

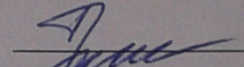
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Автомобильный транспорт и машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

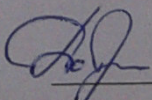
 А.Н.Борисенко
подпись инициалы, фамилия
« 20 » 06 2016 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

Разработка технологического процесса механической обработки корпуса
червячного редуктора Н5162-02

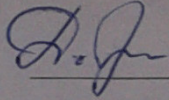
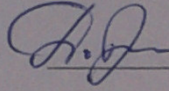
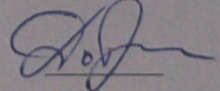
тема

Руководитель  17.06.16 доцент, к.т.н. А.В.Добрынина
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник  17.06.16 Д.С.Санзараев
подпись, дата инициалы, фамилия

Продолжение титульного листа БР по теме Разработка
технологического процесса механической обработки корпуса
червячного редуктора Н5162-02

Консультанты по
разделам:

<u>Технологическая часть</u>	 <u>17.06.16</u>	<u>А.В.Добрынина</u>
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия
<u>Конструкторская часть</u>	 <u>17.06.16</u>	<u>А.В.Добрынина</u>
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия
<u>Организационно-экономическая часть</u>	 <u>17.06.16</u>	<u>А.В.Добрынина</u>
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия

Нормоконтролер	 <u>17.06.16</u>	<u>С.П.Орешкова</u>
	подпись, дата	инициалы, фамилия

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

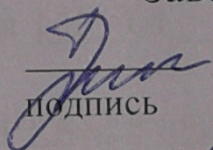
Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Автомобильный транспорт и машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

А.Н.Борисенко



подпись

инициалы, фамилия

«20» 06 2016 г

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту Санзараеву Дмитрию Сергеевичу

фамилия, имя, отчество

Группа 22-1 Направление 15.03.05

номер

код

Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств

наименование

Тема выпускной квалификационной работы Разработка
технологического процесса механической обработки корпуса червячного
редуктора Н5162-02.

Утверждена приказом по университету № 145 от 29.02.2016

Руководитель ВКР А.В.Добрынина, доцент кафедры АТиМ, к.т.н.,
ХТИ-филиал СФУ

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР 1. чертеж детали с заводским номером ;
2. годовая программа N = 75 шт

Перечень разделов ВКР Технологическая часть; Конструкторская часть;
Организационно-экономическая часть;

Перечень графического материала 1. Чертеж детали - 1 листа ф. А1; 2.
Технологический процесс - 4 листа ф. А1; Приспособление расточное - 1
лист ф.А1; 4. Приспособление контрольное - лист ф.А1; 5. Технико-
экономические показатели - 1 лист ф. А1.

Руководитель ВКР

подпись

А.В.Добрынина
инициалы и фамилия

РЕФЕРАТ

В представленной работе разработаны 2 варианта механической обработки корпуса червячного редуктора БР-15.03.05.Н5162-02.

Пояснительная записка состоит из трех разделов.

В технологической части проведен анализ служебного назначения детали, технических требований и условий на изготовление детали, выбран наиболее экономичный способ получения заготовки. На основе проведенного размерного анализа составлен маршрут обработки и разработан технологический процесс. Также рассчитаны припуски на обработку, режимы резания, технологические нормы времени, выбрано технологическое оборудование. Разработан технологический процесс механической обработки на оборудовании с ЧПУ.

В конструкторской части спроектированы станочное приспособление для расточной операции и приспособление для контроля соосности отверстий относительно друг друга.

В организационно-экономическом разделе проведен анализ сравнения методов механической обработки и выбран оптимальный.

ВВЕДЕНИЕ

Учение о технологии машиностроения в своем развитии прошло путь от простого накопления опыта по механической обработке и сборке машин до создания научно обоснованных положений, разработанных на базе теоретических исследований научно проведенных экспериментов и обобщения передового опыта машиностроительных заводов.

Эффективность производства, его технический прогресс во многом зависит от опережающего развития производства нового оборудования, машин, станков и аппаратов, от всемерного внедрения методов технико-экономического анализа.

Повышение эффективности машиностроительного производства на современном этапе определяется повышением качества изделий, снижением трудоемкости, себестоимости и металлоемкости их изготовления. Решение этих задач обеспечивается:

- применением средств комплексной механизации и автоматизации проектирования, технологической подготовки производства и изготовления изделий;

- применением высокопроизводительного оборудования, работающего на оптимальных режимах и специальной быстродействующей оснастки, обеспечивающей его работу;

- широкого внедрения методов технико-экономического анализа производственных процессов с целью их оптимизации;

- применением ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих защиту жизнедеятельности человека и окружающей среды.

В бакалаврской работе выполнена разработка технологического процесса механической обработки детали, проведен анализ сравнения 2-ух различных вариантов обработки детали корпус червячного редуктора БР-15.03.05.Н5162-02.

При разработке дипломной работы активно используется САПР ТП «Вертикаль», что позволяет сократить время выполнения работы и достичь наиболее точного и технически грамотного выполнения.

1 Технологическая часть

1.1 Анализ служебного назначения

Корпус червячного редуктора БР-15.03.05.Н5162-02 коробчатого типа. Корпус является базовой деталью и служит для ориентации деталей, а так же правильной и надежной работы. Материал корпуса обеспечивает необходимую жесткость и прочность, исключаяющие перекосы валов.

На чертеже имеются все виды и разрезы, поясняющие конструкцию детали. Деталь не сложна по конструкции. Конструкция детали ясна.

На чертеже имеются все размеры, необходимые для получения заготовки и обработки детали. Предельные отклонения соответствуют качествам и полям допусков ЕСДП. Шероховатость поверхностей указана.

Допуски формы и расположения поверхностей указаны в соответствии с действующими стандартами.

Марка материала: СЧ15-32. Химический состав материала по ГОСТ 1412-85:

- 1) углерод от 3,2% до 3,6%;
- 2) кремний от 2,0% до 2,2%;
- 3) марганец от 0,6% до 0,8%;
- 4) сера до 0,12%;
- 5) фосфор до 0,18% до 0,20%.

Вид термообработки на чертеже не указан. Плотность материала 7,2 г/см³.
Линейная усадка 1,2%.

Масса детали $m = 12$ кг.

1.2 Анализ технологичности

Деталь в целом технологична, но имеются нетехнологичные элементы – это отверстия 7-ого качества. Получение этих отверстий требует увеличения трудоёмкости и соответственно стоимости их изготовления из-за увеличения времени на обработку.

Конструкция детали не очень сложная. Формовка производится с применением стержня для получения сквозных отверстий и внутренней полости детали. Конструкция детали допускает обработку плоскостей на проход.

С точки зрения обработки деталь имеет следующие недостатки: глухие резьбовые отверстия усложняют отвод стружки и тепла из зоны резания. В

остальном деталь достаточно технологична, допускает применение высокопроизводительных режимов резания, имеет хорошие базовые поверхности.

Жесткость детали достаточна для необходимых режимов резания. В конструкции детали имеются плоскости и отверстия, которые можно использовать в качестве технологических баз.

Проведем количественную оценку технологичности конструкции детали по следующим показателям [5, с. 107]:

1. Коэффициент использования материала

$$K_{им} = \frac{C_{дет}}{C_{заг}} = \frac{12}{14,4} = 0,84 \quad (1.1)$$

где, $C_{дет}$ – масса детали, $C_{заг}$ – масса заготовки.

Т.к. $K_{им} > 0,75$ -по этому показателю деталь является технологичной.

2. Коэффициент унификации.

$$K_y = \frac{K_{одн}}{K_{об}} = \frac{29}{38} = 0,76 \geq 0,5 \quad (1.2)$$

где, $K_{одн}$ - количество однотипных поверхностей,

$K_{об}$ - общее количество поверхностей.

Т. е, деталь технологична по этому показателю.

3. Коэффициент использования стандартного инструмента

$$K_y = \frac{10}{10} = 1,0 \quad (1.3)$$

4. Коэффициент обрабатываемости $K_{об}$.

$$K_y = \frac{38}{44} = 0,87 \quad (1.4)$$

Следовательно, деталь технологична.

1.3 Анализ технических требований

Материал детали: СЧ 15-32 – серый чугун с пределом прочности $\sigma_B = 150$ МПа.

Наиболее точными поверхностями являются:

1) Отверстия $\varnothing 40H7$, $\varnothing 62H9$, $\varnothing 45H7$, $\varnothing 172H9$ имеющих шероховатость поверхности Ra 1,25 и Ra 2.5.

2) Два отверстия $\varnothing 14H7$ имеющих шероховатость Ra 1,6. Они используются для базирования детали во время её обработки.

Твёрдость по Бринеллю равна HB163-229 МПа.

1.4 Обоснование выбора метода получения заготовки

Материалом заготовки корпуса является серый чугун марки СЧ 15-32 ГОСТ 1412-85. Корпус – тело коробчатого типа, простой формы.

Отливку по III-ему классу точности получаем литьем в землю с ручной формовку опоки по деревянным моделям.

Отливку по II-ому классу точности получаем литьём в землю с машинной формовкой опоки по металлическим моделям.

Так как масса детали известна из чертежа детали, то можно определить массу заготовки по формуле:

$$M_{\text{заг}} = M_{\text{дет}} \cdot K_p = 12 \cdot 1,2 = 14,4 \text{ (по 3-ему классу точности);}$$

$$M_{\text{заг}} = M_{\text{дет}} \cdot K_p = 12 \cdot 1,1 = 13,2 \text{ (по 2-ому классу точности);}$$

где k_p – коэффициент перевода масс, $k_p = 1,4$ – для заготовок по 3-ему классу точности; $k_p = 1,3$ – для заготовок по 2-ому классу точности.

Определяем себестоимость изготовления отливок по 2-ому и 3-ему классам точности:

Стоимость одной тонны отливок: $C_i = 37000 \text{ р.};$

Масса заготовки по 3-ему классу точности: $Q_{\text{заг3}} = 14,4 \text{ кг.};$

Коэффициент точности (3-й класс): $K_{T3} = 1;$

Коэффициент сложности: $K_c = 1,18;$

Коэффициент материала: $K_m = 1,06;$

Коэффициент весовой: $K_B = 0,79;$

Коэффициент серийности: $K_n = 1,15;$

Масса детали: $Q_d = 12 \text{ кг.};$

Стоимость одной тонны отходов: $C_{\text{отх}} = 2400 \text{ р.};$

Масса заготовки по 2-му классу точности: $Q_{\text{заг2}} = 13,2 \text{ кг.};$

Коэффициент точности (2-й класс): $K_{T2} = 1,05;$

Стоимость одной тонны отливок (2-й класс): $C_i = 39000 \text{ р.};$

Определим себестоимость изготовления заготовки по третьему классу точности:

$$S_{\text{заг1}} = \left(\frac{37000}{1000} \cdot 14,4 \cdot 1 \cdot 1,18 \cdot 0,79 \cdot 1,06 \cdot 1,15 \right) - (14,4 - 12) \cdot \frac{2400}{1000} = 599,7 \text{ руб.}$$

Определим себестоимость изготовления заготовки по второму классу точности:

$$S_{\text{заг1}} = \left(\frac{39000}{1000} \cdot 13,2 \cdot 1,05 \cdot 1,18 \cdot 0,79 \cdot 1,06 \cdot 1,15 \right) - (13,2 - 12) \cdot \frac{2400}{1000} = 611,3 \text{ руб.}$$

Определяем годовой экономический эффект при условной программе выпуска:

$$\Delta C = C_{\text{заг2}} - C_{\text{заг3}} = (611,3 - 599,7) \cdot 75 = 870 \text{ р.}$$

Изготовление деталей с заданной программой по третьему классу точности на 870 р. дешевле, чем по второму.

