

Университетский колледж

Технология машиностроения
(наименование специальности)

Шаров Даниил Артёмович

(Ф.И.О. обучающегося полностью в именительном падеже)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

(дипломный проект специалиста среднего профессионального образования)

<u>15.02.08.</u> код направления/ специальности	<u>13.00.</u> код выпускающей кафедры	<u>037</u> порядковый номер темы диплома по приказу	<u>1.</u> код формы обучения
---	---	---	------------------------------------

Проектирование технологического процесса изготовления детали корпус 4042
(наименование темы)

Допустить к защите:

Директор УК	_____	(В.Г. Якимов) расшифровка
	подпись, дата	
Зам. директора по УР	_____	(И.В. Левашова) расшифровка
	подпись, дата	
Председатель ПЦК	_____	(Е.Б. Сидорова) расшифровка
	подпись, дата	
Руководитель ДП	_____	(С.А. Кононова) расшифровка
	подпись, дата	
Консультант по охране труда	_____	(С.В. Вешторт) расшифровка
	подпись, дата	
Консультант по экономической части	_____	(И.С. Усова) расшифровка
	подпись, дата	
Нормоконтролёр	_____	(С.А. Кононова) расшифровка
	подпись, дата	
Обучающийся	_____	(Д.А. Шаров) расшифровка
	подпись, дата	

Вологда
2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	
1	Назначение и условия работы детали в узлах и механизмах	
2	Технологическая часть	
2.1	Краткие сведения о детали.	
2.2	Описание технологического процесса изготовления детали.	
2.3	Характеристика типа производства.	
2.4	Описание вида заготовки, выбор заготовки и способа её получения.	
2.4.1	Определение припусков расчетно-аналитическим методом.	
2.4.2	Окончательное конструирование заготовки.	
2.5	Выбор и характеристика оборудования.	
2.6	Определение режимов резания и расчет технологических норм времени.	
3	Конструкторская часть	
3.1	Выбор, описание приспособления.	
3.2	Выбор, описание и расчет режущего инструмента.	
3.3	Выбор, описание, расчет измерительного инструмента.	
4	Производственные расчеты.	
4.1	Расчет фонда времени, фонда оборудования.	
4.2	Расчет площади участка.	
5	Организационная часть.	
6	Экономическая часть.	
7	Охрана труда	
8	Заключение	
9	Приложения	

10	Список используемой литературы	
----	--------------------------------	--

ВВЕДЕНИЕ

Темой и целью дипломного проекта является проектирование и разработка участка механической обработки комплексной детали.

Комплексная деталь – это условная (искусственно созданная) деталь, содержащая в своей конструкции все основные элементы (поверхности), характеристики, для деталей данной группы. Они являются конструктивно – технологическими представителями данной группы.

Дипломный проект (ДП) – это итоговая аттестационная работа студента, которая выполняется им на выпускном курсе. ДП оформляется в письменном виде с соблюдением необходимых требований и представляется по окончании обучения к защите перед государственной аттестационной комиссией.

Цель дипломного проекта - является разработка участка с полным техническим и экономическим расчетом.

1 НАЗНАЧЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ И УСЛОВИЯ РАБОТЫ В МЕХАНИЗМЕ

1.1 Назначение деталей

Комплексная деталь – это условная (искусственно созданная) деталь, содержащая в своей конструкции все основные элементы (поверхности), характеристики, для деталей данной группы. Они являются конструктивно – технологическими представителями данной группы.

Комплексную деталь содержит в себе основные элементы все деталей.

Кольцо – это тип деталей, широко используемых в машиностроении, их применяют для закрепления комплектующих на валах и вращающихся элементах машин.

Гайка – Это крепёжное изделие с резьбовым отверстием, образующее разборное соединение с помощью винта, болта или шпильки.

Сухарь – Это вспомогательная фиксирующая деталь в сопряжённых узлах механизмов и машин, предохраняющая сопряжённые узлы от относительного смещения.

Муфта – это устройство, предназначенное для соединения друг с другом концов валов и свободно сидящих на них деталей для передачи крутящего момента.

Чертёж комплексной детали указан на рисунке 1.

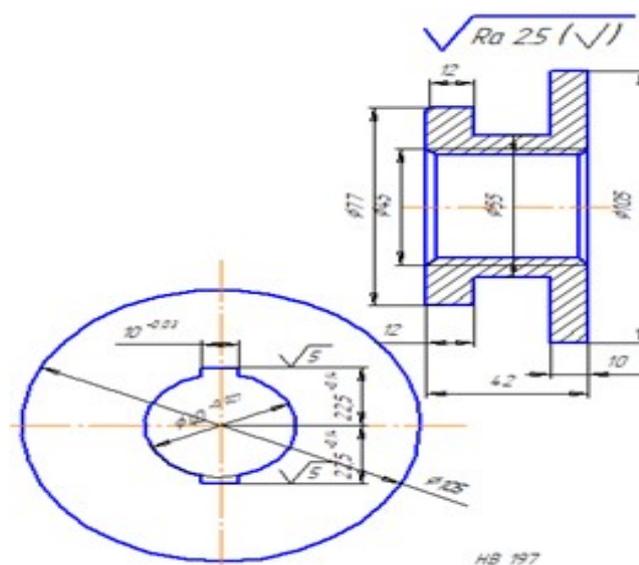


Рисунок 1 – Чертёж комплексной детали

3D модель комплексной детали продемонстрирована на рисунке 2.

