

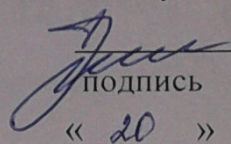
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

Кафедра «Автомобильный транспорт и машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ

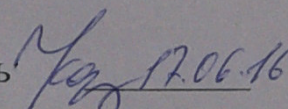
Заведующий кафедрой

 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
муфты 237.40.07.110.00
тема

Руководитель  17.06.16 к.т.н., доц. каф. АТиМ А.Ф. Коробейников
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник  17.06.16. Е.С. Лопатина
подпись, дата инициалы, фамилия

Абакан, 2016

Продолжение титульного листа БР по теме Разработка технологического процесса механической обработки корпуса муфты 237.40.07.110.00

Консультанты по
разделам:

Технологическая часть Коробейников 17.06.16 А.Ф. Коробейников
наименование раздела подпись, дата инициалы, фамилия

Конструкторская часть Коробейников 17.06.16 А.Ф. Коробейников
наименование раздела подпись, дата инициалы, фамилия

Организационно-экономическая часть Коробейников 17.06.16 А.Ф. Коробейников
наименование раздела подпись, дата инициалы, фамилия

Нормоконтролер Орешкова 17.06.16 С.П. Орешкова
подпись, дата инициалы, фамилия

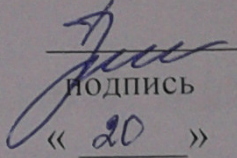
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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 Лопатиной Екатерине Сергеевне

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 муфты 237.40.07.110.00

Утверждена приказом по университету № 145 от 29.02.2016

Руководитель ВКР А.Ф. Коробейников, к.т.н., доцент кафедры АТиМ, ХТИ – филиал СФУ

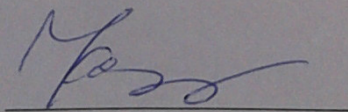
инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР 1. чертеж детали с заводским номером 237.40.07.110.00; 2. годовая программа N = 100 шт

Перечень разделов ВКР Технологическая часть; Конструкторская часть; Организационно – экономическая часть.

Перечень графического материала 1. Чертеж детали - 1 лист ф. А1; 2. Базовый технологический процесс - 2 листа ф. А1; 3. Технологический процесс на станке с ЧПУ – 2 листа ф. А1; 4. Приспособление расточное – 1 лист ф. А1; 5. Приспособление контрольное – 1 лист ф. А1; 6. Технико-экономические показатели – 1 лист ф. А1

Руководитель ВКР

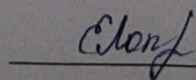


подпись

А.Ф. Коробейников

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

 Е.С. Лопатина
подпись, инициалы и фамилия студента

« 29 » 02 2016 г.

РЕФЕРАТ

В данной работе спроектирован технологический процесс изготовления корпуса муфты кулачковой с применением станков с ЧПУ в условиях серийного производства.

В технологической части было проанализировано служебное назначение корпуса, сделан анализ технологичности и технических требований, выбор способа получения заготовки, расчет и выбор припусков на механическую обработку, расчет и выбор режимов резания, нормирование технологического процесса обработки корпуса, определено необходимое количество технологического оборудования

В конструкторской части было спроектировано специальное зажимное приспособление для установки заготовки на операции растачивания посадочного отверстия. Сконструировано специальное контрольное приспособление для контроля перпендикулярности оси посадочного отверстия $\varnothing 120$ относительно установочной плоскости.

В экономической части был сделан расчёт целесообразности внедрения станков с ЧПУ в производство. Проведен расчет стоимости ОПФ, расчет заработной платы рабочих и расчет себестоимости изготовления корпуса по спроектированному и базовому вариантам.

В графической части работы были выполнены чертеж корпуса, совмещенный с заготовкой, карты технологического процесса обработки корпуса по спроектированному и базовому вариантам, чертежи зажимного и контрольного приспособлений. Вынесены основные технико-экономические показатели.

PAPER

In this work technological process of production of the case of the coupling of overtaking with use of machines with CNC in the conditions of a mass production is designed.

