций. Для чего были показаны математические модели, связывающие параметры и режимы резания между собой. На основе этого были построены структурная и функциональная схемы проектируемой системы.

Содержание

Введение.....	3
1 Анализ исходных данных.....	5
1.1 Служебное назначение детали.....	5
1.2 Задачи работы.....	9
2 Разработка технологической части работы.....	10
2.1 Проектирование заготовки.....	10
2.2 Проектирование технологических операций.....	16
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	22
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	29
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	29
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	30
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	30
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	32
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	33
4.6 Заключение по разделу.....	35
5 Экономическая эффективность работы.....	37
Заключение.....	41
Список используемых источников.....	42
Приложение А.....	45
Приложение Б.....	49
Приложение В.....	52

Введение

На современном этапе развития предварительной подготовки производства в машиностроении возникает необходимость оптимизации процесса создания технической и технологической документации. Остро встает вопрос минимизации ресурсов времени на данный вид работ, поэтому предварительное проектирование становится приоритетным направлением развития в этой области. Поскольку на этапе предварительного проектирования всегда стремятся создать оптимальную систему или процесс, работа должна проводиться в соответствии с определенным алгоритмом. САЕ-система предоставляет разработчику базу данных по известным аналогичным техническим решениям – различные структуры и их предполагаемые параметры и выходные характеристики, позволяет синтезировать новые структуры, после чего предоставляет на выбор различные стандартные методы параметрической оптимизации в диапазоне от однокритериальных до многокритериальных задач. При решении, которое удовлетворяет проектировщика, автоматизируется выпуск соответствующей технической документации. На ответственном и трудоемком этапе подготовки конструкторской документации широко используются различные САД-системы. Эта часть информационных технологий является, на сегодняшний день, наиболее развитой и совершенной. Современные САД-системы способны обеспечивать автоматизацию разработки 2D чертежей и 3-х мерных твердотельных моделей, как отдельных деталей, так и целых сборок. Системы отличаются по базе используемых данных и стандартов, однако все они развиваются в направлении обеспечения создания параметрических чертежей.

В данной работе предлагается решить ряд вопросов по проектированию процесса изготовления корпуса. Решаемые вопросы представляют собой комплекс мероприятий по совершенствованию базового варианта. Проведенный анализ показал технологичность, то есть возможность

обработки рассматриваемой детали. Рассмотрена возможность обработки материала, из которого выполнена заготовка. Соответствующим образом выбрано оборудование и инструмент для обеспечения качества механической обработки. Любая деталь должна быть как можно качественнее и при этом удовлетворять определенным заданным техническим требованиям, а также быть при этом как можно дешевле при изготовлении. Отсюда вытекает цель выпускной квалификационной работы: усовершенствовать базовый технологический процесс изготовления корпуса и приведение его к оптимальному варианту. Разработана система автоматического управления процессом резания на одной из технологических операций. Для чего были разработаны математические модели, связывающие параметры и режимы резания между собой. На основе этого были построены структурная и функциональная схемы проектируемой системы.

В ходе достижения этой цели необходимо решить ряд задач:

- Выбрать заготовку, наименее затратную в изготовлении, с наибольшим коэффициентом использования материала.
- Предложить новый технологический процесс обработки, используя патентные исследования и методы технического творчества.
- Разработать специальные средства оснащения, которые позволят автоматизировать технологический процесс.
- Указать мероприятия, которые позволят повысить эффективность безопасности и охраны труда в проектируемом технологическом процессе.
- Пользуясь признанными методиками, рассчитать экономическую эффективность.

1 Анализ исходных данных

1.1 Служебное назначение детали

В гидравлической коробке корпус является основной деталью для установки всех остальных деталей коробки. В боковых крышках корпуса находятся серповидные окна, через которые выдавливается с помощью зацепляющихся зубьев рабочая жидкость. В полость нагнетания рабочая жидкость попадает из межзубовых впадин шестерен, которые всегда заполнены.

На рисунке 1 приведен фрагмент гидравлической коробки, где располагается корпус.

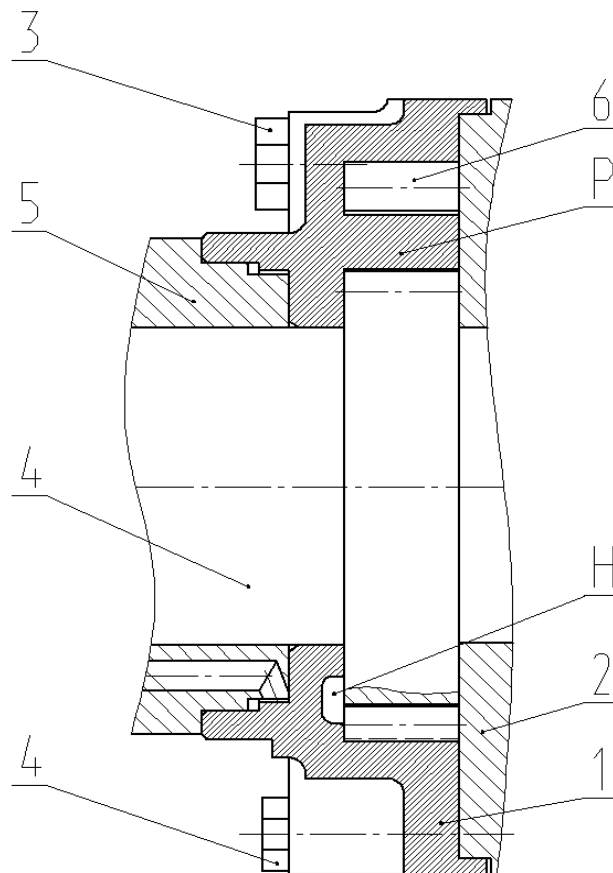


Рисунок 1 – Фрагмент коробки

С помощью болтов 3 и 4 с упором в торец по цилиндрической поверхности в сопрягаемой крышке 2 устанавливается корпус 1. Шестерня с наружными зубьями расположена на приводном валу 4, который устанавливается в корпусе 1 по центральному отверстию. Между крышкой 2 и корпусом 1 с минимальным зазором устанавливается шестерня. В камеру нагнетания Н поступает рабочая жидкость, которая подается через отверстия, находящиеся во втулке 5. Втулка 5 помещается в отверстие корпуса 1 с левого конца. Шестерня внутреннего зацепления 6 расположена в корпусе 1 в отверстии, которое ориентировано эксцентрично. Серпообразный разделительный элемент Р с помощью выступа в корпусе 1 располагается между шестерней приводного вала 4 и шестерней 6.

В результате анализа назначается точность и шероховатость поверхностей при обработке. Механические и технологические свойства материала детали являются основным критерием, который определяет технологичность заготовки. В ходе разработки технологического процесса нужно провести анализ служебного назначения детали. Это необходимо для соблюдения точности при расположении остальных составляющих элементов узла.

В качестве материала для изготовления корпуса выбираем сталь 45Л по ГОСТу 977. Материал должен соответствовать предъявляемым к детали требованиям.

Некоторые характеристики существенные для материала заготовки при изготовлении корпуса приведены в таблице 1 и таблице 2.

Таблица 1 – Состав материала

Название элемента	Углерод	Медь	Фосфор	Сера	Кремний	Хром
		Не более				
Содержание	0.42-0,50	0,30	0.040	0.045	0.20-0.52	0.7-1.0

Таблица 2 – Свойства материала

Параметры	Диаметр , мм	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²	НВ
Отливка	100	320	550	12	20	29	143-241

Анализ технологичности детали.

Систематизация и классификация поверхностей является важным этапом проектирования технологических процессов. Эти требования могут быть достигнуты при обработке на универсальном оборудовании без применения специальных методов обработки и использовать при этом стандартный режущий инструмент. Обеспечение совпадения измерительной и технологической баз позволяет осуществить высокую технологичность базирования. Такое совпадение отсутствует в базовом варианте технологического процесса, поэтому на определенных его этапах возникает погрешность базирования. Определим номера поверхностей и обозначим их служебное назначение. Так, как только свободные поверхности оформляют деталь конструктивно, то необходимо указать основные, вспомогательные конструкторские базы и исполнительные поверхности, к которым предъявляются повышенные требования. Предлагаемая классификация: ОКБ: 12 и 13; ВКБ: 1, 4, 7, 9, 10, 14, 20 и 21; ИП: 11, 18 и 19; СП: все остальные.

Проведем анализ поверхностей корпуса, так как важно выявить все поверхности, которые влияют на выполнение деталью своего служебного назначения (рисунок 2).