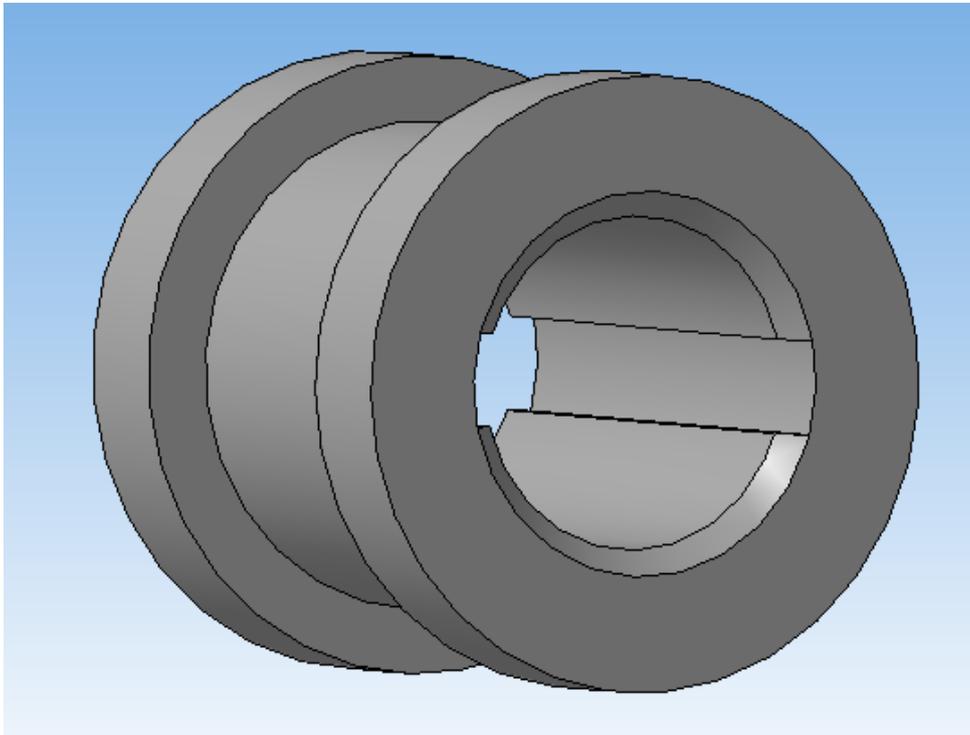


Рисунок 2 – 3D модель комплексной детали

1.2 Условие работы деталей в механизме

Кольцо можно использовать для фиксации тел качения в подшипнике рисунок 3.

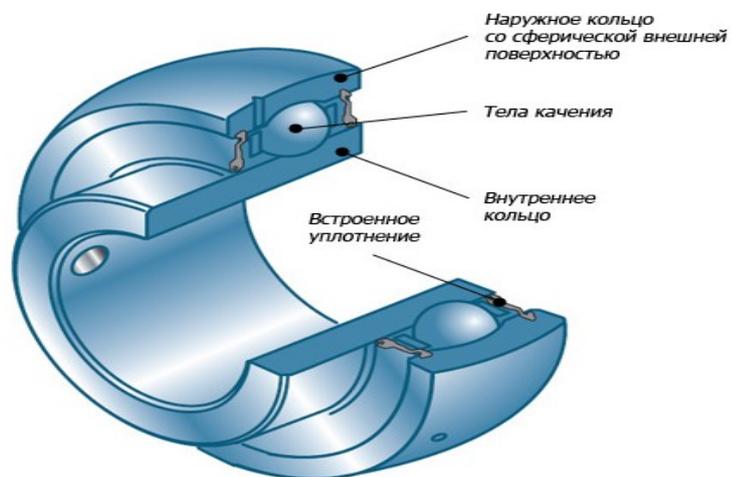


Рисунок 3 – Фиксация тел качения в подшипнике

Гайка применяется для создания разъёмных соединений, например, болтовое соединение рисунок 4.



Рисунок 4 – Болтовое соединение

Сухарь используется для закрепления деталей, например, в клапане двигателя Дойтц 1013 рисунок 5.



Рисунок 5 – Сухарь клапана Дойтц 1013

Муфта используется для передачи движения, например, обгонная муфта генератора рисунок 6.



Рисунок 6 – Обгонная муфта генератора

2.1 Краткие сведения о детали

2.1.1 Характеристика материала

Для деталей данной группы используется Сталь 45 ГОСТ 1050-2013

Химический состав указан в таблице 1

Таблица 1 – Химический состав Сталь 45

C %	Mn %	Si %	Ni %	Cr %	Cu, %	S %	Fe %	P %
0,42-0,5	≤0,5-0,8	≤0,17-0,37	0,25	≤0,25	0,25	≤0,04	97	0,035

Предел прочности $\sigma_s \geq 640 \text{ МПа}$, твердость ≥ 197 , и плотность $7,8 \cdot 10^{-6} \text{ кг/мм}^3$.

Аналогом данной марки стали может служить Сталь 50, сталь 50Г2, Сталь 40Х.

Сталь 45 выделяется среди остальных конструкционных сталей по своим механическим характеристикам:

- износоустойчивая;
- хорошо работает в условиях переменных и ударных нагрузок;
- ударная вязкость 66 КДж/м^2 ;
- сталь 45 пластична и поддается всем видам механической обработки.

2.1.2 Масса детали

Конструкция детали, представленной в ВКР, имеет простую конструкцию. Все элементы детали, можно разложить на простые конструкционные элементы. Для определения массы была построена 3D–модель, и задан ее материал.

Масса детали 1 кг.

2.1.3 Анализ детали на технологичность

Технологичность — это одна из комплексных характеристик технического устройства (изделие, устройство, прибор, аппарат), которая выражает удобство его производства, ремонтпригодность и эксплуатационные качества.

Технологичность закладывается в конструкцию при соответствующем назначении параметров деталей (материала, размеров и их отклонений, шероховатости и т. п.), форм и взаимного расположения поверхностей их элементов. Технологичность базируется на стандартизации, унификации и преемственности. Во многих случаях только возможности технологии позволяют достичь уникальных результатов и высоких потребительских свойств.

2.1.3.1 Качественный анализ детали

Деталь состоит из простых геометрических тел: цилиндров. В детали присутствуют: фаски, шпоночный пазы, отверстие. Базовой поверхностью будет отверстие детали, которое используется для закрепления детали. На проход можно обработать: максимальный диаметр, отверстие, торцы. Подвод для режущего и измерительного инструмента свободный. Необходимо закалить шпоночные пазы детали при помощи ТВЧ до HRC 45...50 и закалить сухарь до HRC 30...35. Диаметр ступней по направлению к торцу возрастает, так же в детали нет больших перепадов в диаметре. Сквозные шпоночные пазы. Наиболее точные поверхности деталей обрабатываются по 7 квалитету. После закалки теряется квалитет, необходимо шлифовать. Большинство поверхностей обрабатываются по 14 квалитету. Шероховатость соответствует заданной квалитетом. Для 7 квалитета используется $\sqrt{Ra_{2,5}}$.

2.1.3.1 Количественный анализ детали

Для выполнения количественного анализа детали необходим эскиз рисунок 7.