1.5 Составление маршрута механической обработки на универсальных станках и обоснование выбора баз

Основным требованием при выборе баз является соблюдение принципов единства и постоянства баз.

Это позволяет повысить точность получаемых размеров за счет исключения погрешности базирования.

На основе проведенного анализа составим маршрут обработки корпуса коллектора. Деталь с указанными обрабатываемыми поверхностями представим на рисунке 1.1 и рисунке 1.2. Маршрут обработки в таблице 1.1.

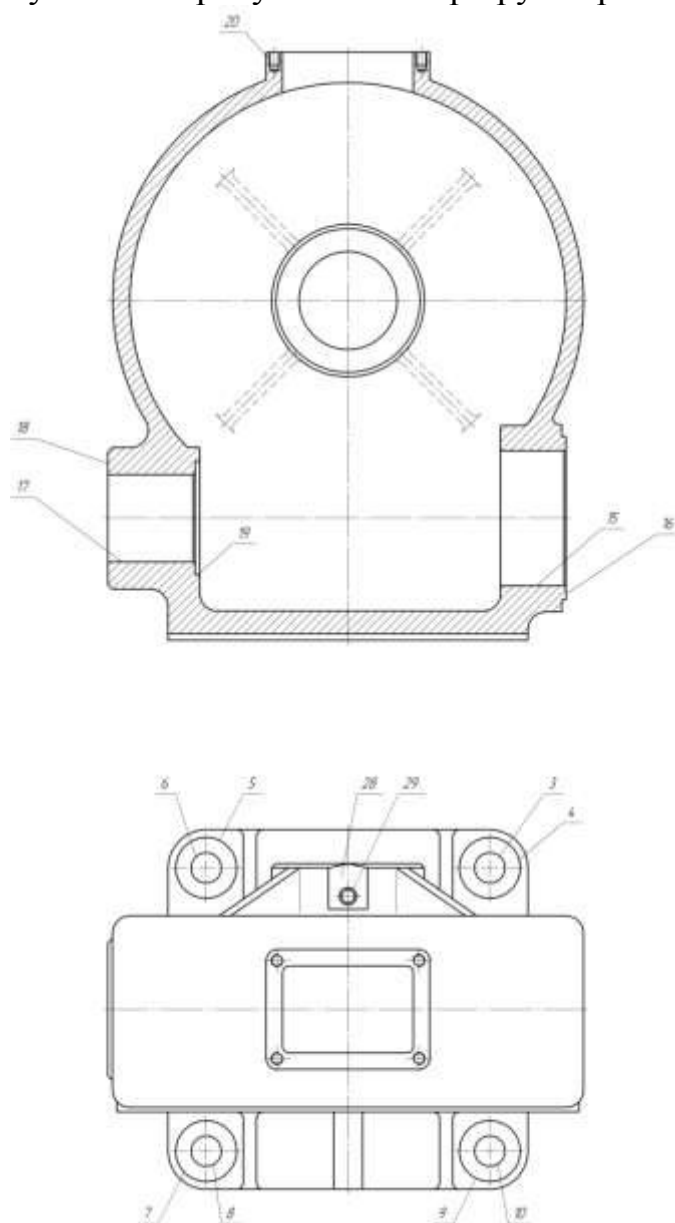


Рисунок 1.1 – Обозначение поверхностей детали

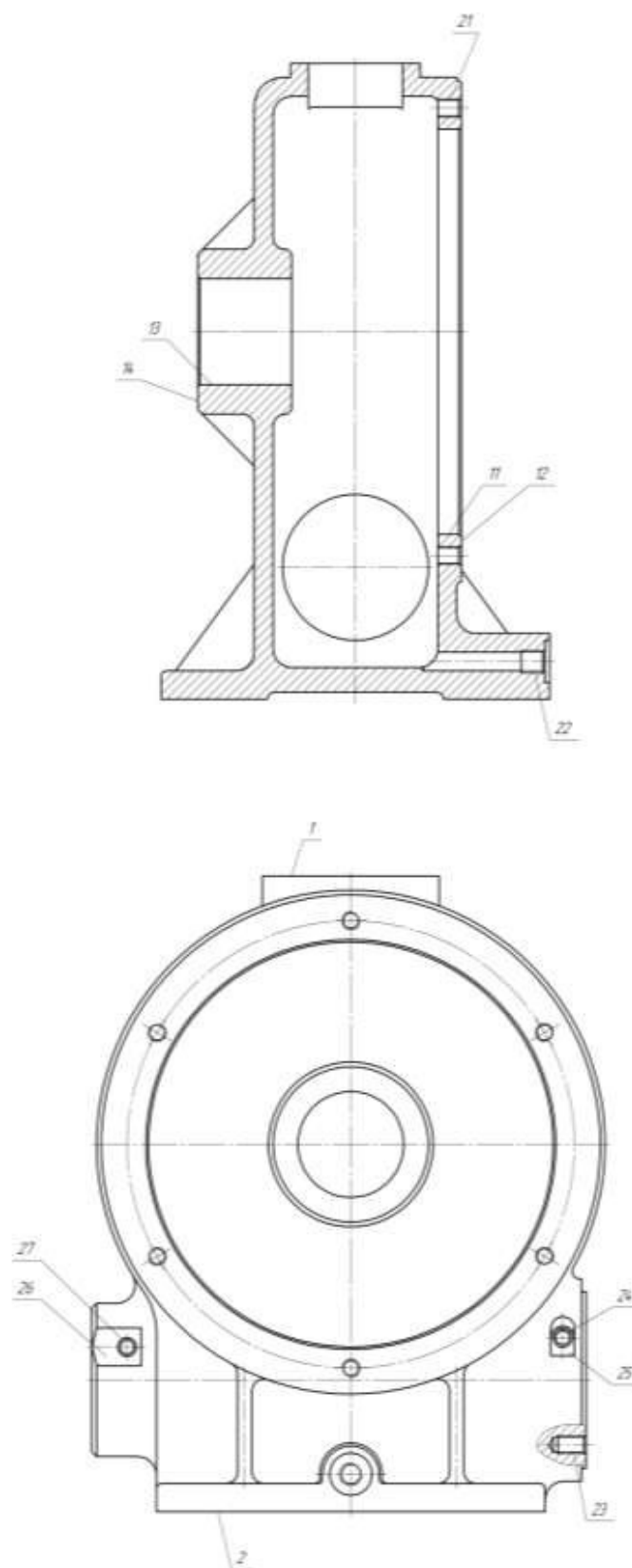


Рисунок 1.2 – Обозначение поверхностей детали

Таблица 1.1 – Маршрут обработки детали

Операция	Технологические переходы	Оборудование
005 Фрезерная	<p>А. Установить и закрепить заготовку.</p> <p>1. Фрезеровать поверхность 1 предварительно, выдерживая размер $272,5 \pm 0,5$.</p> <p>2. Фрезеровать поверхность 1 окончательно, выдерживая размер $272 \pm 0,5$.</p> <p>Б. Повернуть заготовку.</p> <p>3. Фрезеровать поверхность 2 предварительно, выдерживая размер $270,5 \pm 0,3$.</p> <p>4. Фрезеровать поверхность 2 окончательно, выдерживая размер $270_{-0,52}$.</p> <p>В. Снять заготовку.</p>	Универсально-фрезерный станок 6Т83Ш
010 Сверлильная	<p>А. Установить и закрепить заготовку.</p> <p>1. Сверлить 2 отверстия 3 и 8 предварительно, на проход, выдерживая размеры $\Phi 12,8^{+0,1}$; 65; 130.</p> <p>2. Сверлить 2 отверстия 6 и 10 окончательно, на проход, выдерживая размеры $\Phi 14^{+0,1}$; 65; 130.</p> <p>3. Цековать 4 отверстия 5, 4, 7, 9 окончательно на глубину 3.</p> <p>4. Зенкеровать 2 отверстия 3 и 8 предварительно, на проход, выдерживая размеры $\Phi 13,7^{+0,1}$.</p> <p>5. Развернуть 2 отверстия 3 и 8 окончательно, на проход, выдерживая размер $\Phi 14^{+0,018}$.</p> <p>Б. Снять заготовку.</p>	Радиально-сверлильный станок АС2532
015 Расточная	<p>А. Установить и закрепить заготовку.</p> <p>1. Расточить отверстие 15 на проход, предварительно, выдерживая размер $\Phi 60^{+0,5}$.</p> <p>2. Расточить отверстие 15 на проход, предварительно, выдерживая размер $\Phi 61,2^{+0,1}$.</p> <p>3. Расточить отверстие 15 на проход, окончательно, выдерживая размер $\Phi 62^{+0,074}$. Точить фаску $1 \times 45^*$.</p> <p>4. Точить торец 16 предварительно, выдерживая размер $212,5^{+0,8}$.</p> <p>5. Точить торец 16 окончательно, выдерживая размер $212^{+0,5}$.</p> <p>6. Расточить отверстие 17 на проход, предварительно, выдерживая размер $\Phi 38^{+0,5}$.</p> <p>7. Расточить отверстие 17 на проход, предварительно, выдерживая размер $\Phi 39,2^{+0,1}$.</p> <p>8. Расточить отверстие 17 на проход, окончательно, выдерживая размер $\Phi 40^{+0,025}$.</p> <p>9. Расточить отверстие 19 окончательно, на глубину 2, выдерживая размер $\Phi 52^{+0,74}$.</p> <p>Б. Повернуть стол на 180^*.</p> <p>10. Точить торец 18 предварительно, выдерживая размер $210,5^{+0,8}$.</p> <p>11. Точить торец 18 окончательно, выдерживая размер $210_{0,29}$. Точить фаску $2 \times 45^*$.</p> <p>В. Снять заготовку.</p>	Горизонтально-расточной станок 2А614