In technological part office purpose of the case was analysed, the analysis of technological effectiveness and technical requirements, a choice of a way of receiving preparation, calculation and a choice of allowances for machining, calculation and a choice of the modes of cutting, rationing of technological processing of the case is made, the necessary quantity of processing equipment is defined

In design part the special tightening adaptation for installation of preparation on operation of a slotting of an internal gear wreath was designed. The special control adaptation for control of coaxiality of a landing opening of $\varnothing 335$ of rather landing opening of $\varnothing 200$ is designed.

In economic part calculation of expediency of introduction of machines with CNC in production was made. Calculation of cost of FBA, payroll calculation of workers and calculation of cost of production of the case for the designed and basic options is carried out.

In graphic part works were performed the drawing of the case combined with preparation, cards of technological processing of the case by the designed and basic options, drawings of tightening and control adaptations. Economic indicators are taken out.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
1 Технологическая часть	8
1.1 Анализ служебного назначения.....	8
1.2 Анализ технологичности.....	9
1.3 Анализ технических требований.....	10
1.4 Обоснование выбора баз и составление базового маршрута механической обработки корпуса	11
1.5 Составление маршрута механической обработки с применением станков с ЧПУ.....	14
1.6 Экономическое обоснование выбора заготовки.....	16
1.7 Расчет и назначение припусков.....	17
1.8 Расчет режимов резания.....	23
1.9 Расчет норм времени	27
1.10 Выбор оборудования	32
2 Конструкторская часть	35
2.1 Проектирование расточного приспособления	35
2.1.1 Техническое задание на проектирование расточного приспособления	35
2.1.2 Расчет необходимой силы закрепления.....	35
2.1.3 Расчет силы привода	37
2.1.4 Расчет силового привода	38
2.1.5 Расчет зажимного приспособления на точность.....	38
2.2 Проектирование контрольного приспособления.....	39
2.2.1 Техническое задание на проектирование контрольного приспособления	40
2.2.2 Описание конструкции приспособления	40
для контроля перпендикулярности.....	40
2.2.3 Расчет приспособления на точность	41
3 Экономическая часть	42
3.1 Выбор технологического оборудования.....	42
3.2 Определение занимаемой площади	43
3.3 Организация транспортной системы	43
3.4 Организация технического контроля.....	44
3.5 Организация системы инструментообеспечения	44
3.6 Организация системы ремонтного и технического обслуживания	44
3.7 Расчет себестоимости детали.....	45
3.8 Техничко-экономические показатели	49
Заключение	51
Список использованных источников	53
Приложения	54

ВВЕДЕНИЕ

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.

Программное управление позволяет: автоматизировать процесс обработки; сократить время наладки станка, сведя всю наладку к установке инструмента, заготовки и программы на станке; организовать многостаночное обслуживание в серийном и мелкосерийном производстве; повысить производительность труда, культуру производства и качество обработанных деталей.

Основной задачей рациональной эксплуатации металлорежущих станков с ЧПУ является обеспечение длительной и безотказной обработки на них деталей с заданной производительностью, точностью и шероховатостью обработанной поверхности при минимальной стоимости эксплуатации станков. В парке машиностроения страны доля станков с ЧПУ будет непрерывно увеличиваться при одновременном повышении их технического уровня.

В данной работе приведены результаты проектирования технологического процесса механической обработки корпуса муфты кулачковой.

1 Технологическая часть

1.1 Анализ служебного назначения

Муфта предназначена для соединения валов и передачи крутящего момента без изменения его направления. Кулачковая муфта позволяет сцеплять и расцеплять валы при помощи рычага и вилки.

Корпус муфты – базовая деталь муфты кулачковой. В нём монтируются все детали и узлы муфты. Он предназначен для установки подшипников качения (отверстия $\varnothing 120H7$, $\varnothing 130H7$), которые являются опорами деталей передающих крутящие моменты. В нём также монтируется механизм включения муфты, а также он является емкостью для смазочного масла. Корпус защищает все элементы муфты от попадания грязи, пыли и других посторонних предметов.

Корпус изготавливают литым, из углеродистой литейной стали 30Л ГОСТ 977-95 [3, 11].

Таблица 1.1 – Химический состав стали 30Л, %

Массовое содержание, %				
Углерод	Кремний	Марганец	Фосфор	Сера
			Не более	
0,27-0,35	0,2-0,52	0,4-0,9	0,45	0,04

Механические свойства стали 30Л

- 1 временное сопротивление при растяжении – $\sigma_b = 450$ МПа;
- 2 предел текучести – $\sigma_T = 360$ МПа;
- 3 относительное удлинение – $\delta = 23$ %;
- 4 твердость по Бринеллю НВ = 190 Н/мм².