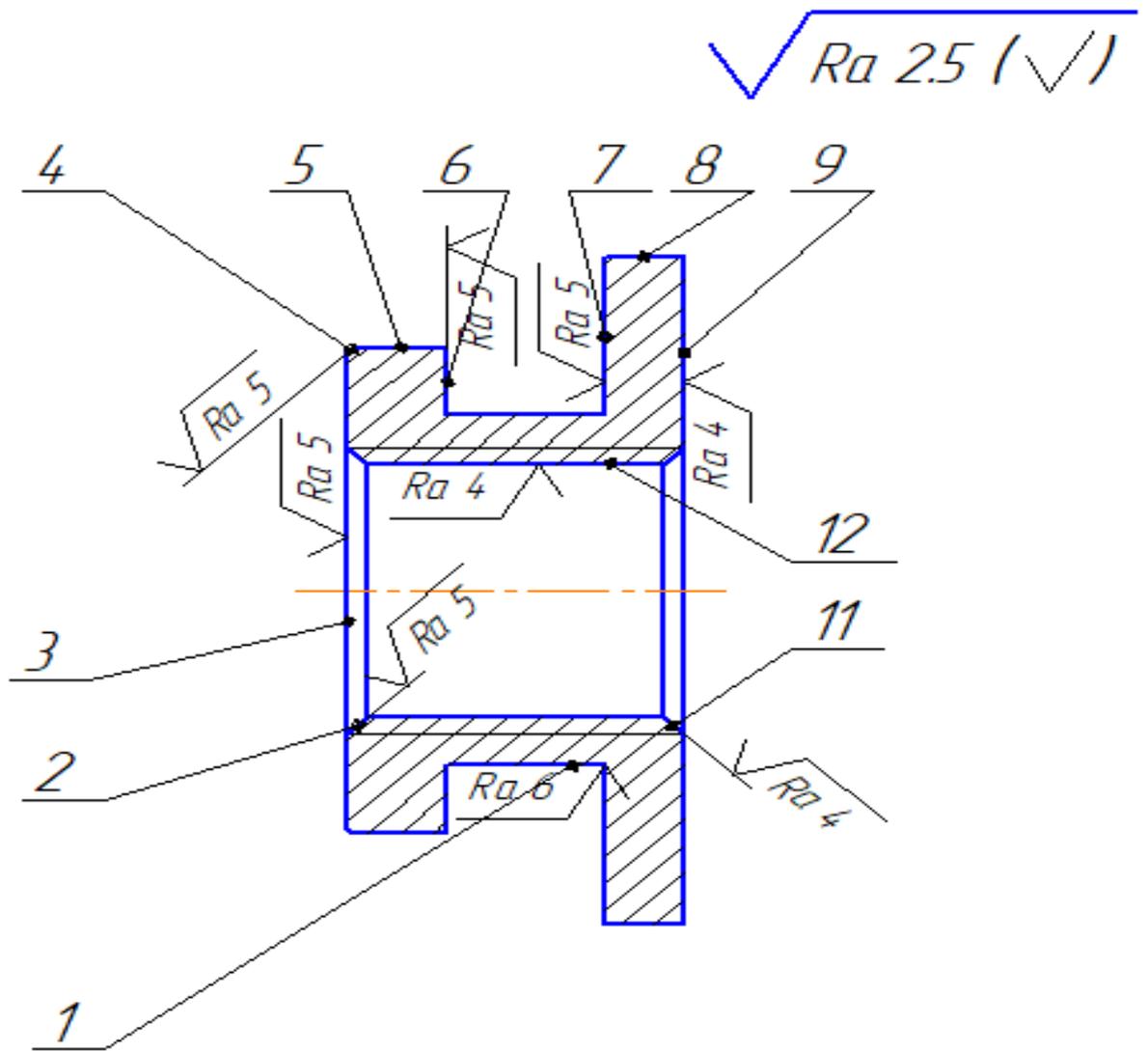


Рисунок 7 – Эскиз комплексной детали

Для выполнения количественного анализа детали составлена таблица 2 с квалитетами точности и шероховатостями поверхностей детали.

Таблица 2 – Квалитеты точности и шероховатости поверхностей детали

№ поверхности	Вид обработки	Шероховатость Ra	Квалитет
1	Черновая	6	14
2	Черновая	5	14
3	Черновая	5	14
4	Черновая	5	14
5	Черновая	5	14
6	Черновая	2,5	14
7	Черновая	4	14
8	Черновая	4	14
9	Черновая	4	14
10	Чистовая	2,5	7
11	Чистовая	2.5	7

12	Чистовая	2,5	7
----	----------	-----	---

Формула расчета коэффициента унификации (1)

$$K_{y.э.} = \frac{\delta_{э.у.}}{\delta_э}, \quad (1)$$

где $\delta_{э.у.}$ - число унифицированных элементов;

$\delta_э$ – общее число конструктивных элементов;

Формула расчета коэффициента точности обработки (2)

$$K_m = 1 - \left(\frac{1}{T_{cp}}\right), \quad (2)$$

где: T_{cp} . средняя точность, рассчитываемая по формуле (3)

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i n_i}{n_i}, \quad (3)$$

Условие проверки по коэффициенту точности (4)

$$K_m > 0,8, \quad (4)$$

Формула расчета коэффициента шероховатости детали (5)

$$K_u = \frac{1}{Ш_{cp}}, \quad (5)$$

где $Ш_{cp}$ - средняя шероховатость поверхности детали;

Средняя шероховатость поверхности детали рассчитываемая по формуле (6)

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i n_i}{n_i}, \text{ мкм}, \quad (6)$$

Условие проверки по коэффициенту шероховатости детали (7)

$$K_u \leq 0,32, \quad (7)$$

Расчет коэффициента унификации.

$$K_{y.э.} = \frac{13}{13} = 1;$$

По коэффициенту унификации деталь технологична.

$$T_{cp} = \frac{14*9+7*3}{12} = 12,25;$$

$$K_m = 1 - \frac{1}{12,25} = 0,92;$$

$$0,92 > 0,8.$$

По коэффициенту точности деталь технологична.

Расчет коэффициента шероховатости.

$$Ш_{cp} = \frac{6+5*4+2,5*4+4*3}{12} = 4, \text{ мкм};$$

$$K_u = \frac{1}{4} = 0,25;$$

$$0,25 \leq 0,32.$$

По коэффициенту шероховатости деталь технологична. Таким образом, комплексная деталь технологична и готова к выпуску.

2.2 Характеристика типа производства

Тип производства – это комплексная характеристика технических, организационных и экономических особенностей машиностроительного производства, обусловленная его специализацией, типом и постоянством номенклатуры изделий, а также формой движения изделий по рабочим местам.

Мелкосерийное производство – тип организации производственного процесса, при котором подразделения или обрабатывающие центры специализируются на определенных операциях. Является видом серийного производства. В качестве оборудования чаще применяются станки с числовым программным управлением (ЧПУ).

Серийное производство – тип производства, характеризующийся ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых или ремонтируемых периодически повторяющимися партиями, и сравнительно большим объемом выпуска. Серийное производство является основным типом современного производства, и предприятиями этого типа выпускается в настоящее время 75–

80 % всей машиностроительной продукции. По всем технологическим и производственным характеристикам серийное производство занимает промежуточное положение между единичным и массовым производством.