Продолжение таблицы 1.1

<p>020 Расточная</p>	<p>А. Установить и закрепить заготовку 1. Расточить отверстие 11 на проход, предварительно, выдерживая размер $\Phi 169^{+0,8}$. 2. Расточить отверстие 11 на проход, предварительно, выдерживая размер $\Phi 171,2^{+0,3}$. 3. Расточить отверстие 11 на проход, окончательно, выдерживая размер $\Phi 172^{+0,1}$. Точить фаску 1x45*. 4. Точить торец 12 предварительно, выдерживая размер $72,5^{+1,0}$. 5. Точить торец 12 окончательно, выдерживая размер $72\pm 0,3$. 6. Расточить отверстие 13 на проход, предварительно, выдерживая размер $\Phi 43^{+0,6}$. 7. Расточить отверстие 13 на проход, предварительно, выдерживая размер $\Phi 44,2^{+0,1}$. 8. Расточить отверстие 13 на проход, окончательно, выдерживая размер $\Phi 45^{+0,025}$. Б. Повернуть стол на 180*. 9. Точить торец 14 предварительно, выдерживая размер $41,2^{+0,5}$. 10. Точить торец 14 окончательно, выдерживая размер $40_{-0,25}$. В. Снять заготовку.</p>	<p>Горизонтально-расточной станок 2А614</p>
<p>025 Сверлильная</p>	<p>А. Установить и закрепить заготовку. 1. Сверлить 4 отверстия 20, предварительно под резьбу М5-7Н, на глубину 8, выдерживая размер $\Phi 4,2+0,1$. 2. Нарезать резьбу М5-7Н в 4 отверстиях 20, окончательно, на глубину 6. 3. Цековать поверхность 28, окончательно, выдерживая размеры 34, 21. 4. Сверлить отверстие 29, окончательно, на проход, с образованием фаски, выдерживая размер $\Phi 6, 15$. 5. Сверлить 6 отверстий 21, предварительно под резьбу М8-7Н, на проход, выдерживая размер $\Phi 6,7+0,1$. 6. Нарезать резьбу М8-7Н в отверстиях 21, окончательно, на проход. 7. Сверлить отверстие 22 окончательно на проход, выдерживая размер 16, $\Phi 8$. 8. Цековать отверстие 22 окончательно, на глубину 2, выдерживая размер $\Phi 18$. 9. Нарезать резьбу М 10-7Н в отверстии 22 окончательно, на глубину 10. Б. Снять заготовку.</p>	<p>Радиально-сверлильный станок АС2532</p>
<p>030 Сверлильная</p>	<p>А. Установить и закрепить заготовку. 1. Цековать поверхность 26, окончательно, выдерживая размеры 30*, 31, 21. 2. Сверлить отверстие 27, окончательно, на проход, с образованием фаски, выдерживая размер $\Phi 6, 15$. 3. Цековать поверхность 25, окончательно, выдерживая размеры 30*, 8.</p>	<p>Радиально-сверлильный станок АС2532</p>

Окончание таблицы 1.1

	<p>4. Сверлить отверстие 24, окончательно, на проход, с образованием фаски, выдерживая размер Ф6.</p> <p>Б. Повернуть заготовку на 180*.</p> <p>5. Сверлить 4 отверстия 23, предварительно под резьбу М8-7Н, на глубину 14, выдерживая размер Ф6,7+0,1.</p> <p>6. Нарезать резьбу М8-7Н в 4 отверстиях 23, окончательно, на глубину 12.</p> <p>В. Снять заготовку.</p>	
--	--	--

1.6 Расчет и назначение припусков

Для достижения максимальной производительности оборудования и уменьшения брака необходимо максимально точно рассчитывать припуски на механическую обработку.

Припуск на обработку поверхностей детали может быть назначен нормативным методом по соответствующим справочным таблицам и ГОСТам или определен на основе расчетно–аналитического метода.

Расчетно–аналитический метод базируется на анализе факторов, влияющих на припуски предшествующего и выполняемого переходов технологического процесса обработки поверхности.

Для наиболее важных поверхностей данных деталей припуски рассчитаем по формулам.

1.6.1 Расчет припусков на обработку поверхности, выдерживая размер 270_{0,52} и Ra 20

Заготовка – отливка, получена литьем в песчаные формы. Материал заготовки – СЧ 15-32 ГОСТ 1412-85. Деталь относится к классу корпусных.

Рассчитаем припуск на обработку поверхности плоскости корпуса. Технологический маршрут обработки состоит из двух переходов: предварительно и окончательного фрезерования. Расчеты сведем в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 – Припуски на механическую обработку поверхности в размер 270_{0,52}

Технологические переходы обработки	Элементы припуска, мкм			Расчетный припуск мкм	Расчетный размер мм	Допуск, мкм	Предельный размер, мм		Предельные значения припуска, мкм	
	Rz	h	Δ				D _{max}	D _{min}	Z _{max}	Z _{min}
270 мм										
Заготовка	300	300	247,5	-	271,337	5200	276,54	271,34	---	---
фрезерование:										
предварительное	250	240	0	847,5	270,49	1300	271,79	270,49	4750	850
окончательное	100	100	0	490	270	520	270,52	270	1270	490
									6020	1340

Расчётный размер определяется путём отнимания от расчётного размера следующего за ним смежного перехода расчётного припуска z_{imin} .

Наибольшие предельные размеры определяются путём прибавления допуска к наименьшему предельному размеру.

Предельные значение припусков z_{max} записываются как разность наименьших предельных размеров и z_{min} как разность наибольших предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов.

1.6.2 Расчет припусков на обработку отверстия $\varnothing 45^{+0,025}$ и Ra 1,25.

Для достижения необходимой точности необходимо выполнить три перехода: черновой, чистовой и тонкий.

При обработке внутренних цилиндрических поверхностей формула для расчета минимального припуска имеет вид [10, с. 112]:

$$2 * Z_{min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (1.5)$$

где Rz – шероховатость, мкм;

T – глубина дефектного слоя, мкм;

ρ – суммарное пространственное отклонение расположения обрабатываемой поверхности, мкм;

ε – погрешность установки заготовки при обработке, мкм.

Суммарное значение Rz и T, характеризующее качество поверхности литой заготовки первого класса точности, составляет 600 мкм. После первого технологического перехода T для деталей из чугуна из расчетов исключается, поэтому для чистового и тонкого растачивания находим только значения Rz (соответственно 50 и 30).

Величина суммарного отклонения расположения поверхности в нашем случае равна величине коробления детали и величине смещения обрабатываемой поверхности [10, с. 105].

$$\rho_d = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2} \quad (1.6)$$

Коробление следует учитывать в диаметральном и в осевом сечении.

$$\rho = \sqrt{(\Delta_k d)^2 + (\Delta_k l)^2} = \sqrt{(1 \cdot 45)^2 + (1 \cdot 40)^2} = 60,2 \text{ мкм}$$

Удельная кривизна для литых заготовок $\Delta_k = 1$ мкм.

Диаметр отверстия $d = 45$ мм, длина $l = 40$ мм.

Величина смещения отверстия в отливке относительно ее наружной поверхности представляет геометрическую сумму в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

$$\rho_{см} = \sqrt{\left(\frac{\delta_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_2}{2}\right)^2} = \sqrt{600^2 + 600^2} = 850 \text{ мкм}$$

Допуски на размеры по первому классу точности отливки для соответствующих размеров составляют по 1200 мкм.

Следовательно, суммарное отклонение $\rho_3 = \sqrt{60^2 + 850^2} = 852$.

Остаточное пространственное отклонение после черного растачивания:

$$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho_3 = 0,06 \cdot 852 = 51 \text{ мкм}$$

Остаточное пространственное отклонение после чистового растачивания:

$$\rho_2 = 0,04 \cdot \rho_3 = 0,04 \cdot 852 = 34 \text{ мкм}$$

Находим E – погрешность установки при черновом растачивании:

$$E = \sqrt{E_6^2 + E_3^2} \quad (1.7)$$

E_6 – погрешность базирования; E_3 – погрешность закрепления;

При обработке рассматриваемого отверстия заготовка устанавливается на плоскость основания, параллельную оси обрабатываемого отверстия, которая лишает ее трех степеней свободы. Направляющую и упорную базы представляют два установочных пальца, лишаящие заготовку оставшихся трех степеней свободы.

Погрешность базирования в данном случае возникает за счет перекоса заготовки в горизонтальной плоскости при установке ее на пальцы приспособления. Перекос происходит из-за наличия зазоров между наибольшим диаметром установочных отверстий и наименьшим диаметром пальцев.

Минимальный припуск под растачивание:

$$\text{Черновое} \quad 2Z_{\min 1} = 2(600 + \sqrt{852^2 + 83^2}) = 2 \cdot 1456 \text{ мкм}$$

$$\text{Чистовое} \quad 2Z_{\min 2} = 2(50 + \sqrt{52^2 + 83^2}) = 2 \cdot 148 \text{ мкм}$$

$$\text{Тонкое} \quad 2Z_{\min 2} = 2(30 + \sqrt{35^2 + 83^2}) = 2 \cdot 122 \text{ мкм}$$

Значения допусков каждого перехода принимаем по таблицам в соответствии с качеством вида обработки.

Наибольшее значение размера получаем округлением расчетного размера до точности допуска соответствующего перехода, а наименьший – вычитанием из наибольших допусков соответствующих переходов.

Минимальные предельные значения припусков равны разности наибольших предельных размеров выполняемого и предыдущего переходов, а

максимальные – соответственно разности наименьших предельных размеров. Полученные данные сводим в таблицу 1.3.

Таблица 1.3 – Припуски на механическую обработку отверстия $\varnothing 45^{+0,025}$

Технологические переходы	Расчет припуск $2z_{\min}$, мкм	Расчет размер d_p , мм	Допуск δ , мкм	Предельный размер, мм		Значения припуска, мкм	
				d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}$	$2z_{\max}$
Заготовка		41,573	800	41	41,8		
Растачивание:							
Черновое	2·1456	44,485	250	44,33	44,58	2932	3330
Чистовое	2·148	44,781	62	44,723	44,785	206	393
Тонкое	2·122	45,025	25	45	45,025	240	277
Итого						3378	4000

Составим таблицу 1.4 – межоперационных припусков.

Таблица 1.4 – Межоперационные припуски

Наименование операции	Размер, мм	Число проходов	Припуск табличный	Допуск, мм
005 Фрезерная				
1	272,5	1	1,5	1,0
2	272	1	0,5	1,0
3	270,5	1	1,5	0,6
4	270	1	0,5	0,52
015 Расточная				
1	60	1	2,5	0,5
2	61,2	1	0,6	0,1
3	62	1	0,4	0,074
4	212,5	1	1,5	0,8
5	212	1	0,5	0,5
6	38	1	2	0,5
7	39,2	1	0,6	0,1
8	40	1	0,4	0,025
9	52	1	2	0,74
10	210,5	1	1,5	0,8
11	210	1	0,5	0,29
020 Расточная				
1	169	1	2,5	0,8
2	171,2	1	1,1	0,3
3	172	1	0,4	0,1
4	72,5	1	1,5	1,0
5	72	1	0,5	0,6
6	43	1	2,0	0,6
7	44,2	1	0,6	0,1
8	45	1	0,4	0,025
9	41,2	1	0,9	0,5
10	40	1	0,6	0,25

1.7 Расчет режимов резания

1.7.1 Поверхность корпуса основания.

Обработка ведется за два прохода (черновой и чистовой).

а) Черновое фрезерование

Глубина резания равна припуску на черновой переход и составляет 1,5 мм.

Обработка ведется фрезой.

Определим подачу при черновом фрезеровании фрезами из твердого сплава $S=2.0$ мм/об. Скорость резания – окружная скорость фрезы – определяется по формуле [12, с. 95]:

$$V = \frac{C_v \times D^v}{T^m \times t^x \times S^y \times B^u \times Z^p} \times K_v; \quad (1.8)$$

Значения коэффициента C_v и показателей степени, а периода стойкости T .

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактическое условия резания:

$$K_{uv} = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{uv}; \quad (1.9)$$

где: K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала $K_{mv}=1$.