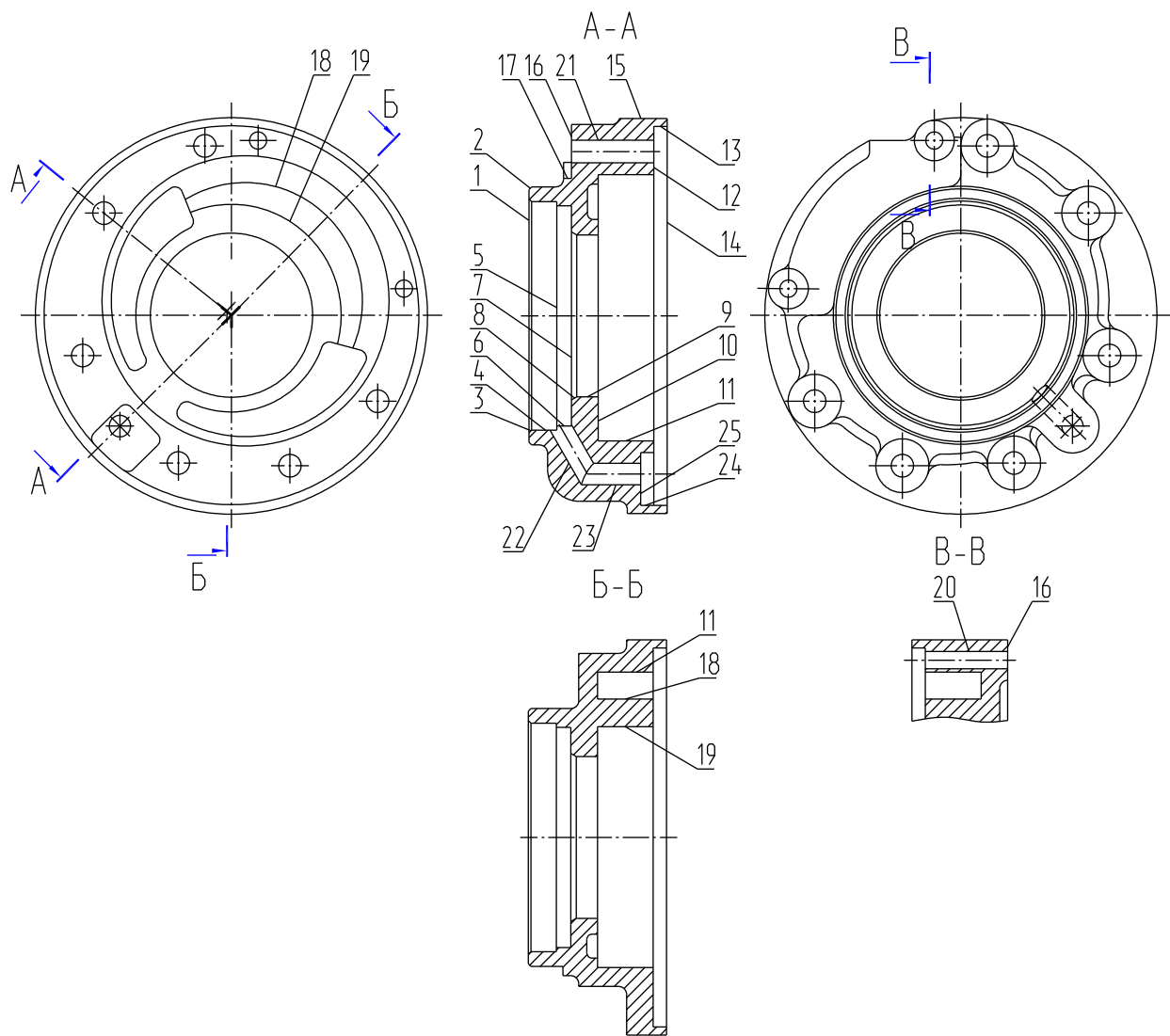


Рисунок 2 – Классификация поверхностей

Конструкция детали сложная, но особых трудностей при получении заготовки нет, а также позволяет обрабатывать одновременно несколько поверхностей, так как имеется свободный доступ для всех мест обработки.

Все поверхности имеют свободный подход инструмента, что обеспечивается наличием фасок, которые расположены на поверхностях простого профиля. Основным преимуществом заготовки для корпуса является простота ее геометрической формы, поэтому предоставляется возможность формирования нескольких поверхностей уже на заготовительной операции.

Анализ конфигурации детали позволяет утверждать, что деталь технологична.

1.2 Задачи работы

В работе необходимо решить ряд вопросов по проектированию техпроцесса изготовления корпуса. Провести анализ на технологичность, то есть возможность обработки рассматриваемой детали. Рассмотреть возможность обработки материала, из которого выполнена заготовка. Соответствующим образом выбрать оборудование и инструмент для обеспечения качества механической обработки. В бакалаврской работе необходимо разработать систему автоматического управления процессом резания на токарной операции. Поэтому необходимо разработать математические модели, связывающие параметры и режимы резания между собой. На основе чего построить структурную и функциональную схемы проектируемой системы. Провести анализ качества разработанной системы.

После комплексного анализа можно сформулировать задачи работы:

- Проектирование заготовки и расчет припусков.
- Разработка технологического процесса изготовления корпуса.
- Проектирование технологических операций.
- Разработка специальных средств оснащения.
- Разработка мероприятий по охране и безопасности труда.
- Определение экономического эффекта.

Для расчетов необходимо использовать самые современные программные продукты, которые применяются в реальном производстве на стадии проектирования.

2 Разработка технологической части работы

2.1 Проектирование заготовки

С помощью основных характеристик и существенных параметров, к которым можно отнести количество станков и их загруженность, последовательность обработки, трудоемкость изготовления, способ получения заготовки, масса обрабатываемой детали и годовая программа выпуска детали выбираем тип производства.

Масса корпуса 1,79 кг. и годовая программа выпуска 5000 штук – определяем тип производства как среднесерийное. Для такого типа производства определим форму организации технологического процесса как поточная или переменнo-поточная. Учитывая такие исходные данные, в технологическом процессе будем использовать универсальное и специальное оборудование.

Выбор метода получения заготовки.

Свойство материала, конфигурация и чертеж детали показывает, что заготовку можно получить отливкой. Необходимо обосновать выбор заготовки.

Ориентировочно массу заготовки $M_{ш}$ можно определить по формуле

$$M_3 = M_d \cdot K_p, \quad (1)$$

где M_d – масса детали, кг;

K_p равен 1,4 в базовом варианте.

$$M_{31} = 1,79 \cdot 1,4 = 2,51 \text{ кг.}$$

Если K_p равен 1,3, что соответствует литью под низким давлением в кокиль, то

$$M_{32} = 1,79 \cdot 1,3 = 2,33 \text{ кг.}$$

Оптимальный метод получения заготовки будем определять по минимальной себестоимости:

$$C_D = C_3 + C_{MO} - C_{OTX}, \quad (2)$$

где стоимость C_3 – заготовки;

C_{MO} – механической обработки;

C_{OTX} – стружки.

Стоимость заготовки определяем по формуле:

$$C_3 = C_B \cdot M_{Ш} \cdot K_T \cdot K_{СЛ} \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{П}, \quad (3)$$

где C_B – цена 1 кг заготовки, руб./кг;

$M_{Ш}$ – масса заготовки, кг;

Коэффициенты, которые учитывают:

K_T – точность;

$K_{СЛ}$ – сложность;

K_B – массу;

K_M – материал;

$K_{П}$ – серийность.

Примем C_B равным 0,4 руб./кг, K_T равным 1,0, $K_{СЛ}$ равным 0,83, K_B равным 1,0, K_M равным 1,21 и $K_{П}$ равным 1,0

Тогда

$$C_{31} = 0,29 \cdot 1,0 \cdot 0,83 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,21 \cdot 1,0 = 0,291 \text{ руб.}$$

$$C_{32} = 0,36 \cdot 1,06 \cdot 0,83 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,21 \cdot 1,0 = 0,383 \text{ руб.}$$

Стоимость обработки определяется по формуле:

$$C_T = C_3 \cdot M_3 + C_M \cdot (M_3 - M_D) - C_O \cdot (M_3 - M_D), \quad (4)$$

где C_o – цена стружки, руб./кг.

Тогда

$$C_{T1} = 0,291 \cdot 2,51 + 0,713 \cdot (2,51 - 1,79) - 0,0144 \cdot (2,51 - 1,79) = 1,233 \text{ руб.}$$

$$C_{T2} = 0,383 \cdot 2,51 + 0,713 \cdot (2,51 - 1,79) - 0,0144 \cdot (2,51 - 1,79) = 1,269 \text{ руб.}$$

В результате расчетов получили следующие показатели для заготовки:

$$M_{31} = 2,51 \text{ кг.}$$

$$M_{32} = 2,33 \text{ кг.}$$

$$C_{31} = 0,291 \text{ руб.}$$

$$C_{32} = 0,383 \text{ руб.}$$

$$C_{T1} = 1,233 \text{ руб.}$$

$$C_{T2} = 1,269 \text{ руб.}$$

Определим годовой экономический эффект по формуле:

$$\mathcal{E}_r = (C_{T1} - C_{T2}) \cdot N_r \cdot K \quad (5)$$

где C_{T1} – стоимость детали, если заготовка получена первым способом;

C_{T2} – стоимость детали, если заготовка получена вторым способом;

K – коэффициент приведения к 2020 году.

Тогда

$$\mathcal{E}_r = (1,269 - 1,233) \cdot 5000 \cdot 100 = 18000 \text{ руб.}$$

Выбор методов обработки.

Технические и технологические требования для обработки поверхностей указаны в таблице 3.