Массовое производство – тип производства, характеризующийся узкой номенклатурой изделий, изготавливаемых или ремонтируемых в течении продолжительного времени. Использованием автоматических линий, роботов. Закреплением на одном оборудовании одной или двумя операции.

2.3 Технологический процесс изготовления детали

Спроектируем технологический процесс изготовления комплексной детали, на токарно-револьверном станке с противопинделем, протяжного станка, внутришлифовального станка и сверлильного станка.

Для изготовления комплексной детали, используется групповой технологический процесс.

Групповой технологический процесс – это процесс изготовления группы изделий с общими технологическими, но различными конструктивными признаками.

Группой называется совокупность деталей (сборочных единиц), характеризуемая при обработке общностью СТО, средства технологического оснащения, наладки всего технологического процесса или отдельных операций.

Предварительный технологический процесс обработки представлен в таблице 3

Групповой технологический процесс предоставлен в таблице 4

Таблица 3 – Предварительный технологический процесс

№	Наименование операции	Краткое содержание
005	Заготовительная	Штамповать заготовку
010	Сверлильная	Рассверлить центральное отверстие до $\varnothing 38$
015	Токарно-Револьверная База отверстие	Точить торцы наружные диаметры начерно, расточить отверстия начерно, обработать $\varnothing 77$ окончательно, обработать $\varnothing 55$ окончательно
020	Токарно-револьверная	Точить торец $\varnothing 105$ зенкеровать отверстие $\varnothing 40$ снять фаски на чисто, точить отверстие начисто
025	Протяжная	Протянуть пазы

030	Термическая	Отправить на ТВЧ до HRC 45...50
035	Внутришлифовальная	Шлифовать отверстие

Таблица 4 – Групповой технологический процесс

	Кольцо	Гайка	Сухарь	Муфта
005	+	+	+	+
010	+	+	+	+
015	+	+	+	+
ТП1	+	+	+	+
ТП2	+	-	-	-
020	+	+	+	+
025	+	-	-	-
030	+	-	-	-
035	+	-	-	-

2.4 Описание вида заготовки и способа ее получения

Заготовка - это предмет производства, из которого путем дальнейшей обработки будет получена деталь или неразъемная сборочная единица.

Для получения заготовки целесообразно применить штамповку. Рассмотрим метод штамповки.

Штамповка – Это процесс пластической деформации материала с изменением формы и размеров тела.

Для начала рассчитаем припуск на Ø107, точность обработки по h14, и шероховатость поверхности Ra 4 мкм.

Для расчета припуска сделаем сводную таблицу. 5

Таблица 5 – Данные для расчёта припуска

Операция	Элементы припуска мкм				Расчетный припуск, мм	Расчетный размер, мм	Допуск δ мкм.	Предельные размеры		Предельный припуск	
	Rz	T	ρ	ε				dmin, мм	dmax, мм	2Zmin, мм	2Zmax, мм
Заготовительная	2160	200	390	0	-	106,5	1800	105,63	107,43	-	-
Черновая	25,2	1120	623	0	1500	104,13	870	104,13	105	1,5	2,43

Формула расчета пространственных погрешностей заготовок (8)

$$\rho_{\text{зак}} = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{экс}}^2}, \text{ мкм}, \quad (8)$$

)

где: $\rho_{см}$ $\rho_{экс}$ - погрешности по смещению оси, по эксцентricности.

Формула расчета припуска на обработку (9)

$$2 Z_{min} = \left(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + E_i^2} \right), \text{ мкм}, \quad (9)$$

где Rz – высота микронеровностей, полученная на данной поверхности после её обработки на предшествующем переходе, мкм;

T – глубина дефектного поверхностного слоя полученная на предшествующем переходе, мкм;

E – погрешность установки, мкм

Формула расчета пространственных погрешностей при черновой обработке (10)

$$\rho_{черн} = 0,06 \rho_{зак}, \text{ мкм}, \quad (10)$$

Формула проверки расчетов (11)

$$2 Z_{imax} + 2 Z_{imin} = \delta_{i-1} - \delta_i, \text{ мкм}, \quad (11)$$

$$\rho_{зак} = \sqrt{0,30^2 + 0,25^2} \approx 0,39 \text{ мм};$$

$$\rho_{черн} = 0,06 * 0,39 = 0,0234 \text{ мм};$$

$$2 Z_{min} = \left(160 + 200 + \sqrt{390^2 + 0^2} \right) = 1500 \text{ мкм};$$

$$2430 - 1500 = 1800 - 870;$$

$$930 = 930.$$

Расчеты выполнены верно.

Расчет массы заготовки проводится аналогично расчету массы детали.

Масса заготовки полученной методом штамповки $m_{заг1} = 1,43$ кг.

Рассчитаем коэффициент используемого материала по формуле (12)

$$K_{u.m.} = \frac{m_{dem.}}{m_{zag.}}, \quad (12)$$

$$K_{u.m.} = \frac{1}{1,43} = 0,7.$$

Рассмотрим другой метод получения заготовки- Получения круглого проката.

Прокат – это сплошное изделие, полученное обработкой давлением, одного сечения по всей длине, в форме прута, квадрата, правильных многоугольников.

Достоинства стального прутка:

- максимальная устойчивость к температурным перепадам, механическим повреждениям и растяжению;
- высокая прочность, надёжность, стойкость к коррозии;
- поддаются сварке и разным видам обработки.

Расчет припусков и массы заготовки происходит аналогично. Масса заготовки полученной методом прутка $m_{zag2} = 3$ кг.

Проведем расчет коэффициента используемого материала.

$$K_{u.m.} = \frac{1}{3} = 0,3.$$

Теперь проведем экономические расчеты и выберем оптимальный способ получения заготовки.

Формула расчета себестоимости заготовки (13)

$$S_{zag} = \left(\frac{C_{\delta}}{1000} m_{zag} K_m K_c K_v K_m K_n \right) - (m_{zag} - m_{dem}) \frac{S_{omx}}{1000}, \text{ руб.} \quad (13)$$

где C_{δ} - базовая стоимость 1 тонны заготовки; K_m, K_c, K_v, K_m, K_n - коэффициенты, зависящие от класса точности, группы сложности, массы, материала и объема производства; S_{omx} - стоимость 1 тонны отходов.

Стоимость заготовки полученной методом штамповки.

$$S_{zag} = \left(\frac{50000}{1000} * 1,43 * 1 * 0,75 * 1,33 * 1 * 0,8 \right) - (1,43 - 1) \frac{3780}{1000} = 56,63 \text{ руб.}$$

Стоимость заготовки полученной методом прутка.

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{50000}{1000} * 3 * 1 * 0,75 * 1,33 * 1 * 0,8 \right) - (3-1) \frac{3780}{1000} = 74,04 \text{ руб.}$$

Составим сводную таблицу 6 по технико-экономическим расчётам.