Таблица 1.2 – Физические свойства стали 30Л

Плотность ρ , кг/м ³	Температура плавления $t_{пл}$, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^6$, 1/°С	Удельная теплоемкость при t от 20 до 200°С, Дж	Теплопро- водность λ , Вт/(м·°С)
$7,8 \cdot 10^3$	1400-1500	11,2	115	770

Данный материал обладает высокими временным сопротивлением, относительным удлинением, ударной вязкостью, достаточной износостойкостью при ударных нагрузках.

1.2 Анализ технологичности

Деталь – корпус муфты, представляющая собой литую конструкцию коробчатого сечения со сквозным отверстием, выполненную из стали.

С точки зрения механической обработки форма и расположение посадочных отверстий $\varnothing 120H7$ и $\varnothing 130H7$ удобны для обработки на горизонтально-расточном станке с поворотом стола, но нетехнологичным является выполнение ступеней из-за обработки в упор.

Корпус муфты спроектирован такой конструкции, которая позволяет производить обработку открытых плоских поверхностей торцевыми фрезами на проход.

Повышенную трудоемкость имеет обработка тридцати четырех глухих резьбовых отверстий М8 из-за сложности отвода стружки из зоны резания, а также обработка одного отверстия М16, ось которого расположена под углом 30° к вертикальной плоскости.

В остальном деталь технологична, допускает применение высокопроизводительных режимов резания. Деталь имеет развитую базовую поверхность для надежного базирования корпуса муфты при выполнении точных операций. Обработка посадочных отверстий производится с одной установки, к ним обеспечен свободный доступ инструмента.

Проведем количественную оценку технологичности конструкции детали по следующим показателям [11]

1 Коэффициент использования материала

$$K_m = \frac{m_{дет}}{m_{заг}} = \frac{23}{27,6} = 0,83 > 0,75 \quad (1.1)$$

где $m_{дет}$ - масса готовой детали,
 $m_{заг}$ - масса заготовки.

2 Коэффициент унификации

$$K_y = \frac{K_{одн}}{K_{об}} = \frac{55}{66} = 0,83 > 0,5 \quad (1.2)$$

где $k_{одн}$ - количество однотипных поверхностей,
 $k_{об}$ - общее количество поверхностей.

3 Коэффициент использования стандартного инструмента.

$$K_u = \frac{K_{cu}}{K_{об}} = \frac{16}{16} = 1 > 0,5 \quad (1.3)$$

где K_{cu} - количество стандартного инструмента,
 $K_{об}$ - общее количество инструмента.

4 Коэффициент обрабатываемости.

$$K_{об} = \frac{N_{оп}}{N_{об}} = \frac{59}{66} = 0,89 > 0,5 \quad (1.4)$$

где $N_{оп}$ - количество обрабатываемых поверхностей,
 $N_{об}$ - общее количество поверхностей.

1.3 Анализ технических требований

Деталь представляет собой отливку из стали 30Л ГОСТ 977-95.

Главным условием качественной работы муфты, является точность установки и ориентации валов друг относительно друга.

Поэтому, наиболее жесткие требования предъявляются к отверстиям под подшипники. Точность формы посадочных отверстий $\varnothing 120H7$ и $\varnothing 130H7$ обеспечим обработкой на горизонтально-расточном станке с использованием консольных коротких, жестких оправок. Соосность отверстий $\varnothing 120H7$, $\varnothing 130H7$ достигается обработкой с одной установки.

Перпендикулярность осей отверстий $\varnothing 120H7$ и $\varnothing 130H7$, параллельность оси отверстия $\varnothing 35H8$, параллельность и перпендикулярность торцев корпуса торцу А обеспечивается обработкой данных поверхностей с базированием по этому торцу. То есть, торец А является главной технологической базой.

Точность размеров и шероховатость поверхностей достигается оптимальными режимами резания. Для поверхностей детали с шероховатостью $Ra_{6,3}$, достаточно однократной обработки. Посадочные отверстия с шероховатостью $Ra_{1,6}$ и точностью размера по 7му качеству, необходимо обработать начерно, начисто и тонко.