Таблица 3 – Методы обработки

Поверхность	Операционные размеры, мм		Технологический маршрут	Ra, мкм	HRC
	диаметр	длина			
1	96/85	5,5	T(13)-Tч(10)-Шч(8)	2,5	180
2	1×45°	1	Tч(11)	12,5	180
3	1×45°	1	Pч(11)	12,5	180
4	85H9	10,5	P(13)-Pч(10)-Шч(8)	2,5	180
5	85/82	1,5	P(13)-Pч(10)	6,3	180
6	82	5,5	P(13)-Pч(10)-Шч(9)	2,5	180
7	82/62,5	9,75	P(13)-Pч(10)-Шч(8)	2,5	180
8	2×30°	2	Pч(11)	6,3	180
9	60,2H9	8	P(13)-Pч(10)-Шч(9)	2,5	180
10	108/60,2	31	P(13)-Pч(10)-Шч(6)	2,5	180
11	108H9	21	P(13)-Pч(10)-Шч(9)	2,5	180
12	147/108	24	P(13)-Pч(10)-Шч(6)	1,25	180
13	141H8	5	P(13)-Pч(10)-Шч(8)	2,5	180
14	141/147	3	T(13)-Tч(10)	6,3	180
15	147	36	T(13)-Tч(10)	12,5	180
16	20	20	Φ(13)	12,5	180
17	20×3	3	Φ(13)	12,5	180
18	88h9	21	P(13)-Pч(10)-Шч(9)	2,5	180
19	82,5H9	21	P(13)-Pч(10)-Шч(9)	2,5	180
20	6,4	31	C(12)-3(9)	6,3	180
21	8,4	31	C(13)	6,3	180
22	8	20	C(13)	12,5	180
23	8	20	C(13)	12,5	180
24	20×5	20	Φ(13)	12,5	180
25	20×20	20	Φ(13)	12,5	180

Рассчитаем припуски на диаметральный размер 60,2H9 мм и данные внесем в таблицу 4 и таблицу 5.

Таблица 4 – Припуски

Переход		Припуск			Допуск Td/IT	Предельные размеры		Предельные припуски	
		ρ^{i-1}	Rz ⁱ⁻¹	$\varepsilon_{уст}^{i-1}$		d ⁱ _{max}	d ⁱ _{min}	2Z _{max}	2Z _{min}
1	Отлить	0,160	0,200	-	1,20 8	57,580	56,380	-	-
2	Расточить начерно	0,050	0,040	0,500	0,46 H13	59,679	59,219	2,839	2,099

Продолжение таблицы 4

Переход		Припуск			Допуск Td/IT	Предельные размеры		Предельные припуски	
		ρ^{i-1}	Rz ⁱ⁻¹	$\varepsilon_{уст}^{i-1}$		d ⁱ _{max}	d ⁱ _{min}	2Z _{max}	2Z _{min}
3	Расточи ть начисто	0,025	0,025	0,100	0.12 H10	60,067	59,947	0,728	0,388
4	Шлифов ать начисто	0,010	0,015	0,050	0.074 H9	60,274	60,200	0,253	0,207

Таблица 5 - Припуски на обработку

Операция	Переход	Поверхности	Припуск Z, мм
005	Токарная	1,4,5,6,7,9	1,2
010	Токарная	14,15,12,13	1,2
015	Токарная	1,2,3-9	0,35
020	Токарная	14,15,12,13	0,35
025	Координатно-расточная	10,11,18,19 – 1 переход 10,11,18,19 – 2 переход	1,2 0,35
050	Координатно-шлифовальная	1,4,5,6,9	0,15
055	Координатно-шлифовальная	10,11,12,13,18,19	0,15

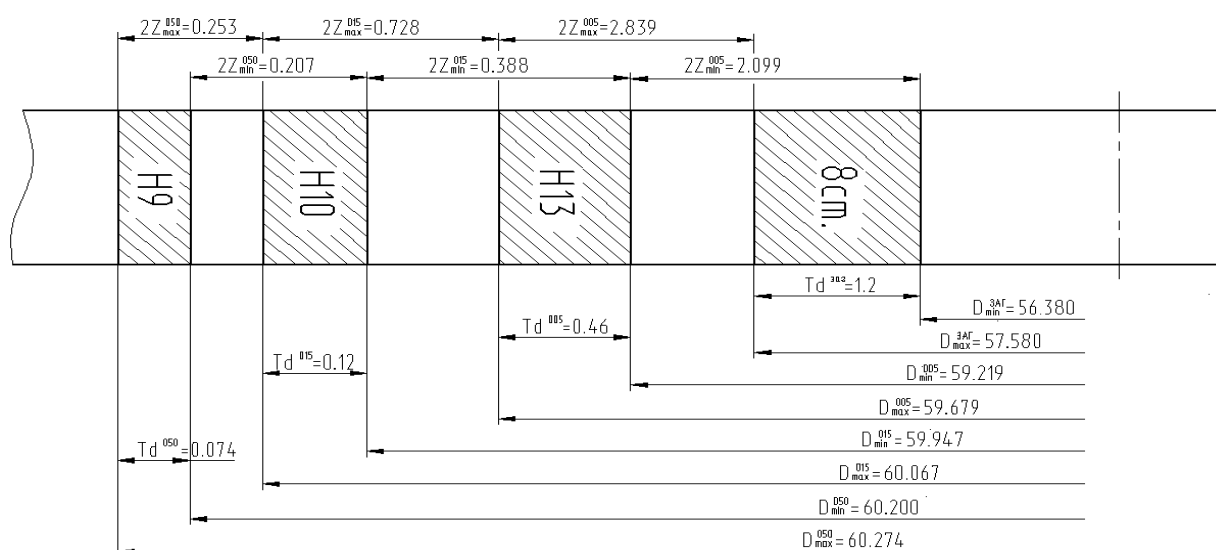


Рисунок 3 – Схема припусков на размер 60,2H9

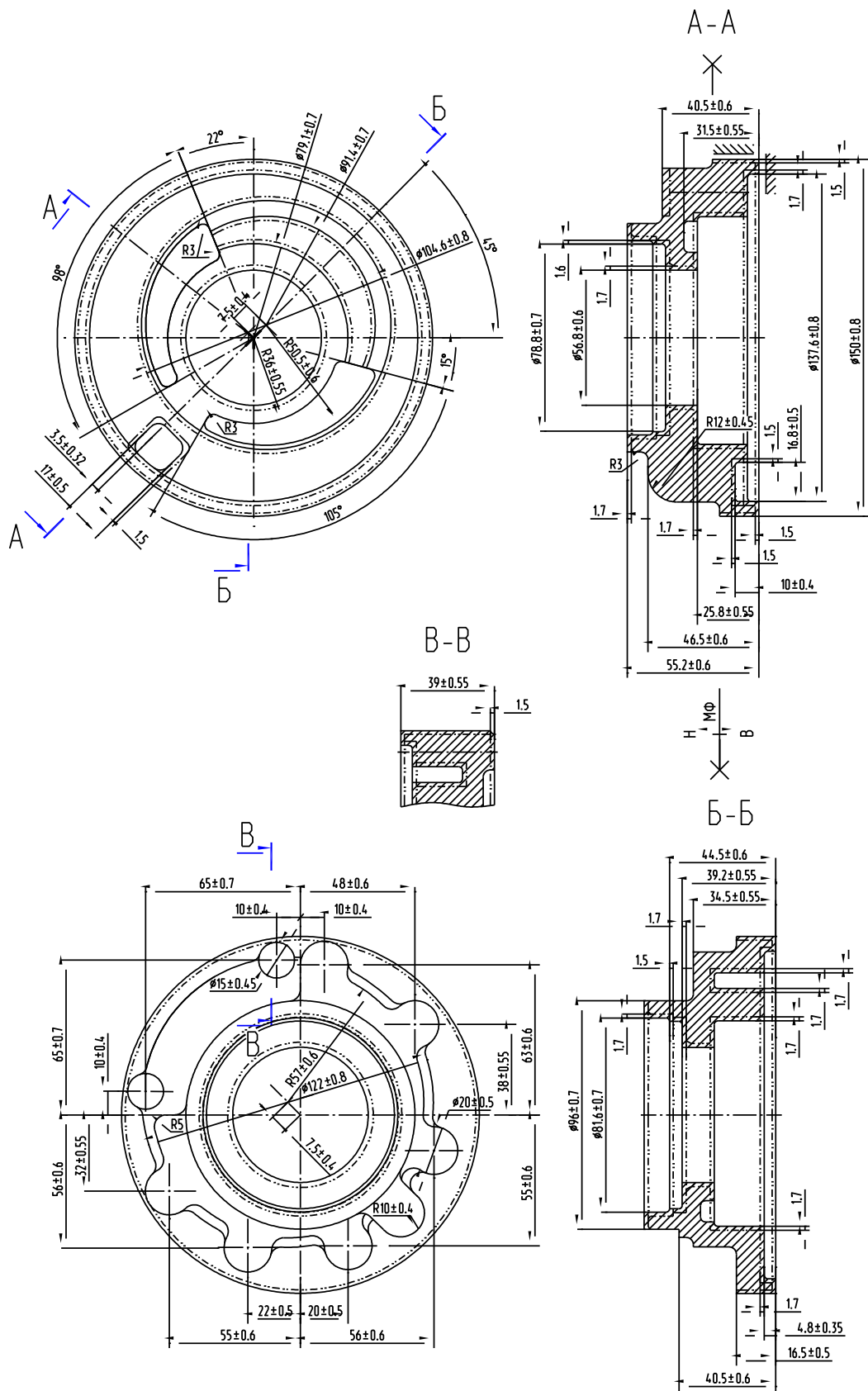


Рисунок 4 – Эскиз заготовки

Разработка технологического маршрута.

План обработки представлен в графической части работы. В таблицу 6 внесем данные по СТО.