Таблица 6 – Технико-экономические расчёты

Метод получения заготовки	Масса заготовки кг	Себестоимость руб.	Коэффициент используемого материала
Штамповка	1,43	56,63	0,7
Прокат	3	74,04	0,3

Исходя из сравнительной таблицы, технико-экономические расчёты показывают, что заготовка, полученная штамповкой более экономичная по использованию материала, чем заготовка из проката.

2.5 Выбор и характеристика оборудования

Для обработки данной детали можно применить станки моделей: Сверлильный станок с ЧПУ Knuth KSB 40CNC, токарный станок с противошпинделем и ЧПУ модели F.O.R.T.Д500, вертикально протяжной станок 7Б66, внутришлифовальный станок с ЧПУ Supertec GI-150CNC. Данное оборудование необходимо для выпуска комплексной детали. Характеристика оборудования приведена в следующей таблице 7

Таблица 7 – Технические характеристики оборудования

Операция	Марка	Габариты, мм	N, кВт
Сверлильная	Knuth KSB 40 CNC	Длина: 3000 Ширина: 2050 Высота: 2630	3
Токарная	F.O.R.T Д500	Длина 3500 Ширина: 1600 Высота: 1960	22
Протяжная	7Б66	Длина: 3866 Ширина: 1392 Высота: 4555	30
Внутришлифовальная	Supertec GI-150 CNC	Длина: 2986 Ширина: 2280 Высота: 2250	1,2-2,2

Подробно рассмотрим сверлильный станок с ЧПУ Kruth KSB 40CNC изображённый на рисунке 9.



Рисунок 9 – Сверлильный станок с ЧПУ Kruth KSB 40CNC

Сверлильный станок с ЧПУ для сверления, развёртывания и нарезания резьбы в серийном и массовом типе производства.

Достоинства станка Kruth KSB 40CNC:

- стабильная коробчатая конструкция из серого чугуна с широкими, закаленными и точно обработанными направляющими
- направляющие по оси X и Y с антифрикционным покрытием
- равномерный ход и низкий износ достигается благодаря закаленным и точно обработанным шестерням и валам
- особо тяжелая и стабильная конструкция для сверления отверстий большого диаметра
- точное позиционирование рабочего стола благодаря мощным серводвигателям и высокоточным ШВП
- простое составление рабочих программ на ЧПУ Siemens благодаря наглядным циклам, с графической поддержкой, для обработки отверстий, ряда отверстий, просверливания, развёртывания и глубокой обработки
- автоматическая система центральной смазки сокращает износ деталей и упрощает техобслуживание станка

Технические характеристики станка сведены в таблицу 8

Таблица 8 – Технические характеристики станка Kruth KSB 40CNC

Наименование параметра	Величина, параметра, размерность
диаметр сверления	40 мм
нарезаемая резьба	32 мм
технологический ход, ось X	850 мм
технологический ход, ось Y	400 мм
технологический ход, ось Z	240 мм
размеры стола	1000x545 мм
допустимая нагрузка стола	300 кг
T-образные пазы, число	3 шт
T-образные пазы, ширина	18 мм
T-образные пазы, расстояние	100 мм
расстояние торец шпинделя/стол (макс.)	65 - 665 мм
вылет	335 мм
диапазон частоты вращения	31,5 - 1400 об./мин.
конус шпинделя	МК 4 / МТ 4
ускоренный ход по оси X	5000 мм/мин.
ускоренный ход по оси Y	5000 мм/мин.
ускоренный ход по оси Z	1100 мм/мин.
рабочая подача по оси X	2000 мм/мин.
рабочая подача по оси Y	2000 мм/мин.
рабочая подача по оси Z	1000 мм/мин.
точность позиционирования	0,025 мм
точность повтора	0,015 мм
мощность двигателя гл. привода	3 кВт
мощность двигателя, ось X	1,5 кВт
мощность двигателя, ось Y	1,5 кВт
мощность двигателя, ось Z	1,5 кВт
габариты	3000x2050x2630 мм
масса	2600 кг

2.6 Расчет режимов резания и норм времени

Рассчитаем режимы резанья, нормы времени на сверлильной операции и возможность многостаночного обслуживания.

Формула расчета длины резанья (14)

$$l_{p.x.} = l_{рез.} + y, \text{ мм}, \quad (14)$$

где $l_{рез.}$ - это длина резания;)

y - длина перебега;

Формула расчета скорости резанья (15)

$$V = V_{табл} K_1 K_2 K_3, \text{ м/мин}, \quad (15)$$

)

где K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

K_2 - коэффициент, зависящий от стойкости инструмента;

K_3 - коэффициент, зависящий от отношения длины резания к диаметру;

$V_{табл}$ - табличная скорость

Формула расчета оборотов шпинделя (16)

$$n = \frac{1000 V}{\pi d}, \text{ об/мин}, \quad (16)$$

)

Формула расчета уточненных оборотов (17)

$$V_{уточ} = \frac{\pi d n}{1000}, \text{ м/мин}, \quad (17)$$

)

Формула расчета основного времени (18)

$$T_o = \frac{l_{p.x.}}{S_o n}, \text{ мин}, \quad (18)$$

)

Формула расчета вспомогательного времени (19)

$$t_в = t_{\substack{уст \\ снят}} + 10 t_{пер} + 9 t_s + 4 t_n + 9 t_{инстр} + 13 t_{изм}, \text{ мин}, \quad (19)$$

)

где $t_{уст}$ – время, затраченное на установку/снятие детали;

t_s – время, затраченное на смену подачи;

t_n – время, затраченное на смену частоты вращения шпинделя;

$t_{инстр}$ – время, затраченное на смену режущего инструмента;

$t_{изм}$ – время, затраченное на измерение;

Формула расчета штучного времени (20)

$$t_{шт} = 1,08(T_o + t_o), \text{ мин}, \quad (20)$$

)

Формула расчета времени занятости (21)

$$t_{зан} = t_{вн} + t_{вн} + t_{ан} + t_{пер}, \text{ мин}, \quad (21)$$

)

где $t_{вн}$ – вспомогательное не перекрываемое время;

$t_{вн}$ – вспомогательное перекрываемое время;

$t_{ан}$ – время активного наблюдения;

$t_{пер}$ – время перехода от одного станка к другому

Формула расчета времени на многостаночное обслуживание (22)

$$t_{мс} = t_o - (t_{вн} + t_{ан} + t_{пер}), \text{ мин}, \quad (22)$$

)

Формула расчета количества станков при многостаночном обслуживании

(23)

$$n_{см} \leq \frac{t_{мс} \cdot 0,8}{t_{зан}} + 1, \quad (23)$$

)