K_{nv} – коэффициент, учитывающий состояния поверхности заготовки $K_{nv}=0.8$

K_{uv} – коэффициент, учитывающий материал инструмента $K_{uv}=1$

Отсюда:

$$K_{uv} = 1 \times 0,8 \times 1 = 0,8$$

$$V = \frac{324 \cdot 170^{0,25}}{240^{0,2} \cdot 1,5^{0,1} \cdot 2,0^{0,4} \cdot 165^{0,15} \cdot 16^{0,1}} \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 72,2 \text{ м/мин}$$

Отсюда можем определить частоту вращения фрезы [12, с. 111]:

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{72,2 \cdot 1000}{\pi \cdot 170} = 135 \text{ об/мин}; \quad (1.10)$$

Корректируя по паспорту станка, принимаем $n = 125$ об/мин,

Пересчитываем скорости резания:

$$V = \frac{\pi D n_1}{1000} = \frac{\pi \cdot 170 \cdot 125}{1000} = 66,7 \text{ мм/мин};$$

Сила резания. Главная составляющая силы резания при фрезеровании – окружная сила – определяется по формуле [12, с. 107]:

$$P_z = \frac{10x \times C_p \times t^x \times S^y \times B^u \times Z}{D^v \times n^w} \times K_{mp}; \quad (1.11)$$

Значения коэффициента C_p и показателей степени, поправочный коэффициент на качество обрабатываемого $K_{MP} = 1$

$$P_z = \frac{10 \cdot 22,6 \cdot 1,5^{0,86} \cdot 2,0^{0,75} \cdot 165^{1,0} \cdot 16}{170^{0,86} \cdot 125^0} \cdot 1,0 = 1717H$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 125} = \frac{1717 \cdot 170}{250} = 1167Hm$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1717 \cdot 66,7}{1020 \cdot 60} = 1,9Bm$$

б) Чистовое фрезерование

Глубина резания равна припуску на чистовой переход и составляет 0,5 мм.

Обработка ведется фрезой.

Определим подачу при чистовом фрезеровании фрезами из твердого сплава $S=0,8$ мм\об. Скорость резания – окружная скорость фрезы – определяется по формуле [12, с. 118]:

$$V = \frac{C_v \times D^v}{T^m \times t^x \times S^y \times B^u \times Z^p} \times K_v; \quad (1.12)$$

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактическое условия резания:

$$K_{uv} = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{uv};$$

где: K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала.

K_{nv} – коэффициент, учитывающий состояния поверхности заготовки $K_{nv}=0,85$

K_{uv} – коэффициент, учитывающий материал инструмента $K_{uv}=1$

Отсюда:

$$K_{uv} = 1 \times 0,85 \times 1 = 0,85$$

$$V = \frac{324 \cdot 170^{0,25}}{240^{0,2} \cdot 0,5^{0,1} \cdot 0,8^{0,4} \cdot 165^{0,15} \cdot 16^{0,1}} \cdot 0,85 = 137,5m / мин$$

Отсюда можем определить частоту вращения фрезы:

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{137,5 \cdot 1000}{\pi \cdot 170} = 257,6об / мин;$$

Корректируя по паспорту станка, принимаем $n=250$ об/мин,

Пересчитываем скорости резания:

$$V = \frac{\pi D n_1}{1000} = \frac{\pi \cdot 170 \cdot 250}{1000} = 133,5mm / мин;$$

Сила резания. Главная составляющая силы резания при фрезеровании – окружная сила – определяется по формуле [12, с. 207]:

$$P_z = \frac{10x \times C_p \times t^x \times S^y \times B^u \times Z}{D^v \times n^w} \times K_{mp}; \quad (1.13)$$

Значения коэффициента C_p и показателей степени, поправочный коэффициент на качество обрабатываемого $K_{MP} = 1$

$$P_z = \frac{10 \cdot 22,6 \cdot 0,5^{0,86} \cdot 0,8^{0,75} \cdot 165^{1,0} \cdot 16}{170^{0,86} \cdot 250^0} \cdot 1,0 = 336H$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 250} = \frac{336 \cdot 170}{500} = 114,2Hm$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{336 \cdot 133,5}{1020 \cdot 60} = 0,8кВт$$

1.7.2 Расчет режимов резания на растачивание отверстия $\varnothing 45^{+0,025}$.

Обработка ведется в три перехода – черновой, чистовой, тонкий.

а) Черновое растачивание.

Припуск на обработку при черновом растачивании $2 \cdot Z = 3,4$ мм.

Глубина резания t равна половине припуска на обработку $t = 1,7$ мм.

Подачу при черновом растачивании определяем по таблице 12, [27]

$$s = 0,4 \text{ мм/об.}$$

Скорость резания

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v 0,9 \quad (1.14)$$

где $T=50$ мин., при обработке одним инструментом.

Значения коэффициента C_v , и показателей степени x , y , m приведены в табл. 17 [27]. $C_v = 292$; $x = 0,15$; $y = 0,2$; $m = 0,2$ (материал режущей части ВК6, характеристика подачи $s \leq 0,4$, обрабатываемый материал – серый чугун).

Коэффициент K_v является произведением коэффициентов, учитывающих влияние материала заготовки K_{Mv} (табл. 1-4) состояние поверхности K_{Iv} (табл. 5), материала инструмента K_{Iv} (табл. 6).

$$K_{Mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{nv} = \left(\frac{190}{190} \right)^{1,25} = 1$$

так как материал режущей части – твердый сплав, а материал детали – серый чугун, $HB = 190$.

$K_{Iv} = 0,8$ - так как деталь обрабатывают по корке.

$K_{Iv} = 1,0$ - так как материал режущей части ВК6, а обрабатываемый материал – серый чугун.

Таким образом:

$$K_v = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,8$$

0,9 – поправочный коэффициент на растачивание.

Скорость резания

$$v = \frac{292}{50^{0,2} \cdot 1,7^{0,15} \cdot 0,4^{0,2}} 0,8 \cdot 0,9 = 107 \text{ м/мин.}$$

Определяем расчетную частоту вращения шпинделя станка

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 107}{3,14 \cdot 45} = 725 \text{ об/мин}$$

Определяем действительную частоту вращения шпинделя исходя из технической характеристики выбранного станка $n = 630 \text{ об/мин}$.

Окончательно принятая скорость резания

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 45 \cdot 630}{1000} = 93 \text{ м/мин}$$

Рассчитаем тангенциальную составляющую силы резания

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p \quad (1.15)$$

Постоянная C_p и показатели степени x , y , n для конкретных условий обработки для каждой из составляющих силы резания приведены в табл. 22 [27].

Для P_z : $C_p=92$; $x=1,0$; $y=0,75$; $n=0$.

Поправочный коэффициент K_p представляет собой произведение ряда коэффициентов

$$K_p = K_{Mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp} \quad (1.16)$$

Численные значения этих коэффициентов приведены в табл. 9, 10 и 23 [27].

K_{Mp} - поправочный коэффициент. Определяется по формуле из таблицы 9 [стр. 264]:

$$K_{Mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^{n_p}$$

По таблице 9 [27] определяют показатель степени $n_p = 0,4$. Таким образом, коэффициент K_{Mp} равен:

$$K_{Mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^{n_p} = \left(\frac{190}{190} \right)^{0,4} = 1$$

$K_{\varphi p}$ - поправочный коэффициент, учитывающий влияние главного угла в плане на составляющие силы резания при обработке стали или чугуна по таблице 23 [27] для $\varphi = 45^\circ$, для P_z $K_{\varphi p} = 1,0$.

$K_{\gamma p}$ - поправочный коэффициент, учитывающий влияние переднего угла γ режущей части инструмента, определяется по таблице 23 [27] для $\gamma = 10^\circ$, для P_z $K_{\gamma p} = 1,0$.

$K_{\lambda p}$ - поправочный коэффициент, учитывающий влияние угла наклона главного лезвия λ режущей части инструмента, на составляющие силы резания

при обработке стали или чугуна, и определяется по таблице 23 [27] $\lambda = -5^0$, для $P_z K_{\lambda p} = 1,0$.

K_{rp} – поправочный коэффициент, учитывающий влияние радиуса при вершине $r = 1,0$ мм режущей части инструмента, определяется по таблице 23 [27] для $P_z K_{rp} = 0,93$.

для P_z : $K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,93$.

Тангенциальная составляющая силы резания

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p = 10 \cdot 92 \cdot 1,7^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 93^0 \cdot 0,93 = 732H$$

Эффективную мощность резания рассчитывают по формуле [27]

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{732 \cdot 93}{1020 \cdot 60} = 1,1кВт$$

б) Чистовое растачивание.

Припуск на обработку при чистовом растачивании $2 \cdot Z = 0,34$ мм.

Глубина резания t равна половине припуска на обработку $t = 0,17$ мм.

Подачу при чистовом растачивании определяем по таблице 14, [27] в зависимости от требуемых параметров шероховатости обрабатываемой поверхности и радиуса при вершине резца. По табл.14 [10] при $Ra = 2,5$ мкм и $r = 1$ мм $S = 0,2$ мм/об.

$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$, так как заготовка уже без корки.

$$v = \frac{292}{50^{0,2} \cdot 0,17^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 1 \cdot 0,9 = 165 м / мин.$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 165}{3,14 \cdot 45} = 1114 об / мин$$

Определяем действительную частоту вращения шпинделя исходя из технической характеристики выбранного станка $n = 1000 об / мин$.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 45 \cdot 1000}{1000} = 148 м / мин$$

Сила резания

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p = 10 \cdot 92 \cdot 0,17^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 148^0 \cdot 0,93 = 44H$$

Эффективная мощность резания

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{44 \cdot 148}{1020 \cdot 60} = 0,1кВт$$

в) Тонкое растачивание.

Припуск на обработку при тонком растачивании $2 \cdot Z = 0,24$ мм.

Глубина резания t равна половине припуска на обработку $t = 0,12$ мм.

Подача при тонком растачивании принимается в зависимости от требуемых параметров шероховатости. По табл.19 [27] $S = 0,1$ мм/об.

Скорость резания по той же таблице $V = 200$ м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 200}{3,14 \cdot 45} = 1355 \text{ об/мин.}$$

Определяем действительную частоту вращения шпинделя исходя из технической характеристики выбранного станка $n = 1250 \text{ об/мин.}$

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 45 \cdot 1250}{1000} = 185 \text{ м/мин}$$

Сила резания

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p = 10 \cdot 92 \cdot 0,12^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 185^0 \cdot 0,93 = 19 \text{ Н}$$

Эффективная мощность резания

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{19 \cdot 185}{1020 \cdot 60} = 0,06 \text{ кВт}$$

Для остальных операций технологического процесса режимы резания принимаем по нормативным материалам с последующей корректировкой с паспортными данными станка. Расчет сведем в таблицу 1.5.