Таблица 6 – Выбор оборудования и инструмента

№	Операция	Оборудование	Технологическая оснастка		
			приспособление	инструмент	Контрольно-измерительные средства
005 010	Токарная черновая	16Б16Т1 с ЧПУ	Патрон токарный.	Проходной резец. Пластина Т5К10 ОСТ 2И.101-83.	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73. Шаблон ГОСТ 2534-79.
015 020	Токарная чистовая			Расточной резец. Расточная пластина	
025	Координатно-расточная	Полуавтомат 3Б153Т	Патрон мембранный ОСТ 3-3443-76.	Расточная борштанга Dandrea. Расточная пластина. Концевая фреза Р6М5К5 ГОСТ 17026-71. Спиральное сверло ГОСТ 10903-77. Цельный зенкер Р6М5К5 ГОСТ 12489-71.	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73. Шаблон ГОСТ 2534-79. Мерительное приспособление с индикатором.
030	Координатно-расточная	S500 с ЧПУ	СП ГОСТ 12195-66	Концевая фреза Р6М5К5 ГОСТ 17026-71.	Шаблон ГОСТ 2534-79. Калибр-пробка ГОСТ 14827-69.
035	Слесарная	Э/х станок 4407			
040 060	Моечная	Моечная машина			
050 055	Координатно-шлифовальная	3284СФ4 с ЧПУ	СП ГОСТ 12195-66	Шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.	Шаблон ГОСТ 2534-79. Калибр-пробка ГОСТ 14827-69.

2.2 Проектирование технологических операций

Расчет режимов на токарную операцию 015.

Обточить поверхности, выдержать размеры согласно рабочему чертежу.

Инструмент выбираем в таблице 6.

Выбираем станок модели 16Б16Т1 токарный.

Припуск равен 0,35 мм.

Величина перемещения инструмента 0,25 мм/об.

Определяем скорость резания:

$$V = \frac{C_U}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_U, \quad (6)$$

где выберем базовую величину C_U равную 420;

время работы одной пластины T равное 60 мин;

табличные величины степеней: m равно 0,2, x равно 0,15, y равно 0,35;

коэффициент, обеспечивающий условия обработки K_U примем равным 1,36.

Первый переход:

$$V_T = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,35^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 1,36 = 390,0 \text{ м/мин.}$$

Второй переход:

$$V_P = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,35^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 1,36 \cdot 0,9 = 351,0 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (7)$$

Первый переход – подрезка торца диаметром 96 мм:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 390}{3,14 \cdot 96} = 1294 \text{ мин}^{-1}.$$

Первый переход – растачивание поверхности диаметром 84,7 мм:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 351}{3,14 \cdot 84,7} = 1320 \text{ мин}^{-1}.$$

Второй переход – растачивание поверхности диаметром 59,9 мм:

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 351}{3,14 \cdot 59,9} = 1866 \text{ мин}^{-1}.$$

После корректировки частоты получим скорость резания при обработке поверхности диаметром 96 мм равную 1294 м/мин, при обработке поверхности диаметром 84,7 мм – 1320 м/мин, а для второго перехода при обработке поверхности диаметром 59,9 мм – 1866 м/мин.

Определим составляющие силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (8)$$

где C_p – коэффициент обработки равный 300;

x, y, n – табличные значения соответственно равные 1,0, 0,75, 0,15;

K_p – коэффициент коррекции.

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (9)$$

где $K_{MP}, K_{\phi P}, K_{\gamma P}, K_{\lambda P}$ и K_{rP} равны 0,79, 0,89, 1,0, 1,0 и 1,0.

Тогда

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,35^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 390^{-0,15} \cdot 0,79 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 107 \text{ Н.}$$

Определим требуемую мощность по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (10)$$

Тогда

$$N = \frac{107 \cdot 390}{1020 \cdot 60} = 0,68 \text{ кВт.}$$

Для выбора приемлемых параметров режимов резания необходимо сравнить полученные результаты выше с паспортными данными и техническими характеристиками выбранного оборудования. Расчеты

показали, что скорость резания на первом переходе – 390,0 м/мин, а на втором – 351,0 м/мин требует от обрабатывающего оборудования силу резания – 107 Н. Это может быть достигнуто, если выбранное оборудование будет развивать обороты при подрезке на первом переходе, расточке на первом переходе и расточке на втором переходе соответственно равные 1294 мин⁻¹, 1320 мин⁻¹ и 1866 мин⁻¹. Тогда при обработке поверхности диаметром 96 мм равную 1294 м/мин, при обработке поверхности диаметром 84,7 мм – 1320 м/мин, а для второго перехода при обработке поверхности диаметром 59,9 мм – 1866 м/мин. Эти параметры могут установиться при обработке при минимальной мощности 0,68 кВт. У станка 16К20Ф3 мощность намного выше и равна 7,5 кВт, то есть использование возможно.

Режимы резания на остальные операции представим в таблице 7.

Таблица 7 – Режимы резания

Операция	Переход	t, мм	S, мм/об.	V _т , м/мин	n _т , об./мин	n _{пр} , об./мин	V _{пр} , м/мин
05 Токарная	Подрезать торец до Ø96	1,2	0,5	169,6	563	563	169,6
	Расточить Ø84	1,2	0,5	152,6	578	578	152,6
	Расточить Ø59,2	1,2	0,5	152,6	820	820	152,6
10 Токарная	Точить Ø147,7	1,2	0,5	169,6	366	366	169,6
	Расточить Ø140	1,2	0,5	152,6	347	347	152,6
15 Токарная	Подрезать торец до Ø96	0,35	0,25	390,0	1294	1294	390,0
	Точить Ø84,7	0,35	0,25	351,0	1320	1320	351,0
	Точить Ø59,9	0,35	0,25	351,0	1866	1866	351,0
20 Токарная	Точить Ø147	0,35	0,25	390,0	845	845	390,0
	Расточить Ø140,7	0,35	0,25	351,0	794	794	351,0
25 Координатно-расточная	Расточить Ø107	1,2	0,4	150	446	446	150
	Расточить Ø89	1,2	0,4	150	536	536	150
	Расточить Ø81,5	1,2	0,4	150	586	586	150
	Расточить Ø107,7	0,35	0,15	360	1064	1064	360
	Расточить Ø88,3	0,35	0,15	360	1298	1298	360
	Расточить Ø82,2	0,35	0,15	360	1395	1395	360
	Фрезеровать Ø6	1,5	0,20	45	2388	2388	45
	Сверлить Ø8	4,0	0,20	33	1313	1313	33
	Сверлить Ø6	3,0	0,15	31	1645	1645	31
		3,2	0,15	31	1542	1542	31

Продолжение таблицы 7

Операция	Переход	t, мм	S, мм/об.	V _т , м/мин	n _т , об./мин	n _{пр} , об./мин	V _{пр} , м/мин
	Сверлить Ø6,4	4,2	0,20	33	1251	1251	33
	Сверлить Ø8,4	0,2	0,4	19	945	945	19
	Зенкеровать Ø6,4						
30 Координатно-расточная	Сверлить Ø8	4,0	0,06/0,	33	1313	33	1313
	Фрезеровать Ø20	3,0	20	55	875	55	875
			0,6				
50 Координатно-шлифовальная	Шлифовать Ø60,2 с планшайбой	0,15	3000	15 м/с			15 м/с
			0,008	20	105	105	20
	Шлифовать Ø82 с планшайбой	0,15	3000	15 м/с			15 м/с
			0,012	20	78	78	20
	Шлифовать Ø85 с планшайбой	0,15	3000	15 м/с			15 м/с
			0,008	20	75	75	20
55 Координатно-шлифовальная	Шлифовать Ø141 с планшайбой	0,15	3000*	15 м/с			15 м/с
			0,008	20	45	45	20
	Шлифовать Ø108 с планшайбой	0,10	2000	15 м/с			15 м/с
			0,008	15	44	44	15

Рассчитанные нормы времени на все операции сведем в таблицу 8.

Таблица 8 – Нормы времени

Наименование операции	T ₀ , мин	T _в , мин	T _{оп} , мин	T _{об,от} , мин	T _{п-з} , мин	T _{шт} , мин	n	T _{шт-к} , мин
05 Токарная	0,171	0,573	0,744	0,045	21	0,789	472	0,833
10 Токарная	0,287	0,536	0,823	0,049	21	0,872	472	0,916
15 Токарная	0,138	0,706	0,844	0,051	21	0,895	472	0,939
20 Токарная	0,250	0,551	0,801	0,048	21	0,849	472	0,893
25 Координатно-расточная	2,546	1,276	3,822	0,229	68	4,051	472	4,195
30 Координатно-расточная	0,438	1,010	1,448	0,087	24	1,535	472	1,586
50 Координатно-шлифовальная	0,376	0,925	1,301	0,125	24	1,426	472	1,477
55 Координатно-шлифовальная	1,880	0,999	2,879	0,374	31	3,253	472	3,319

В таблице 8 обозначено время: T_0 – машинное; T_B – на управление станком; $T_{оп}$ – операционное; $T_{об,от}$ – на удаление стружки и замену инструмента; $T_{п-з}$ – на ознакомление с чертежом; $T_{шт}$ – штучное; $T_{шт-к}$ – на выполнение технологической операции.

Расчет норм времени на токарную операцию 015.

Обточить поверхности, выдержать размеры согласно рабочему чертежу.

Инструмент выбираем в таблице 6.

Выбираем станок модели 16К20Ф3 токарный.

Припуск равен 0,35 мм.

Задаем величину перемещения инструмента за один оборот заготовки равной 0,25 мм/об.