Формула расчета времени занятости рабочего (24)

$$t_y = t_{мс} + t_{зан}, \text{ мин}, \quad (24)$$

)

Формула расчета коэффициента занятости (25)

$$K_z = \frac{t_{зан} n_{см}}{t_y}, \quad (25)$$

)

Формула определения длины рабочего хода (26)

$$L_{р.х} = l_{р.ч.прот} + l_{дет.} + l_{дон}, \text{ мм}, \quad (26)$$

)

где $l_{p.ч.прот}$ – длина режущей части протяжки, мм;

$l_{дет.}$ – длина детали, мм;

$l_{доп}$ – дополнительная длина, мм;

Рассчитаем режимы резания, нормы времени на сверлильной операции.

$$l_{p.х.} = 42 + 15 = 57 \text{ мм};$$

$$T = 2 \text{ мм};$$

$$S_o = 0,5 \text{ мм/об};$$

$$V = 26 * 0,9 * 1,25 * 1 = 29,25 \text{ м/мин};$$

$$V_{табл} = 26 \text{ м/мин};$$

$$n = \frac{1000 * 29,25}{3,14 * 38} = 243 \text{ об/мин};$$

$$n_{уточ} = 315 \text{ об/мин};$$

$$V_{уточ} = \frac{3,14 * 38 * 315}{1000} = 37 \text{ м/мин};$$

$$T_o = \frac{57}{0,5 * 315} = 0,36 \text{ мин};$$

Рассчитаем нормы времени для сверлильной операции.

$$t_g = 1 * 0,2 + 1 * 0,4 + 1 * 0,4 + 2 * 0,1 = 1,2 \text{ мин};$$

$$t_{ит} = 1,08(0,36 + 1,2) = 1,8 \text{ мин};$$

Определим возможность многостаночного обслуживания для сверлильной операции.

$$T_{вн} = 0,2 \text{ мин}; t_{вп} = 0,2 \text{ мин}; t_{ип} = 0,022 \text{ мин}; t_{пер} = 0,015 \text{ мин};$$

$$t_{зан} = 0,2 + 0,2 + 0,022 + 0,03 = 0,45 \text{ мин};$$

$$t_{мс} = 0,45 - (0,2 + 0,022 + 0,03) = 0,2 \text{ мин};$$

$$n_{ст} \leq \frac{0,2 * 0,8}{0,45} + 1 \approx 1,35 = 1 \text{ шт станка};$$

$$t_y = 0,2 + 0,45 = 0,65 \text{ мин};$$

$$K_3 = \frac{0,45}{0,65} \approx 0,7;$$

Таким образом, после проведенных расчетов один рабочий может обслужить один сверлильный станок с ЧПУ.

Для наглядности режимы резания на все операции вынесены в таблице 8

Таблица 8 – Режимы резанья

№Опер.	t, мм	j	S _o мм/об	V, м/мин	N об/мин	L _{рез.} мм	T мин	t _o мин
010	42	1	0,5	30	250	42	35	0,45
015	2	1	0,1	30	500	99,1	50	3,52
020	2	1	0,1	25,5	250	74,5	40	3,6
025	1,5	1	-	7	-	50	-	0,07
035	0,027	1	18	31	250	40	-	0,9

3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1. Выбор, описание приспособления.

Приспособлением в машиностроении называются дополнительные устройства, служащие для установки и закрепления обрабатываемых деталей, инструмента (вспомогательного инструмента), а также для сборки и контроля.

Станочные приспособления позволяют наиболее экономично в конкретных производственных условиях обеспечить заложенную в конструкции детали размер и точность, а также взаимное расположение обрабатываемых поверхностей.

Оснастка и приспособления для используемого оборудования сведены в таблицу 9.

Таблица 9 – Оснастка и приспособления

№ операции	Описание оснастки и приспособлений
Сверлильная операция (010)	Комплект универсально-сборочных-приспособлений с гидравлическим зажимом, с призматическими губками для круглых профилей.
Токарно-револьверная операция (015)	Токарный гидравлический трёх кулачковый самоцентрирующийся патрон NB306A5 на 160 мм. Резцедержатель комбинированный двойной D1-30x20. Резцедержатель аксиальный левый тип C1.
Токарно-револьверная операция (020)	Токарный гидравлический трёх кулачковый самоцентрирующийся патрон NB306A5 на 160 мм. Радиальный блок для расточных резцов стандарт VDI30 T1-30-32-065. Втулка переходная наружным \varnothing 32 мм, внутренним \varnothing 20 мм.
Протяжная операция (025)	Самоцентрирующийся адаптер.
Внутришлифовальная операция (035)	Токарный гидравлический трёх кулачковый патрон 169 мм (6''') В-206A5.

Токарный патрон – Это основной элемент оснастки токарного станка, зажимное устройство обеспечивающее фиксацию заготовки на шпинделе. Применение патронов позволяет производить обработку на высоких скоростях вращения, обеспечивает точность установки и необходимое усилие зажима.

Трёх кулачковые патроны самоцентрирующие, используются для крепления заготовок круглой и шестигранной формы, обеспечивают быструю центровку.

Гидравлический патрон включает в себя все лучшие качества ручных, пневматических и гидравлических зажимных устройств, резко сокращает вспомогательное время. Гидравлический патрон надёжен в работе, так как гидравлическая муфта не позволяет перегружать силовую передачу привода. Экономичен в производстве, так как электродвигатель расходует электроэнергию только в момент закрепления и освобождения заготовки. Это время в среднем занимает от одной до двух секунд.

Рассмотрим используемый гидравлический самоцентрирующийся трёхкулачковый патрон NB306A5 основные характеристики которого сведены в таблицу 10.

Таблица 10 – Характеристика патрона

Характеристика	Мера измерений
Межцентровое расстояние	20 мм
Наружный диаметр патрона	170 мм
Максимальная скорость	6000 об/мин
Ширина кулачка	32 мм
Проходное отверстие	52 мм
Диапазон зажима за наружный диаметр	Ø20-Ø170 мм
Максимальная сила зажима	5812 кН

3.2. Выбор, описание и расчет режущего инструмента.

Режущий инструмент – это инструмент для обработки резанием, то есть инструмент для формирования поверхностей отделением поверхностных слоёв материала с формированием стружки.

Лезвийный инструмент

Резец — однолезвийный инструмент для обработки с поступательным или вращательным главным движением резания и возможностью движения подачи в нескольких направлениях.

Фреза — лезвийный инструмент для обработки с вращательным главным движением резания без изменения радиуса траектории этого движения и хотя бы с одним движением подачи, направление которого не совпадает с осью вращения.