Допуски на размеры базовых отверстий $\varnothing 22H7$ достигаются дополнительной обработкой – развёртыванием, а точность их расположения получается при обработке по кондуктору.

1.4 Обоснование выбора баз и составление базового маршрута механической обработки корпуса

Составление технологического процесса механической обработки включает в себя:

- выбор черновых, чистовых и промежуточных баз на операциях;
- установка последовательности операций для достижения заданной точности детали;
- подбор оборудования с соответствующими параметрами;
- выбор соответствующего режущего инструмента.

Основным требованием при выборе баз является соблюдение принципов единства и постоянства баз. Это позволяет повысить точность получаемых размеров за счет исключения погрешности базирования.

Наиболее удобной поверхностью под основную технологическую базу, с точки зрения соблюдения принципов единства и постоянства баз, представляется установочная плоскость корпуса А, так как от нее назначены технические требования и большинство конструкторских размеров. Направляющей базой примем два отверстия $\varnothing 22^{+0,018}$, так как они наиболее точные из всех отверстий, расположенных на плоскости А.

На основании эскиза детали (рисунок 1.1) составим маршрут обработки.

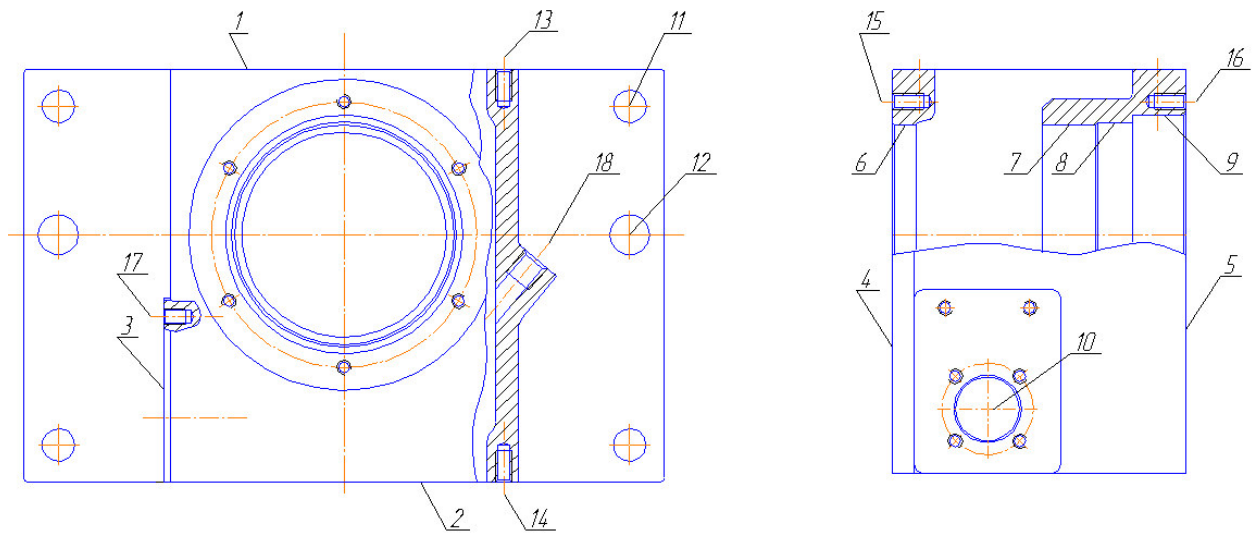


Рисунок 1.1 – Эскиз детали

010 Фрезерная

А Установить заготовку по поверхности 2.

1 Фрезеровать поверхность 4 окончательно.

Б Переустановить заготовку на 180°.

2 Фрезеровать поверхность 5 окончательно.

Станок горизонтально-фрезерный 6Р83, приспособление – зажимное специальное, режущий инструмент – фреза торцевая ГОСТ 9473-90 Ø250 Т15К6.

020 Сверлильная

А Установить заготовку по поверхности 5 и отверстию 9.

1 Сверлить 2 отверстия 12 Ø21^{+0,13}.

2 Зенкеровать 2 отверстия 12 до Ø21,8^{+0,052}.

3 Развернуть 2 отверстия 12 до Ø22^{+0,021} окончательно.

4 Сверлить 4 отверстия 11 Ø18^{+0,11} окончательно.