Получаем затраченное время: 0,138 мин – машинное; 0,706 мин – на управление станком; 0,844 мин – операционное; 0,051 мин – на удаление стружки и замену инструмента; 21 мин – на ознакомление с чертежом; 0,895 мин – штучное; 0,939 мин – на выполнение технологической операции.

3 Проектирование специальных средств оснащения

На 015 токарной операции, используем станок модели 16К20Ф3 токарный и для него разработаем систему автоматического управления процессом резания. В отличие от известного подхода при выводе условий моделирования из частных контактных задач обобщим подход путем вывода аналогичных условия подобия из уравнений краевой основной задачи теории упругости. Получим математическую модель контактной задачи при механической обработке. Для этого проведем сравнение различных подходов для математического моделирования.

Расширенное механическое подобие. В этом случае для максимального расширения возможностей моделирования введен множитель подобия

$$k_\varepsilon \neq 1 \text{ и } \varepsilon_n \neq \varepsilon_m$$

для относительной деформации, то есть для отвлеченной величины. Все остальные соотношения удовлетворяют первому типу соответствия (простое подобие).

Материалы натуры и модели подобны в механическом смысле, если для изготовленных из них образцов имеют место соотношения

$$\sigma_n = k_\sigma \cdot \sigma_m; \varepsilon_n = k_\varepsilon \cdot \varepsilon_m; t_n = k_t \cdot t_m.$$

Существенно, что деформация ε является относительной, безразмерной отвлеченной величиной, то есть величиной нулевой размерности. Тем не менее, и для этой величины введен множитель подобия k_ε , отличной от единицы, хотя анализ размерностей требует, чтобы для подобных систем (тел) k_ε был равен единице.

Два геометрически подобных тела, состоящих в сходственных точках из подобных материалов, называют механически подобными в расширенном

смысле, если выполнены условия:

$$\begin{aligned}\sigma_H &= F(\varepsilon; x, y, z, t, \dots)_H, \\ k_\sigma \sigma_M &= F(k_\varepsilon \varepsilon_M; k_x x_M; k_y y_M; k_z z_M; k_t t_M; \dots).\end{aligned}$$

В частном случае ($k_\sigma = k_\varepsilon = k_l = 1$) имеем простое механическое подобие деформируемого твердого тела.

Основная теорема о расширенном механическом подобии: подобные однородные тела в случае малых (в смысле Коши) перемещений из точек и малых деформаций находятся в подобном состоянии в сходственные моменты времени:

$$t_M = k_t t_M, \quad (11)$$

Причем напряжения равны соответственно

$$\sigma_H = k_\sigma \sigma_M. \quad (12)$$

Деформации равны

$$\varepsilon_H = k_\varepsilon \varepsilon_M. \quad (13)$$

Смещения

$$u_H = k_l k_\varepsilon u_M. \quad (14)$$

При условии, что в распределенные поверхностные силы в сходственных точках равны

$$\sigma_n = k_\sigma \sigma_m. \quad (15)$$

Интенсивность объемных сил в сходственных точках равна

$$p_n = k_l k_\sigma^{-1} p_m. \quad (16)$$

Функциональное соответствие. Этот тип соответствия устанавливается на основе сформулированной теоремы.

Для этого типа соответствия должны выполняться соотношения:

$$\xi_{in}(x_i)_n = k_{\xi_i} \xi_{im}(x_i)_m, (i=1,2,3), \quad (17)$$

где $k_{\xi_1} \neq k_{\xi_2} \neq k_{\xi_3}$,

ξ - специально подобранная функция преобразования.

Из функционального соответствия вытекают два частных случая в виде аффинного соответствия и функционального нелинейного соответствия.

Анализ положений позволяет сформулировать следующую теорему и на ее основе дать определение наиболее общему из всех видов подобия аффинно-функциональному:

$$F_n^i(x_n)^i = f_{F_i} F_m^i(x_m)^i, (i=1, \dots, n), \quad (18)$$

где $f_{F_1} \neq f_{F_2} \neq \dots \neq f_{F_{n-1}} \neq f_{F_n}$ между их сходственными величинами.

Из этих положений в виде частного случая следует определение аффинного соответствия.

Подобие представляет собой непрерывную группу линейных однородных преобразований с постоянными коэффициентами в общем случае, неравными между собой. Если в двух системах имеется неравенство

хотя бы двух из одноименных безразмерных параметров, то эти системы являются не подобными, а аффинными. Последнее положение широко применяют при моделировании тонкостенных систем, оболочек и анизотропных сред.

Другим частным случаем, вытекающим из введенного здесь аффинно-функционального соответствия между сходственными величинами модели и природы, является нелинейное подобие.

Нелинейное соответствие. Этот вид подобия является вторым частным случаем функционального соответствия. При этом виде преобразования множитель k_x является в общем случае не константой, а функцией времени и координат. Все компоненты каждого вектора преобразуются в одинаковых и одинаково изменяющихся в пространстве и во времени масштабах.

В частном случае, при функциональном соответствии, когда масштабы нелинейного моделирования зависят только от времени натура и ее модель - геометрически подобные тела, а поля сходственных величин в натуре и модели связаны преобразованиями вида:

$$x_n = k_x(t_m) \cdot x_m. \quad (19)$$

Функциональное соответствие (19) представляет собой обобщение простого подобия.

Простое подобие. В этом случае k_x - постоянный безразмерный коэффициент (число), называемый в теории подобия масштабом моделирования. При таком типе соответствия для каждого одноименного вектора или тензора масштаб моделирования всех его компонент одинаков.

При простом подобии натура и модель являются геометрически подобными.

Соответственные поля скалярных, векторных и тензорных величин в сходственные моменты времени подобны, если

$$\begin{aligned}
P_{in} &= k_p \cdot P_{im}; (\sigma_{ij})_n = k_\sigma \cdot (\sigma_{ij})_m; (\varepsilon_{ij})_n = k_\varepsilon \cdot (\varepsilon_{ij})_m; T_n = k_T \cdot T_m; \\
u_{in} &= k_u \cdot u_{im}; V_{in} = k_v \cdot V_{im}; w_{in} = k_w \cdot w_{im},
\end{aligned}
\tag{20}$$

где $k_\varepsilon = 1, k_u = k_v = k_w$;

P_i - силы (нагрузки);

T - температура;

u_i, v_i, w_i - компоненты вектора перемещения;

$k_\varepsilon, k_\sigma, \dots, k_w$ - масштабы моделирования соответствующих величин.

Операторное соответствие. В этом случае сомножитель k_x является оператором. Так, например, при моделировании задач линейной наследственной теории ползучести k_x - линейный интегральный оператор Вольтерра по времени:

$$x_n = k_x \cdot x_m = x_m(t_m) + \int_0^t k(t - \tau) x_m(\tau_m) d\tau_m \tag{21}$$

При соответствии этого вида подобия натура и модель являются геометрически подобными, сходственные моменты времени одинаковы, а поля соответственных величин в натуре и модели связаны линейными интегральными операторами Вольтерра:

$$\sigma_{ij}, j = 0; 2\varepsilon_{ij} = \bar{u}_{ij} + \bar{u}_{ji}; E\varepsilon_{ij} = \sigma_{ij} + \mu(\sigma_{ij} - \sigma_{kk} \sigma_{ij}) / \sigma_{ij} n_j = \sigma_{io} \text{ на } S_1;$$

$$\bar{u}_i = \bar{u}_{io} \text{ на } S_2, (i, j = 1, 2, 3), \tag{22}$$

где E, \bar{u}, μ - линейные интегральные операторы Вольтерра;

S_1 и S_2 - части границы тела.

Система (22) содержит линейные дифференциальные операторы по координатам и линейные интегральные операторы по времени, являющиеся

операторами подобия.

Операторное соответствие является одним из путей обобщения (простой) классической теории подобия. Если материал природы и модели упругий, то все интегральные операторы превращаются в константы подобия. Операторное соответствие успешно используется при моделировании физически нелинейных задач теорий линейной и нелинейной вязкоупругости.

Полученная математическая модель позволяет смоделировать процесс резания при контакте режущего инструмента и заготовки, выполненных из разных конструкционных материалов. Соответственно, это позволяет разработать систему автоматического управления процессом резания (рисунки 5 и 6).

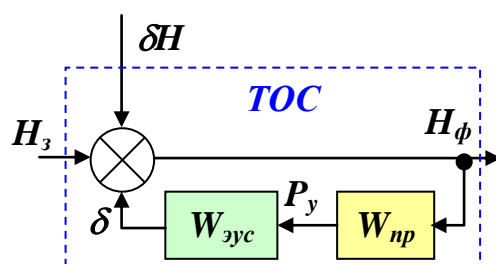


Рисунок 5 – Функциональная схема процесса резания

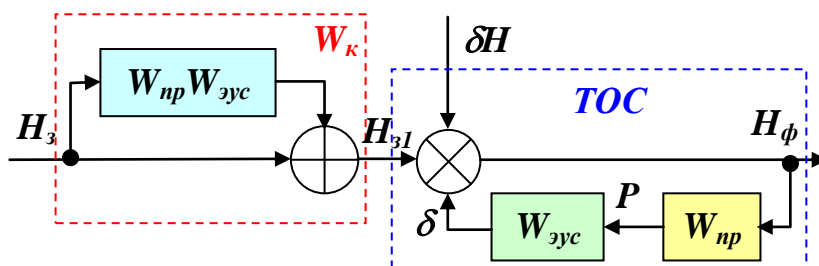


Рисунок 6 – Схема управления процессом резания

Предложенные мероприятия по автоматизации позволили существенным образом сократить время обработки на станке 16K20Ф3

токарном. При этом механическая обработка на токарной операции 015 позволила за минимальное время получить требуемое качество поверхностного слоя, соответствующее техническим требованиям задания.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Объектом исследования в разделе является технологический процесс изготовления корпуса насоса гидрокоробки. Разработка мероприятий по обеспечению безопасности и экологичности технического объекта проводится с использованием методики и данных учебно-методического пособия [5].