Сверло — осевой режущий инструмент для образования отверстия в сплошном материале и (или) увеличения диаметра имеющегося отверстия.

Зенкер — осевой режущий инструмент для повышения точности формы отверстия и увеличения его диаметра.

Развёртка — осевой режущий инструмент для повышения точности формы и размеров отверстия и уменьшения шероховатости поверхности.

Зенковка — осевой режущий инструмент для повышения точности формы отверстия и увеличения его диаметра.

Метчик — инструмент для нарезания внутренних резьб, представляет собой винт с прорезанными прямыми или винтовыми стружечными канавками, образующими режущие кромки.

Плашка - инструмент для нарезания или накатывания наружной резьбы вручную или на станках. Нарезные плашки бывают круглые, раздвижные (призматические). Накатные плашки состоят из 2 прямоугольных призм или роликов, рабочие части которых имеют профиль, противоположный профилю резьбы. Материал — инструментальная и быстрорежущая сталь.

Протяжка — многолезвийный инструмент с рядом последовательно выступающих одно над другим лезвий в направлении, перпендикулярном к направлению скорости главного движения, предназначенный для обработки при поступательном или вращательном главном движении лезвия и отсутствии движения подачи.

Ножовочное полотно — многолезвийный инструмент в виде полосы с рядом зубьев, не выступающих один над другим, предназначенный для отрезания или прорезания пазов при поступательном главном движении резания.

Шевер — зуборезный инструмент для шевингования — точно изготовленное зубчатое колесо с канавками на боковых поверхностях зубьев, образующих режущие кромки. Применяются также реечные и червячные шеверы.

Абразивный инструмент — это инструмент, обладающий высокой твердостью, предназначенный для механической обработки поверхностей различных материалов. В основном абразивный инструмент используется в таком виде, как шлифовальные круги, шлифовальные шкурки, бруски. Абразивные материалы используются в процессах шлифования, полирования, суперфиниширования, хонингования, разрезания материалов и широко применяются в заготовительном производстве и окончательной обработке различных материалов.

На каждую операцию используется специально подобранный инструмент, который сведён в таблицу 11.

Таблица 11 – Используемый инструмент

Операция	Инструмент	ГОСТ	Марка материала
Сверлильная	Спиральное сверло	ГОСТ Р50427-92	P6M5
Токарно-револьверная	Проходной упорный резец, отрезной резец	ГОСТ 26611-85	T5K10
Токарно-револьверная	Специальный резец	ГОСТ 26611-85	T5K10
Протяжная	Шпоночная протяжка	ГОСТ 18217-90	ШХ15
Внутришлифовальная	Шлифовальная головка	ГОСТ 2424-83	ППх28x10x40 15A 40П СТ157K8A

3.3. Выбор, описание, расчет измерительного инструмента.

Для измерения используются калибры, штангельциркули, микрометры нутромеры.

Калибрами называются бесшкальные контрольные инструменты, предназначенные для ограничения отклонений размеров, формы и взаимного расположения поверхностей изделий. При помощи калибров невозможно определить действительные отклонения размеров изделия, но их применение позволяет установить - находятся или нет отклонения размеров изделия в заданных пределах.

Для комплексной детали был создан калибр пробка, на размер $\varnothing 40^{+0,027}$ мм.

Формула определения максимального диаметра (27)

$$D_{max} = D_{ном} + ES, \text{ мм}, \quad (27)$$

)

Формула определения минимального диаметра (28)

$$D_{min} = D_{ном} + EI, \text{ мм}, \quad (28)$$

)

Формула определения исполнительного размера проходной пробки (29)

$$P - PP_{исп} = (D_{min} + Z + 0,5 H)_{-H}, \text{ мм}, \quad (29)$$

)

Формула определения предельного исполнительного размера проходной пробки (30)

$$P - PP_{исп} = D_{min} + Y, \text{ мм}, \quad (30)$$

)

Формула определения исполнительного размера не проходной пробки (31)

$$P - HE_{исп} = (D_{max} + 0,5 H)_{-H}, \text{ мм}, \quad (31)$$

)

где: Z; H – допуски на калибры.

$$D_{max} = 40 + 0,027 = 40,027 \text{ мм};$$

$$D_{min} = 40 + 0 = 40 \text{ мм};$$

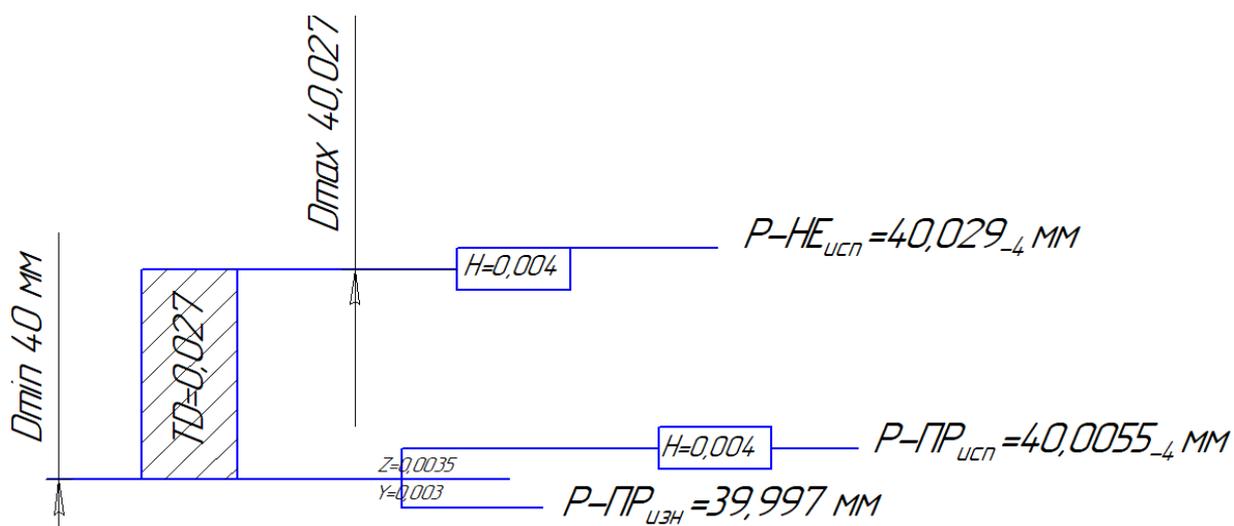
$$P-PP_{\text{исп}} = (40 + 0,00350 + 0,5 * 0,004)_{-4} = 40,0055 \text{ мм};$$

$$P-PP_{\text{изн}} = 40 - 0,003 = 39,997 \text{ мм};$$

$$P-HE_{\text{исп}} = (40,027 + 0,5 * 0,004)_{-4} = 40,029 \text{ мм}.$$

Схема отклонений размеров пробки изображена на рисунке 10

Рисунок 10 – Схема отклонений размеров пробки



4 ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ РАСЧЕТЫ

4.1 Расчет фонда времени, фонда оборудования, расчет площади участка.