Станок радиально-сверлильный 2М55, приспособление – зажимное специальное, режущий инструмент – сверла спиральные ГОСТ 10903-97 Ø18, 21; зенкер ГОСТ 12489-91 Ø21,8; развертка ГОСТ 1672-90 Ø22.

030 Фрезерная

А Установить заготовку по поверхности 4 и двум отверстиям 12.

1 Фрезеровать торец 2 окончательно.

Б Переустановить заготовку на 90°.

2 Фрезеровать торец 3 окончательно.

В Переустановить заготовку на 90°.

3 Фрезеровать торец 1 окончательно.

Станок горизонтально-фрезерный 6Р83, приспособление – зажимное специальное, режущий инструмент – фреза торцевая ГОСТ 9473-90 Ø315 Т15К6.

040 Расточная

А Установить заготовку по поверхности 4 и двум отверстиям 12 вертикально.

1 Расточить посадочные отверстия 6, 7 на проход предварительно.

2 Расточить посадочное отверстие 8 окончательно.

3 Расточить посадочное отверстие 9 предварительно.

4 Расточить посадочные отверстия 6, 7 предварительно.

5 Расточить посадочное отверстие 9 предварительно.

6 Расточить посадочные отверстия 6, 7 окончательно.

7 Расточить посадочное отверстие 9 окончательно.

8 Расточить 3 фаски окончательно.

Станок горизонтально-расточной 2М615, приспособление – зажимное специальное, режущий инструмент – резцы расточные ГОСТ 9795-96, Т15К6.

050 Сверлильная

А Установить заготовку по поверхности 4 и двум отверстиям 12 вертикально.

- 1 Сверлить отверстие 10 $\varnothing 34,8^{+0,1}$ предварительно.
- 2 Зенкеровать отверстие 10 до $\varnothing 35^{+0,039}$ окончательно.
- 3 Сверлить 6 отверстий 17 $\varnothing 7,25^{+0,036}$ под резьбу.
- 4 Нарезать в 6ти отверстиях 17 резьбу М8-7Н.

Станок радиально-сверлильный 2М55, приспособление – зажимное специальное и кондукторные плиты, инструмент – сверла спиральные ГОСТ 10902-97 $\varnothing 7,25$, 34,8; метчики ГОСТ 3266-91 М8; зенкер ГОСТ 12489-91 $\varnothing 35$.

060 Сверлильная

А Установить заготовку по поверхности 4 и двум отверстиям 12 вертикально.

- 1 Сверлить 8 отверстий 13 $\varnothing 7,25^{+0,036}$ под резьбу.
- 2 Нарезать в 8ми отверстиях 13 резьбу М8-7Н.
- 3 Сверлить отверстие 18 $\varnothing 15^{+0,043}$ под резьбу с цекованием торца.
- 4 Нарезать в отверсти 18 резьбу М16.

Б Переустановить заготовку на 180° .

- 5 Сверлить 8 отверстий 14 $\varnothing 7,25^{+0,036}$ под резьбу.
- 6 Нарезать в 8ми отверстиях 14 резьбу М8-7Н.

Станок радиально-сверлильный ГС545, приспособление – зажимное специальное и кондукторная плита, инструмент – сверла спиральные ГОСТ 10902-97 $\varnothing 7,25$; метчики ГОСТ 3266-91 М8.

070 Сверлильная

А Установить заготовку по поверхности 4 и двум отверстиям 12.

- 1 Сверлить 6 отверстий 16 $\varnothing 7,25^{+0,036}$ под резьбу.
- 2 Нарезать в 6ти отверстиях 16 резьбу М8-7Н.

Станок радиально-сверлильный 2М55, приспособление – зажимное специальное и кондукторная плита, инструмент – сверла спиральные ГОСТ 10902-97 $\varnothing 7,25$; метчики ГОСТ 3266-91 М8.

080 Сверлильная

А Установить заготовку по поверхности 5 и отверстию 9.

- 1 Сверлить 6 отверстий 15 $\varnothing 7,25^{+0,036}$ под резьбу.
- 2 Нарезать в 6ти отверстиях 15 резьбу М8-7Н.

Станок радиально-сверлильный 2М55, приспособление – зажимное специальное и кондукторная плита, инструмент – сверла спиральные ГОСТ 10902-97 $\varnothing 7,25$; метчики ГОСТ 3266-91 М8.