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

В таблице 9 приведем характеристики технического объекта.

Таблица 9 – «Технологический паспорт технического объекта»

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества» [5]
Техпроцесс изготовления корпуса	Токарная операция	Оператор станков с ЧПУ	16Б16Т1 с ЧПУ, патрон токарный	Сталь 45Л по ГОСТу 977, СОЖ, ветошь
Техпроцесс изготовления корпуса	Координатно-расточная операция	Оператор станков с ЧПУ	S500 с ЧПУ, СНП ГОСТ 12195-66	Сталь 45Л по ГОСТу 977, СОЖ, ветошь
Техпроцесс изготовления корпуса	Координатно-шлифовальная операция	Оператор станков с ЧПУ	3284СФ4 с ЧПУ, СНП ГОСТ 12195-66	Сталь 45Л по ГОСТу 977, СОЖ, ветошь

В качестве объекта, для которого разрабатывались мероприятия по осуществлению безопасности, экологичности и охране труда выбран технологический процесс изготовления корпуса насоса гидрокоробки. Рассматриваются три технологические операции: токарная, координатно-

расточная и координатно-шлифовальная.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

В таблице 10 показаны и идентифицированы производственные риски, связанные с изготовлением корпуса.

Таблица 10 – «Идентификация профессиональных рисков»

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [5]
Токарная, черновое и чистовое точение, кругло-шлифовальная, шлифование исполнительных поверхностей, резьбофрезерная, фрезерная, цекование отверстий, резьбошлифовальная	Подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; опасные и вредные производственные факторы, которые могут вызвать ожоги тканей организма человека; острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; части твердых объектов; опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем вибрации; опасные и вредные производственные факторы, характеризующиеся повышенным уровнем шума; статическая нагрузка; перенапряжение анализаторов	Оборудование: 16Б16Т1 с ЧПУ, S500 с ЧПУ, 3284СФ4 с ЧПУ, обрабатываемая заготовка, СОЖ, приспособление, инструмент

Здесь приводится систематизация производственно-технологических и эксплуатационных рисков, источником которых являются оборудование, приспособления, инструмент и материалы, используемые при изготовлении корпуса.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

В подразделе предлагаются методы и средства, которые необходимы при защите от вредных и опасных производственных факторов (таблица 11)

Таблица 11 – «Организационно-технические методы и технические средства (технические устройства) устранения (снижения) негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов» [5]

«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 работающего» [5]
«Режущие, обдирающие части твердых объектов; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки	Применение защитных кожухов, экранов, ограждений	Костюм для защиты от загрязнений, спецодежда, защитные очки, ботинки кожаные
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Удаление острых кромок и заусенцев на слесарных переходах	Перчатки
ОВПФ, которые могут вызвать ожоги тканей организма человека	Применение защитных кожухов, экранов, ограждений	Спецодежда, перчатки
ОВПФ, связанные с повышенным уровнем общей вибрации	Установка оборудования на виброгасящие опоры, сокращение времени контакта с поверхностями подверженными вибрации	Резиновые виброгасящие покрытия
ОВПФ, характеризующиеся повышенным уровнем шума	Изоляция звукопоглощающими материалами наиболее акустически активных	Применение наушников или противозумных вкладышей
ОВПФ электрического тока	Заземление оборудования, изоляция токоведущих частей, применение предохранителей	Спецодежда, резиновые напольные покрытия, перчатки с полимерным покрытием
Динамические нагрузки, вызванные монотонностью	Соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов	

Здесь показаны профессиональные риски» [5].

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Таблица 12 – «Идентификация классов и опасных факторов пожара»

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие проявления факторов пожара» [5]
Механический участок	16Б16Т1, S500, 3284СФ4	Класс В	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму	Воздействие огнетушащих веществ; части изделий и иного имущества; вынос высокого напряжения на токопроводящие части

Таблица 13 – «Технические средства обеспечения пожарной безопасности»

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установочные системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение» [5]
Ящик с песком, пожарный гидрант, огнетушители	Пожарные автомобили	Пенная система тушения	Извещатели пожарные; приборы приемно-контрольные пожарные; приборы управления пожарные	Напорные пожарные рукава	Веревки, пожарные карабины пожарные противогазы, респираторы	Лопаты, багры, ломы и топоры ЩП-Б	Автоматические извещатели

Таблица 14 – «Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты» [5]
«Изготовление корпуса. Токарный станок. Координатно-расточной. Координатно-шлифовальный	Применение СОЖ на базе негорючих составов, хранение промасленной ветоши в несгораемом ящике, соблюдение правил электробезопасности	Наличие пожарной сигнализации, автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения, проведение пожарных инструктажей» [5]

В таблицах 12 – 14 показаны опасные факторы пожара и его класс, рассмотрены потенциальные источники пожарной опасности и те средства, которые необходимы для устранения опасности. Предлагаются меры организационного характера для исследуемого технического объекта.

Предложены в подразделе меры организационного характера для исследуемого технического объекта по устранению пожарной опасности.

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Разработаны как дополнительные, так и альтернативные мероприятия организационно-технического характера для снижения негативного антропогенного воздействия технологического процесса изготовления корпуса насоса гидрокоробки на окружающую среду. В таблице 15 указаны опасные вредные производственные факторы, являющиеся экологически опасными факторами исследуемого технического объекта.

Таблица 15 – «Идентификация негативных экологических факторов технического объекта»

Наименование технического объекта, производственно-технологического техпроцесса	Структурные составляющие объекта производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т.п.	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образование сточных вод, забор воды из источников водоснабжения)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра), образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)» [5]
«Технологический процесс изготовления корпуса	16Б16Т1 с ЧПУ, S500 с ЧПУ, 3284СФ4 с ЧПУ	Стружка, масляный туман, пыль, токсические испарения,	Нефтепродукты, смазочно-охлаждающая жидкость, растворы отработанных технических жидкостей	Отходы в виде стружки, ветошь, нефтепродукты, смазочно-охлаждающая жидкость, отработанные жидкие среды» [5]

Рассмотрены опасные вредные производственные факторы, являющиеся экологически опасными факторами исследуемого технического объекта.

Для снижения негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду предложены дополнительные и альтернативные мероприятия организационно-технического характера (таблица 16).

Таблица 16 – «Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду»

Наименование технического объекта» [5]	Технологический процесс изготовления корпуса
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Оснащение системы производственной вентиляции фильтрующими элементами.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Применение многоступенчатой системы очистки сточных вод
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу» [5]	Разделение жидких и твердых отходов. Утилизация отходов на специальных полигонах

Предложены дополнительные и альтернативные мероприятия организационно-технического характера для снижения негативного антропогенного воздействия технологического процесса изготовления корпуса насоса гидрокоробки на окружающую среду.

4.6 Заключение по разделу

В качестве объекта, для которого разрабатывались мероприятия по осуществлению безопасности, экологичности и охране труда выбран технологический процесс изготовления корпуса насоса гидрокоробки. Рассматривались три технологические операции: токарная, координатно-расточная и координатно-шлифовальная (таблица 9).

В таблице 10 показаны производственные риски, связанные с изготовлением червяка. Здесь приводится систематизация производственно-технологических и эксплуатационных рисков, источником которых являются оборудование – токарно-винторезный с ЧПУ 16Б16Т1, координатно-расточной с ЧПУ S500, координатно-шлифовальный с ЧПУ 3284СФ4; приспособления – патрон токарный, патрон мембранный по ОСТу 3-3443-76, люнет; инструмент – резец проходной Т5К10, расточная борштанга Dandrea и

материалы – сталь 45Л по ГОСТу 977, СОЖ, ветошь, используемые при изготовлении корпуса.

Для снижения рисков предложены методы и средства, которые необходимо и достаточно использовать при защите от вредных и опасных производственных факторов при изготовлении корпуса (таблица 11).

В таблицах 12 – 14 указаны опасные факторы пожара и его класс, рассмотрены потенциальные источники пожарной опасности и те средства, которые необходимы для устранения опасности. Предложены меры организационного характера, необходимость использования которых предлагается для исследуемого технического объекта.

В таблице 15 указаны опасные вредные производственные факторы, являющиеся экологически опасными факторами исследуемого технического объекта.

Разработаны как дополнительные, так альтернативные мероприятия организационно-технического характера для снижения негативного антропогенного воздействия технологического процесса изготовления корпуса насоса гидрокоробки на окружающую среду (таблица 16).

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 экономического обоснования, является предложение внедрить автоматизацию операций, которая предлагает разработку системы автоматизированного управления (САУ) продольной подачи на токарной операции 015 технологического процесса изготовления корпуса насоса гидрокоробки.

Для проведения экономических расчетов была составлена программа в Microsoft Excel по следующим методикам:

- Расчет технологической себестоимости [6, с. 17-19];
- Калькуляция себестоимости [6, с. 19];
- Расчет капитальных вложений [6, с. 14-17];
- Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта [6, с. 20-23].