Таблица 1.5 – Режимы резания

Наименование операции	Размеры		Число проходов	Режимы резания				
	D, мм	L, мм		t, мм	S, мм/мин	S, мм/об	n, об/мин	V, м/мин
005 Фрезерная								
1	55	75	1	1,5	630		160	40
2	55	75	1	0,5	400		800	201
3	165	165	1	1,5	315		80	43
4	165	165	1	0,5	200		400	214
010 Сверлильная								
1	12,8	12	1	6,4		0,28	500	20
2	14	12	1	7		0,28	500	22
3	28	3	1	7		0,56	180	16
4	13,7	10	1	0,45		0,4	500	22
5	14	10	1	0,15		1,6	125	5,5
015 Расточная								
1	60	30	1	2,5		0,6	500	87
2	61,2	30	1	0,6		0,35	800	151
3	62	30	1	0,4		0,125	1250	241
4	75	75	1	1,5		0,8	400	94
5	75	75	1	0,5		0,4	630	149
6	38	42	1	2,0		0,4	1000	107
7	39,2	42	1	0,6		0,25	1250	180
8	40	42	1	0,4		0,1	1400	240
9	52	2	1	6,0		0,125	1250	157
10	65	65	1	1,5		0,4	500	102
11	65	65	1	0,5		0,35	800	164
020 Расточная								
1	169	10	1	2,5		1,0	125	65

Окончание таблицы 1.5

2	171.2	10	1	1,1		0,35	315	167
3	172	10	1	0,4		0,125	400	215
4	212	212	1	1,5		1,0	125	84
5	212	212	1	0,5		0,125	315	210
6	43	40	1	2,0		0,6	800	98
7	44.2	40	1	0,6		0,35	1250	169
8	45	40	1	0,4		0,1	1250	170
9	70	70	1	1,5		0,6	400	88
10	70	70	1	0,5		0,25	800	176
025								
Сверлильная								
1	4,2	8	1	2,1		0,1	1400	18,5
2	5	6	1	0,4		0,8	70	2,2
3	18	1,5	1	1,5		0,56	250	15,7
4	6	12	1	3,0		0,14	1400	27
5	6,7	10	1	3,35		0,14	1400	29,5
6	8	10	1	0,65		1,25	100	4,4
7	8	55	1	4,0		0,2	710	18
8	18	2	1	5,0		0,56	250	14
9	10	10	1	1,0		1,5	100	5,2
030								
Сверлильная								
1	18	1,5	1	1,5		0,56	250	15,7
2	6	12	1	3,0		0,14	1400	27
3	10	8	1	5,0		0,56	500	16
4	6	14	1	3,0		0,14	1400	27
5	6,7	14	1	3,35		0,14	1400	29,5
6	8	12	1	0,65		1,25	100	4,4

1.8 Техническое нормирование техпроцесса

Технические нормы времени на производстве устанавливаются расчетно-аналитическим методом, по формуле [4, с. 105]:

$$T_{шт.к.} = T_O + T_B + T_{OB} + T_{OT} + T_{ПЗ}/n; \quad (1.17)$$

Где: T_O - основное время.

T_{BC} - вспомогательное время, состоит из затрат времени на отдельные приемы $T_{BC} = T_{VC} + T_{ZO} + T_{УП} + T_{ИЗ}$,

Где: T_{VC} - время на снятие и установку детали.

T_{ZO} - время на закрепление и открепление детали.

$T_{УП}$ - время на управление станком.

$T_{ИЗ}$ - время на измерение и контроль детали.

T_{OB} - время на обслуживание рабочего места. Складывается из времени на техническое обслуживание $T_{тех}$ и времени на организационное обслуживание $T_{орг}$.

T_{OT} - время перерывов на отдых и личные надобности.

Проведем подробное нормирование расточной операции, отверстие Ф45Н7:

1. Черновое растачивание.

Определим основное время на операцию [7, с. 101]

$$T_o = \frac{l + l_1 + l_2}{S \cdot n} \cdot i \quad (1.18)$$

где $l = 40$ мм длина обрабатываемой поверхности;

$l_1 = 5$ мм длина врезания

$l_2 = 5$ мм величина перебега инструмента

$i = 1$ число проходов инструмента;

$S = 0,6$ мм/об – подача

$n = 800$ - число оборотов

$$T_o = \frac{40 + 5 + 5}{0,6 \cdot 800} \cdot 1 = 0,11$$

Определим вспомогательное время на операцию:

$$T_B = 0,2 \text{ мин}$$

Оперативное время:

$$T_{on} = 0,11 + 0,2 = 0,31 \text{ мин}$$

Определим время на обслуживание рабочего места:

$$T_{об} = 3\% \cdot T_{on} = 0,009 \text{ мин}$$

Определим время на отдых:

$$T_{от} = 4\% \cdot T_{on} = 0,012 \text{ мин}$$

Штучное время на операцию:

$$T_{шт} = 0,31 + 0,009 + 0,012 = 0,33 \text{ мин}$$

2. Получистовое растачивание.

Определим основное время на операцию

$$T_o = \frac{l + l_1 + l_2}{S \cdot n} \cdot i$$

где $l = 40$ мм длина обрабатываемой поверхности;

$l_1 = 5$ мм длина врезания

$l_2 = 5$ мм величина перебега инструмента

$i = 1$ число проходов инструмента;

$S = 0,35$ мм/об – подача

$n = 1250$ - число оборотов

$$T_o = \frac{40 + 5 + 5}{0,35 \cdot 1250} \cdot 1 = 0,11$$

Определим вспомогательное время на операцию:

$$T_B = 0,2 \text{ мин}$$

Оперативное время:

$$T_{on} = 0,11 + 0,2 = 0,31 \text{ мин}$$

Определим время на обслуживание рабочего места:

$$T_{об} = 3\% \cdot T_{on} = 0,009 \text{ мин}$$

Определим время на отдых:

$$T_{от} = 4\% \cdot T_{on} = 0,012 \text{ мин}$$

Штучное время на операцию:

$$T_{шт} = 0,31 + 0,009 + 0,012 = 0,33 \text{ мин}$$

3. Чистовое растачивание.

Определим основное время на операцию

$$T_o = \frac{l + l_1 + l_2}{S \cdot n} \cdot i$$

где $l = 40$ мм длина обрабатываемой поверхности;

$l_1 = 5$ мм длина врезания

$l_2 = 5$ мм величина перебега инструмента

$i = 1$ число проходов инструмента;

$S = 0,1$ мм/об – подача

$n = 1250$ - число оборотов

$$T_o = \frac{40 + 5 + 5}{0,1 \cdot 1250} \cdot 1 = 0,4$$

Определим вспомогательное время на операцию:

$$T_B = 0,3 \text{ мин}$$

Оперативное время:

$$T_{on} = 0,4 + 0,3 = 0,7 \text{ мин}$$

Определим время на обслуживание рабочего места:

$$T_{об} = 3\% \cdot T_{on} = 0,021 \text{ мин}$$

Определим время на отдых:

$$T_{от} = 4\% \cdot T_{on} = 0,03 \text{ мин}$$

Штучное время на операцию:

$$T_{шт} = 0,7 + 0,021 + 0,03 = 0,75 \text{ мин}$$

Общее штучное время на операцию растачивания отверстия $\Phi 45H7$ составит:

$$T_{ит} = 0,33 + 0,33 + 0,75 = 1,41 \text{ мин}$$

Для остальных операций нормирование техпроцесса, осуществляем при помощи САПР ТП «Вертикаль». Данные сведем в таблицу 1.6.

Таблица 1.6 – Нормы времени обработки на универсальных станках

Номер операции	$T_{осн.}$	$T_{всп.}$	$T_{п.з}$	$T_{обс. отд.}$	$T_{ит.к.}$
005	1,94	2,0	14	0,1	3,94
010	1,2	2,5	12	0,1	3,70
015	1,54	2,2	16	0,1	3,74
020	1,79	2,0	16	0,1	3,79
025	2,84	0,9	12	0,1	3,74
030	1,48	1,2	12	0,1	2,68

1.9 Составление маршрута механической обработки на станках с ЧПУ

Как вариант изготовления детали рассмотрим изготовление на токарном обрабатывающем центре с ЧПУ HAAS UMC-750.

Данное оборудование, предназначенное для обработки металлических деталей.

Такие агрегаты позволяют выполнять обточку, подрезку, сверление, нарезка резьбы, зенкование, расточка, фрезерование и другие работы, попадающие в категорию функций токарно-фрезерного оборудования.

Характеристики и внешний вид станка приведены ниже на рисунке 1.3 и таблице 1.7.



Рисунок 1.3 – Внешний вид оборудования с ЧПУ

Таблица 1.7 – Технические характеристики обрабатывающего центра с ЧПУ HAAS UMC-750

Технические данные	Ед.изм.	HAAS UMC-750
Производительность		
Мощность	кВт	24
Главный шпиндель		
Частота вращения	об/мин	8100
Кол-во шпинделей	шт.	1
Перемещения		
Ход по оси X	мм	800
Ход по оси Y	мм	520
Ход по оси Z	мм	510
Ускоренное перемещение по осям X/Y/Z	м/мин	60
Ускорение	G	до 1
Инструментальный магазин		
Число инструментальных позиций	шт.	64
Конус инструмента		SK40/HSK-A63
Вес инструмента	кг	5/10
Диаметр инструмента	мм	78/160
Длина инструмента	мм	300
Время смены инструмента	с	2.9
Поворотный стол		
Размеры	мм	630x500
Нагрузка на стол	кг	300
Габариты		
Высота	мм	3100
Ширина × Глубина	мм	4200 × 3000
Вес	кг	8200
Система ЧПУ		FANUC 31iMB/5

Деталь с указанными обрабатываемыми поверхностями представим на рисунках 1.4 и 1.5. Маршрут обработки в таблице 1.8.