Исходным моментом проектирования поточной линии являются расчеты такта.

Такт – это интервал времени между выпуском двух смежных изделий на линии. [13] Так определяется по формуле (32):

$$r = \frac{F_{\partial}}{N_{\text{год}}} , \text{ мин,} \quad (32)$$

где F_{∂} – действительный годовой фонд времени работы станка, мин.;

$N_{\text{год}}$ – норма годовой программы, шт.

$$r = \frac{3379 * 60}{340000} = 0,6 \text{ мин,}$$

действительный годовой фонд времени работы станка, определяется по формуле (33)

$$F_{\partial} = D_p F_c CK , \text{ час,} \quad (33)$$

где D_p – количество рабочих дней в году; F_c – средняя продолжительность смены (7,6 – 7,9); C – количество смен; K – коэффициент, учитывающий простои оборудования в ремонте (0,9 – 0.96)

$$F_{\partial} = 247 * 7,9 * 0,9 * 2 = 3512,34 \text{ час,}$$

6.3 Расчёт потребного количества оборудования и производственной площади

В массовом производстве расчётное количество станков по каждой операции определяется по формуле (34):

$$n_p = \frac{T_{um}}{r} \text{ ,шт.}, \quad (34)$$

где T_{um} – норма штучного времени по данной операции, в мин.

$$n_{p1} = \frac{1,8}{0,6} = 3 \text{ шт.},$$

$$n_{p2} = \frac{5}{0,6} = 8 \text{ шт.},$$

$$n_{p3} = \frac{5,2}{0,6} = 8 \text{ шт.},$$

$$n_{p4} = \frac{1,3}{0,6} = 3 \text{ шт.},$$

$$n_{p5} = \frac{2,2}{0,6} = 4 \text{ шт.},$$

Коэффициент загрузки по каждой операции определяется по формуле (35)

,

$$K_z = \frac{n_{pac}}{n_{np}} \cdot 100, \% \quad (35)$$

)

где $n_{расч}$ – расчётное количество станков по данной операции; $n_{пр}$ – принятое количество станков по данной операции.

$$K_{31} = \frac{2}{3} \cdot 100 = 66\%,$$

$$K_{32} = \frac{7}{8} \cdot 100 = 87,5\%,$$

$$K_{33} = \frac{7}{8} \cdot 100 = 87,5\%,$$

$$K_{34} = \frac{2}{3} \cdot 100 = 66\%,$$

$$K_{35} = \frac{3}{4} \cdot 100 = 75\%,$$

Средний коэффициент загрузки по участку определяется по формуле (36)

$$K_3 = \frac{\sum n_{pac}}{\sum n_{np}} \cdot 100, \% \quad (36)$$

$$K_3 = \frac{25}{26} \cdot 100 = 96\%,$$

Далее выбирают станки и заполняется таблица 4.

Таблица 4 – Сводная ведомость оборудования на участке

Наименование станка	Модель станка	Количество станков	Габаритные размеры	Мощность станка		Цена станка	Цена станка с учетом транспортировки и	Общие затраты на все станки
				Одного	Всех			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вертикальный сверлильный	Knuth KSB 40	3	3000*2050*2630	3 кВт	9 кВт	5 000 000	5 750 000	17 250 000
Токарно-револьверный	F.O.R.T Д500	16	3500*1600*1960	22 кВт	352 кВт	7 500 000	8 625 000	138 000 000
Вертикальный протяжной	7Б66	3	3866*1392*4555	20 кВт	90 кВт	1 000 000	1 150 000	3 450 000
Внутришлифовальный станок с ЧПУ	Supertec GI-150 CNC	4	2986*2280*2250	22 кВт	8,8 кВт	4 000 000	4 600 000	18 400 000

Затраты на транспортировку и монтаж оборудования принимаются в среднем 15% от его стоимости по прейскуранту.

Площадь участка составила. 900 м².

5 ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ЧАСТЬ

В дипломном проекте была поставлена задача спроектировать участок механической обработки комплексной детали.

Участок – производственное подразделение объединяющее ряд рабочих мест, сгруппированных по определенным признакам, осуществляющая часто общего производственного процесса или обслуживанию производственного процесса.

Рекомендации при проектировании участка:

- прямолинейность и последовательность прохождения заготовок по стадиям обработки;
- максимальное использование производственной площади;
- соблюдение требований охраны труда, техники безопасности и противопожарной безопасности.

Принципы проектирования участка:

- планировка по типам станков;
- планировка по порядку технологического процесса;
- планировка по типам изделий.

На проектируемом участке, для перемещения и передачи деталей внутри участка используется ленточный конвейер.

Детали попадая в накопитель где они формируются в партии, которые идут в термический цех с помощью электрокаров “balkancar ET5” грузоподъемностью до 5 тонн изображен на рисунке 11.

Рисунок 11 – электрокар



Детали, не подвергающиеся термической обработке, а также вернувшиеся с неё, передаются на ленточный конвейер, где формируется комплект для отправки на сборочный участок.

Для ремонтных целей, а также для перемещения оборудования, как внутри участка, так и всего цеха, используется мостовой двухблочный электрический кран с радио управлением грузоподъёмностью до 20 тонн. Фирма крана “ККЗ” – Краснодарский крановый завод, пример крана изображён на рисунке 12.

Рисунок 12 – мостовой кран



Рассмотрим подробно рабочее место токаря. Работник расположен спиной к ленточному конвейеру. Каждый токарь работает на токарно-револьверном станке с ЧПУ “F.O.R.T Д500”. Расположен токарь на диэлектрическом коврике. Тумбочка с режущим и измерительным инструментом расположена в шаговой доступности. Заготовки поставляются с помощью ленты, а обработанная деталь посылается рабочим на конвейер.

На рассматриваемом участке производится комплексная деталь. А поскольку комплексная деталь – это условная деталь, содержащая в своей конструкции все основные элементы, характеристики, для деталей данной группы. Рассматриваемая деталь содержит в себе основные элементы: кольца, гайки, муфты и сухаря. Поскольку она разбита на группы, применяется групповой технологический процесс таблица 5.

Таблица 5 – Групповой технологический процесс

	Муфта	Сухарь	Кольцо	Гайка
005	+	+	+	+
010	+	+	+	+
015	+	+	+	+
ТП1	+	+	+	+
ТП2	+	-	-	-
020	+	+	+	+
025	+	-	-	-
030	+	-	-	-
035	+	-	-	-