Расчет технологической себестоимости. Данная методика позволила рассчитать такие параметры как: заработная плата основных рабочих, начисления на заработную плату и расходы на эксплуатацию и ремонт оборудования. Расчеты проводились по двум сравниваемым вариантам, первый, это технологический процесс без САУ и второй – технологический процесс с САУ. Основные показатели по определению технологической себестоимости по сравниваемым вариантам представлены на рисунке 7.

Анализируя, представленные на рисунке 7, данные, можно сделать вывод о том, что два показателя: заработная плата и соответственно начисления на заработную плату имеют тенденцию к снижению. Другими словами, расходы по этим показателям в проектном варианте меньше базовых значений на 25,95 % или в рублевом эквиваленте, разница

составляет 0,82 руб. Однако, расходы на содержание и эксплуатацию оборудования имеют обратные изменения, то есть расходы базового варианта меньше значений проектного варианта на 1,6 руб. Это обосновывается условиями совершенствования технологического процесса, то есть внедрением системы автоматизированного управления. Данная величина превышает изменения по снижению расходов на заработную плату и начислениям, поэтому, при определении технологической себестоимости, базовый вариант имеет более низкие расходы на выполнение 015 токарной операции. Но говорить о том, что проектируемый вариант не является эффективным, пока еще рано.

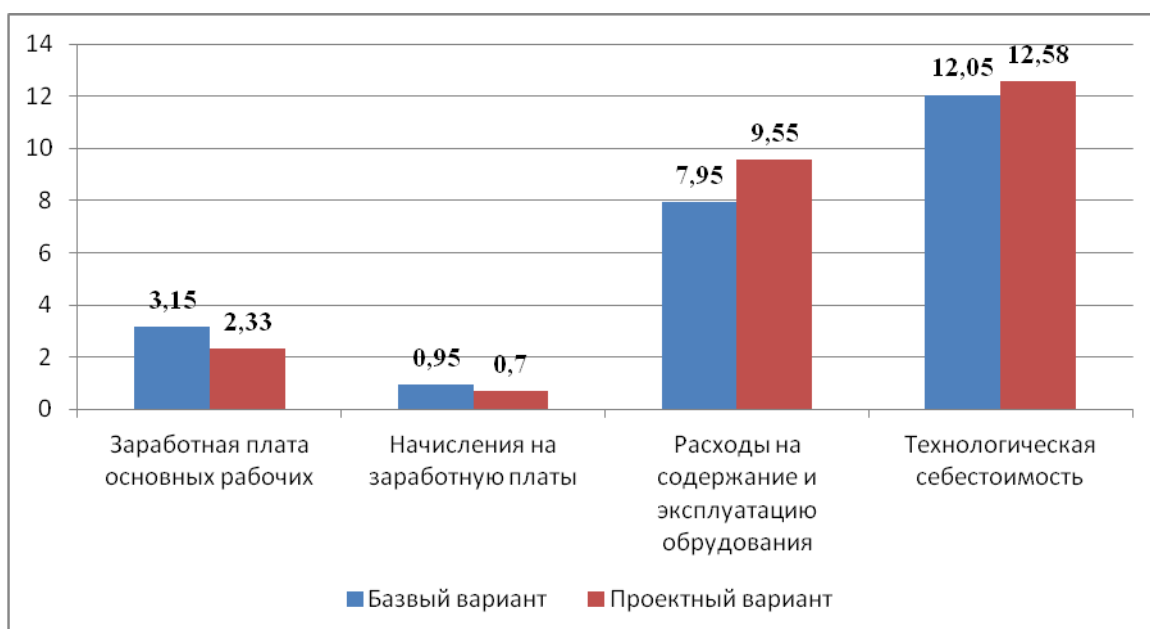


Рисунок 7 – Расчет технологической себестоимости, руб.

Калькуляция себестоимости. Данная методика позволяет на базе технологической себестоимости определить такие параметры как:

- цеховую себестоимость;
- производственно-заводскую (заводскую) себестоимость;
- полную себестоимость.

Динамика изменений калькуляции себестоимости по сравниваемым вариантам технологического процесса представлена на рисунке 8.

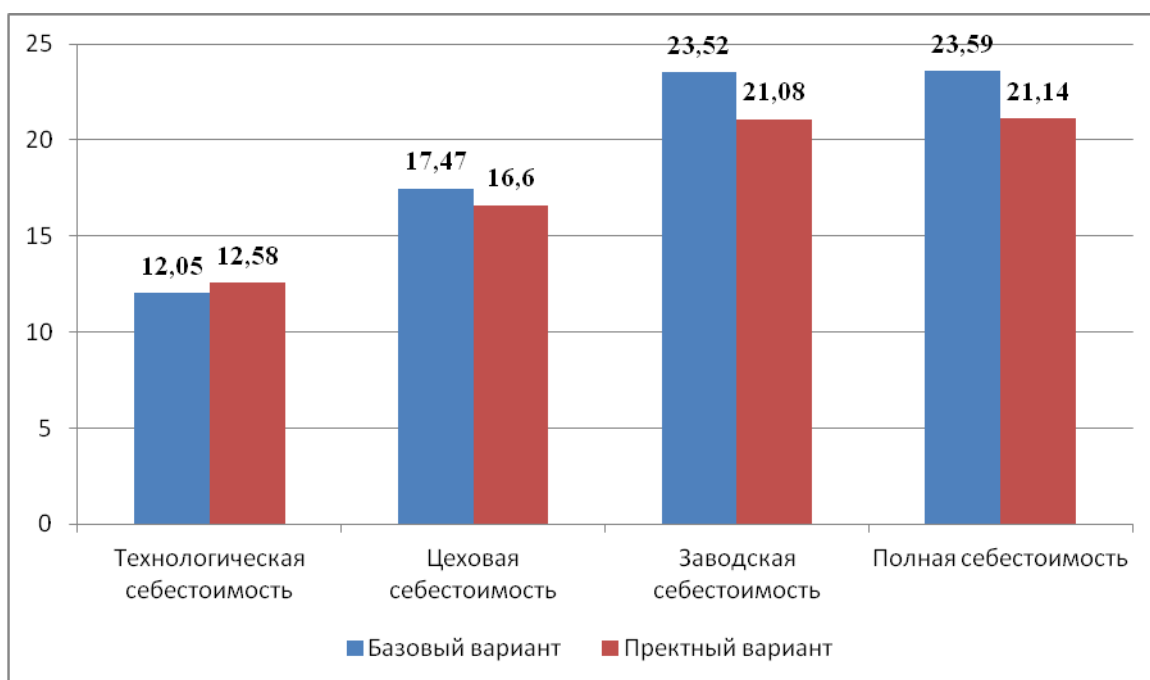


Рисунок 8 – Калькуляция себестоимости, руб.

Как видно из рисунка 8, абсолютно все параметры по обоим вариантам имеют тенденцию к увеличению. Однако, сравнивая значения по вариантам, можно сказать, что только у технологической себестоимости базовый вариант выполнения операции имеет меньшее значение, все остальные параметры, в проектном варианте расходуют меньше при выполнении операции 015. Итоговая разница полной себестоимости между сравниваемыми вариантами составляет 2,45 руб., т. е. выполнить операцию 015 токарную по технологическому процессу проектного варианта будет на 10,37 % дешевле.

Расчет капитальных вложений. Эта методика позволяет учесть все затраты, которые могут быть при внедрении предложенных совершенствований. Учитывая то, что изменения касаются только внедрения системы автоматизированного управления, поэтому капитальные вложения

будут складываться из следующих параметров: затраты на проектирование и затраты на внедрение системы автоматизированного управления. Общий объем инвестиций составит 20881,05 рублей.

Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта. Данная методика предполагает последовательное определение следующих экономических показателей:

- чистая прибыль;
- срок окупаемости;
- общий дисконтируемый доход;
- интегральный экономический эффект;
- индекс доходности.

Из всех перечисленных параметров, для экономического обоснования, представляют интерес только три. Первый, это срок окупаемости, который в результате расчета получился равным 3 года, что позволяет говорить об эффективности предлагаемых мероприятий. Второй – интегральный экономический эффект, с величиной значения 3490,1 рублей. Если величина этого показателя положительная, то проект можно считать эффективным. И третий – индекс доходности, со значением 1,15 руб./руб. Данное значение показывает, сколько предприятие получит прибыли, на каждый вложенный рубль, то есть, вложив 1 рубль, предприятие получит 1,15 рублей. Подводя общий итог, можно сказать, что предлагаемые совершенствования рекомендуются к внедрению, потому что расчеты доказали его эффективность.

Заключение

В выпускной квалификационной работе были решены ряд вопросов по проектированию техпроцесса изготовления корпуса. Проведенный анализ показал технологичность, то есть возможность обработки рассматриваемой детали. Рассмотрена возможность обработки материала, из которого выполнена заготовка. Соответствующим образом выбрано оборудование и инструмент для обеспечения качества механической обработки. В бакалаврской работе разработана система автоматического управления процессом резания на одной из технологических операций. Для чего были показаны математические модели, связывающие параметры и режимы резания между собой. На основе этого были построены структурная и функциональная схемы проектируемой системы.