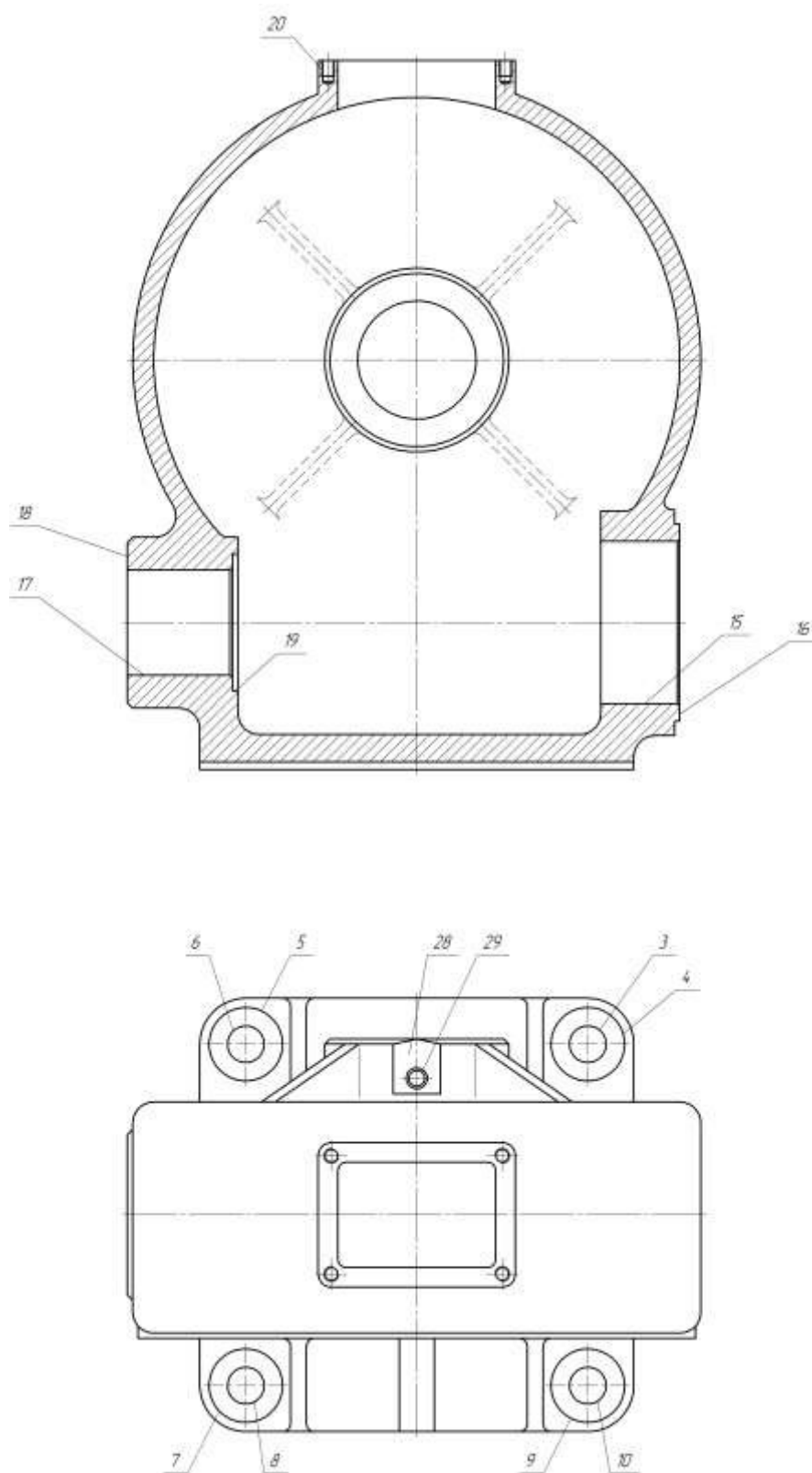


Рисунок 1.4 – Обозначение поверхностей детали

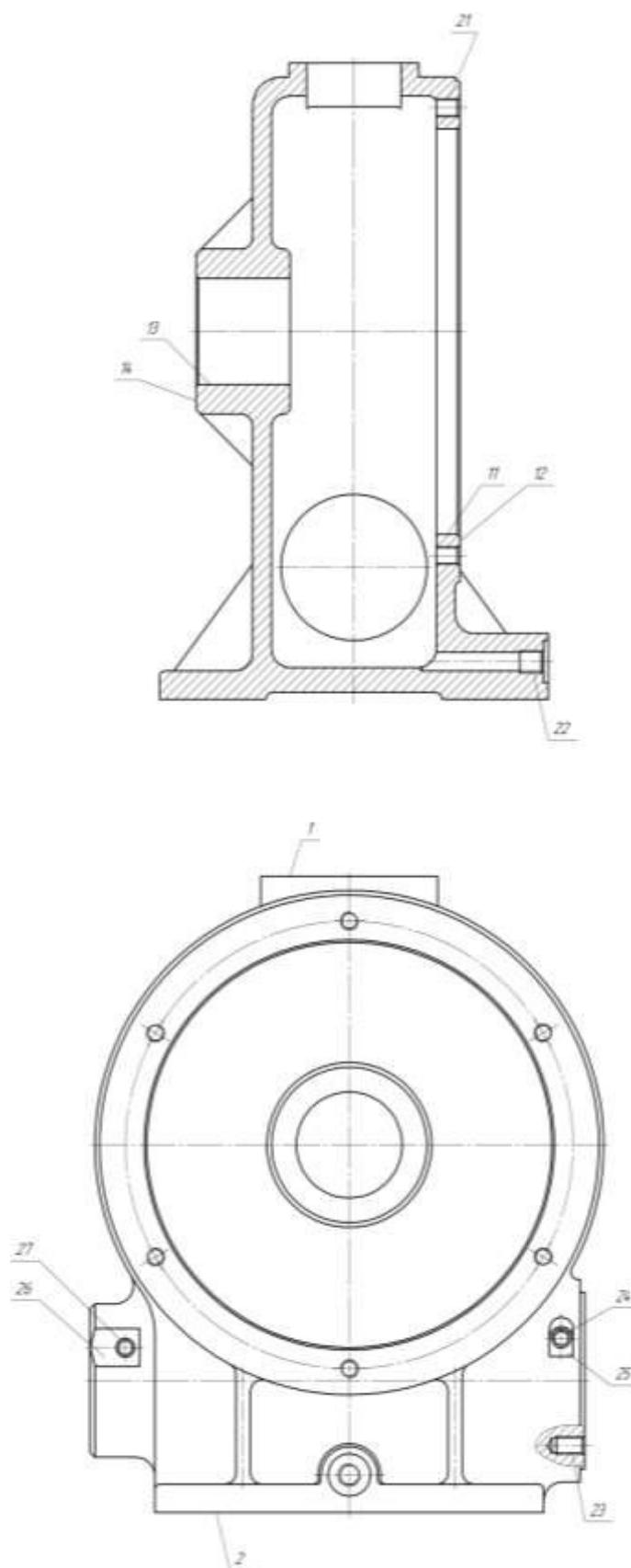


Рисунок 1.4 – Обозначение поверхностей детали

Таблица 1.8 – Маршрут обработки детали на обрабатывающем центре с ЧПУ HAAS UMC-750

Операция	Технологические переходы	Оборудование
005	<p>А. Установить заготовку.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Фрезеровать поверхность 2 предварительно, выдерживая размер $272,5 \pm 0,3$. 2. Фрезеровать поверхность 2 окончательно, выдерживая размер $272_{-0,5}$ 3. Сверлить 2 отверстия 3 и 8 предварительно, на проход, выдерживая размеры $\Phi 12,8^{+0,1}$; 65; 130. 4. Сверлить 2 отверстия 6 и 10 окончательно, на проход, выдерживая размеры $\Phi 14^{+0,1}$; 65; 130. 5. Зенкеровать 2 отверстия 3 и 8 предварительно, на проход, выдерживая размеры $\Phi 13,7^{+0,1}$. 6. Развернуть 2 отверстия 3 и 8 окончательно, на проход, выдерживая размер $\Phi 14^{+0,018}$. <p>Б. Переустановить заготовку.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Цековать 4 отверстия 5, 4, 7, 9 окончательно на глубину 3. 2. Фрезеровать поверхность 1 предварительно, выдерживая размер $270,5 \pm 0,3$. 3. Фрезеровать поверхность 1 окончательно, выдерживая размер $270_{-0,52}$. 4. Сверлить 4 отверстия 20, предварительно под резьбу М5-7Н, на глубину 8, выдерживая размер $\Phi 4,2^{+0,1}$. 5. Нарезать резьбу М5-7Н в 4 отверстиях 20, окончательно, на глубину 6. 6. Расточить отверстие 15 на проход, предварительно, выдерживая размер $\Phi 60^{+0,5}$. 7. Расточить отверстие 15 на проход, предварительно, выдерживая размер $\Phi 61,2^{+0,1}$. 8. Расточить отверстие 15 на проход, окончательно, выдерживая размер $\Phi 62^{+0,074}$. <p>Точить фаску 1x45*.</p> <ol style="list-style-type: none"> 9. Расточить отверстие 19 окончательно, на глубину 2, выдерживая размер $\Phi 52^{+0,74}$. 10. Точить торец 16 предварительно, выдерживая размер $212,5^{+0,8}$. 11. Точить торец 16 окончательно, выдерживая размер $212^{+0,5}$. 12. Расточить отверстие 17 на проход, предварительно, выдерживая размер $\Phi 38^{+0,5}$. 13. Расточить отверстие 17 на проход, предварительно, выдерживая размер $\Phi 39,2^{+0,1}$. 	Обрабатывающий центр с ЧПУ HAAS UMC-750

Продолжение таблицы 1.8

	<p>14. Расточить отверстие 17 на проход, окончательно, выдерживая размер $\Phi 40^{+0,025}$.</p> <p>15. Точить торец 18 предварительно, выдерживая размер $210,5^{+0,8}$.</p> <p>16. Точить торец 18 окончательно, выдерживая размер $210_{-0,29}$. Точить фаску $2 \times 45^*$.</p> <p>17. Расточить отверстие 11 на проход, предварительно, выдерживая размер $\Phi 169^{+0,8}$.</p> <p>18. Расточить отверстие 11 на проход, предварительно, выдерживая размер $\Phi 171,2^{+0,3}$.</p> <p>19. Расточить отверстие 11 на проход, окончательно, выдерживая размер $\Phi 172^{+0,1}$. Точить фаску $1 \times 45^*$.</p> <p>20. Точить торец 12 предварительно, выдерживая размер $72,5^{+1,0}$.</p> <p>21. Точить торец 12 окончательно, выдерживая размер $72 \pm 0,3$.</p> <p>22. Расточить отверстие 13 на проход, предварительно, выдерживая размер $\Phi 43^{+0,6}$.</p> <p>23. Расточить отверстие 13 на проход, предварительно, выдерживая размер $\Phi 44,2^{+0,1}$.</p> <p>24. Расточить отверстие 13 на проход, окончательно, выдерживая размер $\Phi 45^{+0,025}$.</p> <p>25. Точить торец 14 предварительно, выдерживая размер $41,2^{+0,5}$.</p> <p>26. Точить торец 14 окончательно, выдерживая размер $40_{-0,25}$.</p> <p>27. Сверлить 6 отверстий 21, предварительно под резьбу М8-7Н, на проход, выдерживая размер $\Phi 6,7^{+0,1}$.</p> <p>28. Нарезать резьбу М8-7Н в отверстиях 21, окончательно, на проход.</p> <p>29. Сверлить отверстие 22 окончательно на проход, выдерживая размер 16, $\Phi 8$</p> <p>30. Цековать отверстие 22 окончательно, на глубину 2, выдерживая размер $\Phi 18$.</p> <p>31. Нарезать резьбу М 10-7Н в отверстии 22 окончательно, на глубину 10.</p> <p>32. Цековать поверхность 26, окончательно, выдерживая размеры 30^*, 31, 21.</p> <p>33. Сверлить отверстие 27, окончательно, на проход, с образованием фаски, выдерживая размер $\Phi 6$, 15.</p> <p>34. Цековать поверхность 25, окончательно, выдерживая размеры 30^*, 8.</p> <p>35. Сверлить отверстие 24, окончательно, на проход, с образованием фаски, выдерживая размер $\Phi 6$.</p>	
--	--	--

Окончание таблицы 1.8

	<p>36. Цековать поверхность 28, окончательно, выдерживая размеры 34, 21.</p> <p>37. Сверлить отверстие 29, окончательно, на проход, с образованием фаски, выдерживая размер $\Phi 6$, 15.</p> <p>38. Сверлить 4 отверстия 23, предварительно под резьбу М8-7Н, на глубину 14, выдерживая размер $\Phi 6,7^{+0,1}$.</p> <p>39. Нарезать резьбу М8-7Н в 4 отверстиях 23, окончательно, на глубину 12.</p> <p>В. Снять заготовку.</p>	
--	--	--

2 Конструкторская часть

2.1 Проектирование расточного приспособления

2.1.1 Техническое задание

Необходимо спроектировать зажимное приспособление для установки заготовки на технологической операции – растачивание. Базирование производится по плоскости корпуса и по двум установочным пальцам. Базовая поверхность чистая. Сборочный чертеж приспособления представлен на листе БР-15.03.05.ПР.00.00.000 СБ.

2.1.2 Описание работы приспособления

Деталь устанавливается на корпус 1 и ориентируется установочными пальцами 11 и 12. После этого включается подача масла к гидроцилиндру приводящего в движение зажимы 2. Перемещаясь по направляющей в крышке 3 они зажимают деталь. Кроме того, в крышках есть специальные винты 4 которые вставлены в пазы зажимов 2 для автоматического поворота их при закреплении и откреплении.

После чего происходит обработка детали. После завершения обработки гидроцилиндр получает реверс и разжимает деталь.

2.1.3 Расчет необходимой силы зажима

Изобразим три силы, возникающие при растачивании, и представим их на рисунке 2.1:

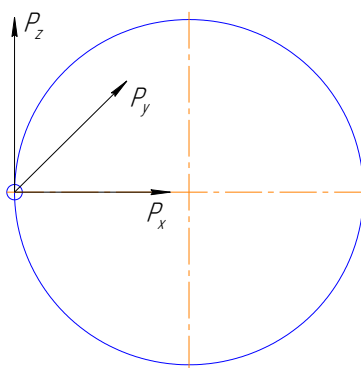


Рисунок 2.1 – Графическое отображение сил, возникающих при механической обработке.

Где:

P_z - тангенциальная сила, P_y - радиальная сила, P_x - осевая

В данном случае нас интересуют только две силы

P_z - сила, которая пытается поднять заготовку

P_x - сила, которая пытается сдвинуть заготовку

Для определения силы зажима необходимо знать коэффициент запаса К [7, стр. 85]

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (2.1)$$

Где:

$K_0 = 1,5$ - коэффициент гарантированного запаса;

$K_1 = 1,2$ - коэффициент неровностей на детали;

$K_2 = 1,4$ - коэффициент увеличения сил резания из-за затупления режущего инструмента;

$K_3 = 1,2$ - коэффициент увеличения сил резания из-за прерывистого резания;

$K_4 = 1,3$ - коэффициент постоянства сил закрепления;

$K_5 = 1$ - коэффициент удобства использования приспособления;

$K_6 = 1,5$ - коэффициент установки на приспособление.

$K=4,5$

Из расчетов режимов резания $P_z=1499$ Н

Найдем P_x

$$P_x = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (2.2)$$

Коэффициенты $C_p = 339$; $x = 1$; $y = 0,5$; $n = -0,4$

Значение остальных коэффициентов см. черновое растачивание

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 2,5^1 \cdot 0,5^{0,5} \cdot 82^{-0,4} \cdot 1,11 = 114 \text{ Н}$$

Имеются для расчета две формулы [7, стр. 107]. При расчете, по которым принимается наибольшее значение.

$$P_3 = 0,7 \cdot K \cdot P_z$$

$$P_3 = \frac{K \cdot P_x - 0,5 \cdot P_z \cdot (f_2 - f_1)}{f_1 + f_2} \quad (2.3)$$

Где f_1 и f_2 - коэффициенты трения заготовки с опорами и заготовки с зажимным механизмом (обработанная по обработанной 0,16)

$$P_3 = 0,7 \cdot 4,5 \cdot 1499 = 4722 \text{ Н}$$

$$P_3 = (4,5 \cdot 114 - 0,5 \cdot 1499 \cdot (0,16 - 0,16)) / (0,16 + 0,16) = 1666 \text{ Н}$$

Отсюда примем наибольшее и разделим его на число зажимов

$$P_3 = 1666/2 = 833 \text{ Н}$$

Этому требованию удовлетворяет гидроцилиндр $\varnothing 50$ по ГОСТ 19897-74.

2.1.4 Расчет приспособления на точность

В результате обработки возникает ряд погрешностей, которые необходимо учитывать при расчете приспособления на точность. Для определения пригодности приспособления необходимо рассчитать общую погрешность приспособления по формуле:

$$\varepsilon_{\text{п}} = \delta - k_T \cdot \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_u^2 + (k_{T2} \cdot \omega)^2} \quad (2.4)$$

Где:

$k_T = 1,2$ - коэффициент, учитывающий возможное отступление нормального распределения отдельных составляющих;

$k_{T1} = 0,85$ - коэффициент, принимаемый во внимание когда погрешность базирования $\varepsilon_B \neq 0$;

$k_{T2} = 0,8$ - коэффициент экономической точности;

$b = 50$ мкм - допуск выдерживаемого размера расположения обрабатываемой поверхности;

$\varepsilon_B = 0$ - погрешность базирования, так как технологическая и конструкторская базы совпадают;

$\varepsilon_3 = 15$ мкм - погрешность закрепления для заготовок данного типа;

$\varepsilon_y = 0$ - погрешность установки приспособления на станке, так как осуществляется надежный контакт установочной плоскости приспособления и поверхности стола;

$\varepsilon_{\Pi} = 0$ - погрешность перекося инструмента, так как в приспособлении нет направляющих элементов;

$\varepsilon_{\text{И}} = 20$ мкм - погрешность от изнашивания установочных элементов;

$w = 12,5$ мкм - экономическая точность при обработке.

Отсюда:

$$E_p = 50 - 1,2 \cdot \sqrt{15^2 + 20^2 + (0,8 \cdot 2,5)^2} = 50 - 38 = 12 \text{ мкм} = 0,012 \text{ мм}$$

Таким образом, погрешность приспособления 0,012 мм.

2.2 Проектирование контрольного приспособления

2.2.1 Техническое задание

Задание: спроектировать приспособление для контроля параллельности осей отверстий Ф40 и Ф62 относительно плоскости А.

Сборочный чертеж приспособления представлен на листе БР-15.03.05.ПК.00.00.000 СБ.

2.2.2 Описание принципа работы приспособления

Основу приспособления составляет плита 2, на которой установлена стойка 3. В стойке крепятся направляющие 4 с индикаторами 1, которые закреплены в подвижные салазки 8. Базирование детали происходит на плите на плите за счет срезанного и установочного пальцев. Это предотвращает сдвиг детали во время контроля.

2.2.3 Расчет приспособления на точность

При измерении возникает ряд погрешностей, которые необходимо учесть для правильной настройки. Для определения пригодности приспособления необходимо рассчитать общую погрешность приспособления по формуле [11, с. 112]

$$\varepsilon_{np} = \delta - k_T \cdot \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_{II}^2 + \varepsilon_{II}^2 + \varepsilon_{изм}^2 + (k_{T2} \omega)^2} \quad (2.5)$$

где $\delta = 0,02$ мм – допуск выдерживаемого параметра;

$k_T = 1,2$ – коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения;

$k_{T1} = 0,8$ – коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках;

$\varepsilon_{\delta} = 0$ – погрешность базирования детали в направлении выдерживаемого размера, вызванная несовпадением конструкторских и технологических баз, (так как оправка самоцентрирующая);

$\varepsilon_3 = 30$ мкм – погрешность закрепления, вызванная проседанием опор под действием сил зажима;

$\varepsilon_{II} = 0$ – погрешность установки приспособления на станке, (так как деталь находится на столе и контакта приспособления с поверхностью стола нет);

$\varepsilon_{II} = 10$ мкм – погрешность положения детали, вызванная износом частей приспособления;

$\varepsilon_{изм} = 5$ мкм – погрешность измерения;

$k_{T2}=0,8$ – коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызванной факторами не зависящими от приспособления;

$\omega = 25$ мкм – экономическая точность обработки, т.е. такая точность, затраты на которую при выбранном способе обработки будут меньше, чем при других способах.

$$\varepsilon_{np} = 50 - 1,2 \cdot \sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 25^2 + 0^2 + 10^2 + 5^2 + (0,8 \cdot 25)^2} = 12 \text{ мкм}$$

Таким образом, погрешность приспособления 0,012 мм.

2.2.4 Расчет контрольной длины

При нашей схеме измерения необходимо учитывать, что в чертеже на деталь задано допустимое отклонение от параллельности для нормированной длины L , равной суммарной длине контролируемых отверстий. Для контроля данного параметра приспособлением необходимо пересчитать данный размер на длину L_1 , которым необходимо привести измеренное на длине L_1 отклонение от параллельности к нормированной длине измерений L .

$$A = L(L/L_1), \tag{2.6}$$

где A — отклонение от параллельности на длине L .

$$L_1 = 0,05 \cdot (42 + 29)^2 / 2 = 126 \text{ мм}$$

3 Организационно-экономическая часть

3.1 Расчет необходимого количества оборудования участка

Расчетное число рабочих мест поточной линии определим по формуле [11, с. 228]:

$$C_p = \frac{T_{шт}}{\tau_в} \quad (3.1)$$

где $T_{шт}$ – длительность обработки на операции; $\tau_в$ – такт выпуска:

$$\tau_в = \frac{60 * F_d}{N} \quad (3.2)$$

где $F_d = 1778$ ч - годовой действительный фонд времени работы оборудования, с учетом потерь на ремонт – 10 % (в 2016 году 247 рабочих дней, режим работы односменный);

$N = 75$ шт - годовая программа выпуска.

$$\tau_в = \frac{60 * 1778}{75} = 1422 \text{ мин}$$

Рассчитаем необходимое количество станков на каждую операцию по формуле

$$M_p = \frac{T_{шт}}{t_в} \quad (3.3)$$

где $T_{шт}$ - штучное время на данной операции.

Принятое количество станков получается округлением до большего целого.

Операция 005

$$M_{p1} = 3,94 / 1422 = 0,003 \text{ принимаем 1 станок.}$$

Операция 010

$$M_{p2} = 3,70 / 1422 = 0,003 \text{ принимаем 1 станок.}$$

Операция 015

$$M_{p3} = 3,74 / 1422 = 0,003 \text{ принимаем 1 станок.}$$

Операция 020

$$M_{p4} = 3,79 / 1422 = 0,003 \text{ принимаем 1 станок.}$$

Операция 025

$$M_{p4} = 3,74 / 1422 = 0,003 \text{ принимаем 1 станок.}$$

Операция 020

$$M_{p4} = 2,68 / 1422 = 0,002 \text{ принимаем 1 станок.}$$

Для оборудования с ЧПУ выполним расчет необходимого количества оборудования. Для обеспечения заданной программы выпуска изделий, а так же учитывая время на обработку одной детали получаем:

$$\tau_{\text{с}} = \frac{60 \cdot 1778}{75} = 1422 \text{ мин}$$

Принятое количество станков получается округлением до большего целого.

Операция 005

$M_{\text{р1}} = 8,43 / 1422 = 0,006$ принимаем 1 станок.