При выполнении выпускной квалификационной работы были получены следующие результаты:

- Спроектирована заготовка, экономически обоснована, с наибольшим коэффициентом использования материала.
- Усовершенствован технологический процесс изготовления корпуса с помощью патентных исследований и методами технического творчества.
- Спроектированы специальные средства оснащения, используемые в технологическом процессе.
- Проведены мероприятия по обеспечению безопасности и охране труда.
- Экономическая эффективность доказана.

Список используемых источников

1. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов. – М. : Машиностроение, 2005. 736 с.
2. Байкалова В.Н. Основы технического нормирования труда в машиностроении: учебное пособие / В.Н. Байкалова, И.Л. Приходько, А.М. Колокатов. – М. : ФГОУ ВПО МГАУ, 2005. 105 с.
3. Безъязычный В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебник. – М. : Инновационное машиностроение, 2016. 568 с.
4. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. – М. : Альянс, 2015. 256 с.
5. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: учебно-методическое пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти : изд-во ТГУ, 2018. 41 с.
6. Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ / Н.В. Зубкова. – Тольятти : ТГУ, 2015. 46 с.
7. Иванов И.С. Расчёт и проектирование технологической оснастки в машиностроении: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2015. 198 с.
8. Иванов И.С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2014. 223 с.
9. Клепиков В.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / В.В. Бодров, В.Ф. Солдатов. – М. : ИНФРА-М, 2017. 229 с.
10. Клепиков В.В. Технология машиностроения: учебник / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. – М. : ФОРУМ, ИНФРА-М, 2004. 860 с.
11. Кондаков А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : КНОРУС, 2012. 400 с.

12. Косов Н.П. Технологическая оснастка: вопросы и ответы: учебное пособие / Н.П. Косов, А.Н. Исаев, А.Г. Схиртладзе. – М. : Машиностроение, 2005. 304 с.
13. Приходько И.Л. Проектирование заготовок: учебное пособие / И.Л. Приходько, В.Н. Байкалова. – М. : Издательство РГАУ–МСХА, 2016. 171 с.
14. Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2016. 330 с.
15. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 2 / А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение-1, 2001. 944 с.
16. Суслов А.Г. Технология машиностроения: учебник. – М. : КНОРУС, 2013. 336 с.
17. Сысоев С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб. : Издательство «Лань», 2016. 352 с.
18. Филонов И.П. Инновации в технологии машиностроения: учебное пособие / И.П. Филонов, И.Л. Баршай. – Минск : Вышэйшая школа, 2009. 110 с.
19. Bertsche B. Reliability in Automotive and Mechanical Engineering: Determination of Component and System Reliability / B. Bertsche, A. Schauz, K. Pickard. – Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2015. 502 p.
20. Grote K.-H., Antonsson E.K. Springer Handbook of Mechanical Engineering / K.-H Grote, E.K. Antonsson. – New York : Springer Science+Business Media, 2008. 1589 p.
21. Nee A. Y. C. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / A. Y. C. Nee. – London : Springer Reference, 2015. 3491 p.
22. Rösler J. Mechanical Behaviour of Engineering Materials: Metals, Ceramics, Polymers, and Composites / J. Rösler, H. Harders, M. Bäker. – Berlin Heidelberg New York : Springer, 2007. 540 p.

23. Silberschmidt V. Mechanics of Advanced Materials: Analysis of Properties and Performance / V. Silberschmidt, V. Matveenko. Switzerland : Springer International Publishing, 2015. 205 p.

Приложение А

Маршрутная карта

Дубл.	Взам.	Лобп.	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.	
																	01101	25211	2	3
А			цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.	
01А	XXXXXX	030	4223	Координатно-расточная	ИОТ И 37.101.7026-89															
02Б	3816XXX		S500			2	18632	411	1Р	1	1	1	1	1	1	500	1	24	1,535	
03																				
04А	XXXXXX	035	0190	Слесарная																
05Б	XXXXXX					4407														
06																				
07А	XXXXXX	040	0130	Моечная																
08Б	375698XXX					КММ														
09																				
10А	XXXXXX	045	0200	Контрольная																
11																				
12А	XXXXXX	050	4133	Координатно-шлифовальная	ИОТ И 37.101.7419-85															
13Б	38132XXX		3284СФ4			2	18873	411	1Р	1	1	1	1	1	1	500	1	24	1,426	
14																				
15А	XXXXXX	055	4133	Координатно-шлифовальная	ИОТ И 37.101.7419-85															
16Б	38132XXX		3284СФ4			2	18873	411	1Р	1	1	1	1	1	1	500	1	31	3,253	
17																				
18А	XXXXXX	060	0130	Моечная																
МК																				

Приложение Б
Операционные карты

Приложение В

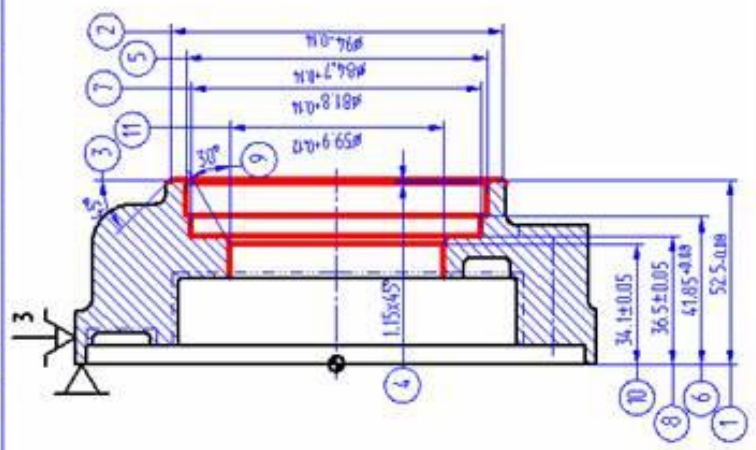
Карта эскизов

ГОСТ 3.1105-84

Форма 7

Разраб. Сиротин		ТГУ		01101.242051		1	
Проб. Гуляев							
Н.контр. Гуляев		Корпус насоса гидрокоробки		Цех Уч. РМ		Прер. 015	

$\sqrt{Ra6,3}$



КЭ

ГОСТ 3.1105-84

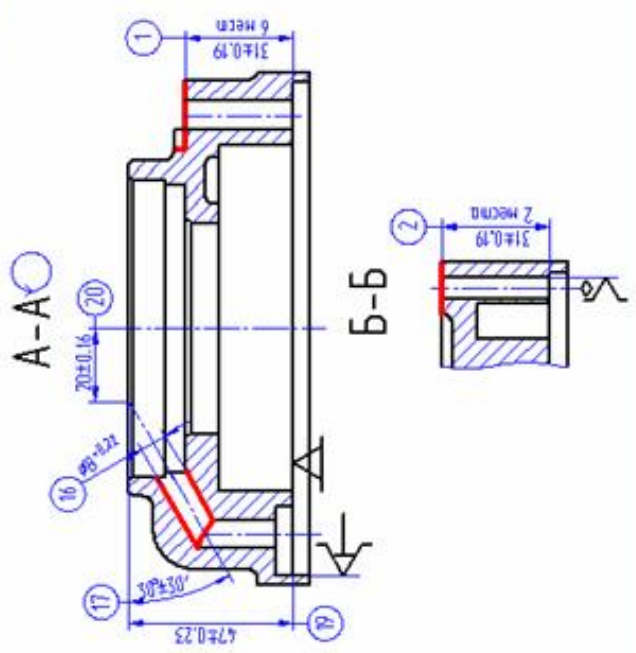
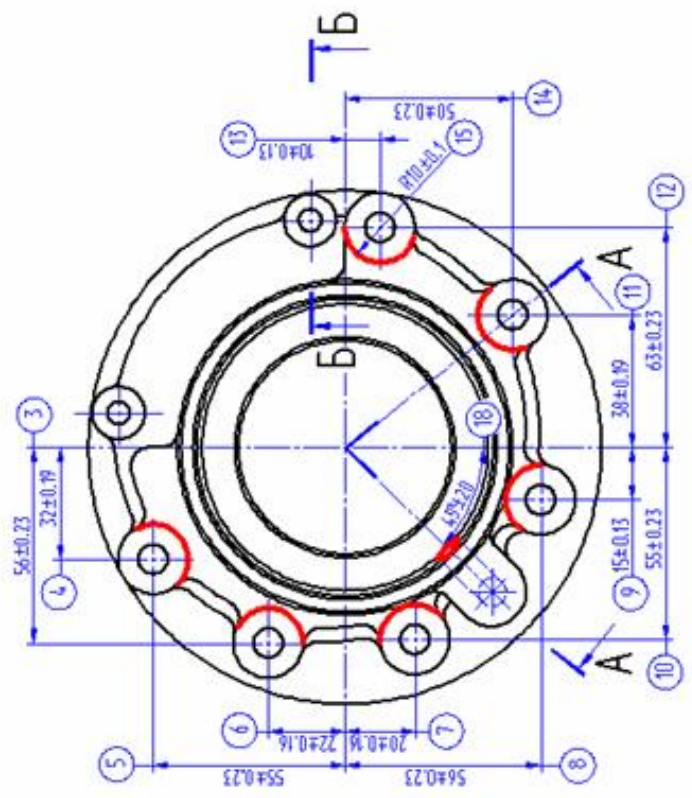
Форма 7

01101.24.205 | 1

ТГУ
Корпус насоса гидрокоробки

Разраб. Цирюлин
Проб. Гуляев
Н.контр. Гуляев

Цех | Уч. | IPM | 009Р. | 030°



▽ Ra6,3

K3