3.2 Перечень универсального оборудования

В рассмотренном технологическом процессе механической обработки детали, изготавливаемой на универсальном оборудовании используются станки, представленные в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Перечень универсального технологического оборудования

№ операции	Оборудование	Модель станка	Кол-во единиц
005	Универсально-фрезерный	6Т83Ш	1
010	Радиально-сверлильный	АС2532	1
015	Горизонтально-расточной	2А614	1
020	Горизонтально-расточной	2А614	1
025	Радиально-сверлильный	АС2532	1
030	Радиально-сверлильный	АС2532	1

3.3 Расчет необходимой площади цеха под универсальное оборудование

Определим необходимую площадь под оборудование.

Площадь под металлообрабатывающее оборудование определяется по формуле [4, с. 107]:

$$F_{\text{ст}} = 7.3 \cdot F^{0.7} \tag{3.4}$$

Где F - площадь габаритов станка м^2 .

k_f – коэффициент дополнительной площади.

Универсально-фрезерный 6Т83Ш

$$F_{\text{ст}} = 7.3 \cdot (2,6 \cdot 2,3)^{0.7} = 25,6 \text{ м}^2.$$

Радиально-сверлильный АС2532

$$F_{\text{ст}} = 7.3 \cdot (1,8 \cdot 1,0)^{0.7} = 11 \text{ м}^2.$$

Для 3 станков $F_{\text{ст}} = 3 \cdot 11 = 33 \text{ м}^2$.

Горизонтально-расточной 2А614

$$F_{\text{ст}} = 7.3 \cdot (4,6 \cdot 3,0)^{0.7} = 46 \text{ м}^2.$$

Для 2 станков $F_{\text{ст}} = 2 \cdot 46 = 92 \text{ м}^2$.

Общая площадь, занимаемая универсальным оборудованием, равна:

$$F_{\text{уч}} = 25,6 + 33 + 92 = 150,6 \text{ м}^2$$

3.4 Перечень оборудования с ЧПУ

В ранее рассмотренном технологическом процессе механической обработки детали изготовления детали мы применили обработку на токарном обрабатывающем центре с ЧПУ HAAS UMC-750. В данном технологическом процессе учувствует 1 единица данного оборудования.

3.5 Расчет необходимой площади цеха под обрабатывающий центр

Определим необходимую площадь под оборудование.

Площадь под металлообрабатывающее оборудование определяется по формуле:

$$F_{\text{ст}} = 7.3 \cdot F^{0.7}$$

Где F - площадь габаритов станка м^2 .

k_f – коэффициент дополнительной площади.

Обрабатывающем центре с ЧПУ HAAS UMC-750

$$F_{\text{ст}} = 7.3 \cdot (4,2 \cdot 3,0)^{0.7} = 43 \text{ м}^2.$$

3.6 Составление ведомости технологического оборудования

В ведомость технологического оборудования входит перечень оборудования, необходимого для осуществления обработки по спроектированному техпроцессу, с его первоначальной стоимостью.

Выше было приведено необходимое количество и приняты типы технологического оборудования.

Перечень оборудования по 2-м вариантам технологического процесса представлен в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Ведомость технологического оборудования

Тип оборудования	Кол-во	Мощность, кВт	Стоимость единицы оборудования, т. руб.	Суммарная стоимость, т. руб.
Универсальное оборудование				
Универсально-фрезерный 6Т83Ш	1	14,0	2370	2370
Радиально-сверлильный АС2532	3	3,4	1295	3885
Горизонтально-расточной 2А614	2	12,0	3200	6400
Итого, универсальное оборудование				12655
Оборудование с ЧПУ				
Обрабатывающий центр с ЧПУ НААС UMC-750	1	24	14500	14500
Итого, оборудование с ЧПУ				14500

3.7 Расчет стоимости производственных помещений

В нашем случае рассмотрим стоимость производственного здания для 2-х вариантов: обработка на универсальном оборудовании и оборудовании с ЧПУ.

При этом стоимость производственного здания общей площадью 150,6 м² и высотой 9 м – для универсального оборудования, 43 м² и высотой 9 м – для оборудования с ЧПУ.

Стоимость зданий представлена в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Стоимость производственных помещений.

Наименование	Кол-во	Стоимость единицы ОПФ, руб.	Суммарная стоимость, руб.
1.Здание для универсального оборудования	1355,4	6000	8132400
2.Здание для оборудования с ЧПУ	387	6000	2322000

3.8 Расчет фонда заработной платы

Учитывая расчеты, проведенные в предыдущих разделах, а так же перечень оборудования составим ведомость фонда заработной платы для 2-х вариантов обработки детали.

Годовой фонд основной заработной платы станочников определяется по формуле [11, с. 257]

$$L = \frac{N \cdot t_{шт} \cdot I_{тф}}{60} \quad (3.5)$$

где N - годовая программа выпуска продукции 75 шт;

$t_{шт}$ - штучное время на операции;

$I_{тф}$ - часовая тарифная ставка станочника универсального оборудования, для первого разряда составляет – 100 руб., оператора ЧПУ – 140 руб.

При определении часовой тарифной ставки для третьего и четвертого разрядов необходимо дополнительное умножение на коэффициенты, соответственно 1,21 и 1,36.

Дополнительная заработная плата, районный коэффициент и премии составляют, соответственно, 10 %, 30 % и 20 % от основной заработной платы.

Расчеты сведем в таблицу 3.4 и таблицу 3.5.

Таблица 3.4 – Заработная плата рабочих на универсальных станках

Профессия	$t_{шт}$, мин	Количество рабочих	Разряд	Основная з/пл, руб.	Годовой фонд з/пл, руб.	Месячная з/пл, руб.
1. Фрезеровщик	3,94	1	3	109253	174805	14567
2. Сверловщик	3,7	1	3	102598	164157	13680
3. Расточник	3,74	1	4	116563	186501	15542
4. Расточник	3,79	1	4	118122	188995	15750
5. Сверловщик	3,74	1	3	103707	165931	13828
6. Сверловщик	2,68	1	3	74314	118903	9909
ИТОГО		6		624557	999291	83274

Таблица 3.5 – Заработная плата оператора ЧПУ

Профессия	$t_{шт}$, мин	Количество рабочих	Разряд	Основная з/пл, руб.	Годовой фонд з/пл, руб.	Месячная з/пл, руб.
1. Оператор	8,43	1	4	183915	294263	24522
ИТОГО		1		183915	294263	24522

3.9 Экономическая эффективность проекта

Учитывая выше приведенные расчеты сравним 2 технологических процесса механической обработки детали и проведем анализ экономической эффективности проекта.

Для наглядности составим таблицу 3.6 – затрат по 2-ум проектам.

Таблица 3.6 – Экономическая эффективность

Универсальное оборудование		Оборудование с ЧПУ	
Наименование затрат	Показатель, тыс. руб.	Наименование затрат	Показатель, тыс. руб.
1. Оборудование	12655	1. Оборудование	14500
2. Здание	8132,4	2. Здание	2322
3. Заработная плата	999,3	3. Заработная плата	294,3
ИТОГО	21786,7	ИТОГО	17116,3

На основании проведенных выше расчетов, а так же после сравнения затрат на организацию производства, можно сделать вывод об эффективности использования разработанного технологического процесса с применением оборудования с ЧПУ при изготовлении детали корпус червячного редуктора БР-15.03.05.Н5162-02.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе были разработаны 2 варианта механической обработки корпуса червячного редуктора БР-15.03.05.Н5162-02. Проведены расчеты припусков на обработку, режимов резания и норм времени на все операции.

Было выбрано необходимое технологическое оборудование, спроектировано зажимное приспособление для установки детали на расточной операции, контрольное приспособление для контроля соосности отверстий относительно друг друга.

Также был рассмотрен вопрос организации производственного процесса: рассчитана необходимая площадь для универсального оборудования и оборудования с ЧПУ, сделан расчет заработной платы для обоих вариантов. Были рассмотрены различные варианты получения заготовки и принят оптимальный.

В организационно-экономическом разделе проведен анализ сравнения методов механической обработки и выбран оптимальный.

CONCLUSION

The purpose of this paper is to develop two machining methods of a case for worm gear reducer. The machining allowances, cutting speeds and standard times for all operations are worked out.

It is selected the needed production equipment, the drilling fixtures for mounting workpieces and the control device for coincidence of surfaces relative each other are designed.

It is considered the organization of production process: the required floor space for general-purpose and NC machines are calculated, the payroll accounting for both methods is made. Two methods of workpiece production are considered and the best one is chosen.

The economic-organizing part gives a comparative analysis of these machining methods and the best one is chosen.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ансеров, М.А. Приспособление для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – Л.: Машиностроение, 2004. – 656с.
2. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. / В. И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 2013 – 1846с.
3. Болотин, Х. Л. Станочное приспособления / Х. Л. Болотин, Ф. П. Костромин. – М.: Машиностроение, 2003 – 315 с.
4. Великанов, К. М. Экономика и организация производства в дипломных проектах / К.М. Великанов. – Л.: Машиностроение, 2003 – 256 с.
5. Горбацевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – Минск.: Высшая школа, 2007 – 255 с.
6. Горохов, В. А. Проектирование и расчет приспособлений / В. А. Горохов. – Минск.: Высшая школа, 2003 – 312 с.
7. Горошкин, А. К. Приспособления для металлорежущих станков: справочник / А. К. Горошкин. – М.: Машиностроение 2011 – 303 с.
8. Гамрат-Курек, Л. И. Экономическое обоснование дипломных проектов: учебное пособие для ВУЗов / Л. И. Гамрат-Курек. – М.: Высшая школа, 2005 – 156 с.
9. Долматовский, Г. А. Справочник технолога по обработке металлов резанием / Г.А. Долматовский. – М.: Машиностроение, 2014 354 с.
10. Допуски и посадки: справочник: В 2 т. / В. Д. Мягков. – Л.: Машиностроение, 2013 – 1026 с.
11. Егоров, М. Е. Основы проектирования машиностроительных заводов / М. Е. Егоров. – М.: Высшая школа, 2011 – 478 с.
12. Корсаков, В. С. Основы конструирования приспособлений / В. С. Корсаков. – М.: Машиностроение, 2003 – 273 с.
13. Мельников, Г.Н. Проектирование механосборочных цехов / Г.Н. Мельников, В. П. Вороненко. – М.: Машиностроение, 1990 – 350 с.
14. Методические указания по расчету заземления электроустановок / Абакан, 2000 – 16 с.
15. Нормирование труда и сметы: учебник для техникумов. / Сост. К. Г. Романов и др. – М.: Стройиздат, 2008 – 165 с.
16. Общетехнический справочник / Сост. Е. А. Скороходов, В. П. Законников, А.Б. Пакнис и др. – М.: Машиностроение, 2010 – 511 с.
17. Общемашинностроительные нормативы вспомогательного времени и на обслуживание рабочего места на работы, выполняемые на металлорежущих станках / М.: Экономика, 2008 – 65 с.
18. Общемашинностроительные нормативы режимов резания : справочник. В 2 т. / Сост. А. Д. Локтев и др. – М.:Машиностроение, 2011 – 98 с.

19. Силантьева, Н. А. Техническое нормирование труда в машиностроении / Н. А. Силантьева, В. Р. Малиновский. – М., Машиностроение, 2000 – 186 с.
20. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. / Сост. А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков, Ю. А. Абрамов и др. – М., Машиностроение, 2005 – 988 с.
21. Технология машиностроения / А. А. Гусев и др. – М.: Машиностроения, 2006 – 287 с.