1.5 Составление маршрута механической обработки с применением станков с ЧПУ

Более 70% изделий в машиностроении изготавливают в условиях мелкосерийного и серийного производства. Эффективным средством автоматизации мелкосерийного и серийного производства является программное управление металлорежущими станками.

В станках с ЧПУ управление рабочими органами в процессе обработки производится автоматически по заранее разработанной программе без непосредственного участия рабочего. Программное управление — это такая система управления, которая обеспечивает автоматическую работу механизмов станка по легко переналаживаемой программе. Станок-автомат работает по программе, задаваемой кулачками или копиями.

Принципиальное отличие станка с числовым программным управлением (ЧПУ) от обычного автомата заключается в задании программы обработки детали в математической (числовой) форме на специальном программноносителе (перфоленте или магнитной ленте). Отсюда и название — числовое управление.

По заданной программе можно управлять: регулированием направления и скорости перемещения исполнительных органов станка, циклом работы станка, сменой инструмента и т. д.

Важной особенностью автоматизации процесса обработки на металлорежущих станках с помощью устройств ЧПУ является сохранение станками широкой универсальности. Это дает возможность производить на них обработку всей номенклатуры деталей, которая может быть произведена на универсальных станках соответствующих типов.

Маршрут обработки корпуса с применением станков с ЧПУ

010 Токарно-фрезерная

А Установить заготовку в шпиндель по отверстию 6 с упором в плоскость 4.

- 1 Подрезать торец 5 окончательно.
- 2 Расточить посадочное отверстие 7 предварительно.
- 3 Расточить посадочное отверстие 8 окончательно.
- 4 Расточить посадочное отверстие 9 предварительно.
- 5 Расточить посадочное отверстие 7 предварительно.
- 6 Расточить посадочное отверстие 9 предварительно.
- 7 Расточить посадочное отверстие 7 окончательно.
- 8 Расточить посадочное отверстие 9 окончательно.
- 9 Расточить 2 фаски окончательно.
- 10 Сверлить 6 отверстий 16 $\varnothing 7,25^{+0,036}$ под резьбу.
- 11 Нарезать в бти отверстиях 16 резьбу М8-7Н.

Б Переустановка заготовки в противошпиндель по отверстию 9 с упором в торец 5.

12 Фрезеровать поверхность 4 окончательно.

13 Расточить посадочное отверстие 6 предварительно.

14 Расточить посадочное отверстие 6 предварительно.

15 Расточить посадочное отверстие 6 окончательно.

16 Расточить фаску окончательно.

17 Сверлить 6 отверстий 15 $\varnothing 7,25^{+0,036}$ под резьбу.

18 Нарезать в 6ти отверстиях 15 резьбу М8-7Н.

19 Сверлить 2 отверстия 12 $\varnothing 21^{+0,13}$.

20 Зенкеровать 2 отверстия 12 до $\varnothing 21,8^{+0,052}$.

21 Развернуть 2 отверстия 12 до $\varnothing 22^{+0,021}$ окончательно.

22 Сверлить 4 отверстия 11 $\varnothing 18^{+0,11}$ окончательно.

Токарный обрабатывающий центр с ЧПУ с противошпинделем HYPERTURN 65 Powermill; инструмент – резец подрезной ГОСТ 18880-93 Т15К6, резец расточной ГОСТ 9795-93 Т15К6, сверло спиральное ГОСТ 10902-90, метчик ГОСТ 3266-81, фреза торцевая ГОСТ 9473-90 $\varnothing 250$ Т15К6, зенкер ГОСТ 12489-91 $\varnothing 21,8$, развертка ГОСТ 1672-90 $\varnothing 22$; приспособление зажимное – оправка разжимная гидравлическая.

20 Фрезерно-сверлильная

А Установить заготовку по поверхности 4 и двум отверстиям 12.

1 Фрезеровать торец 2 окончательно.

2 Сверлить 8 отверстий 14 $\varnothing 7,25^{+0,036}$ под резьбу.

3 Нарезать в 8ми отверстиях 14 резьбу М8-7Н.

Б Поворот стола на 90° .

4 Фрезеровать поверхность 3 окончательно.

5 Сверлить отверстие 10 $\varnothing 34,8^{+0,1}$ предварительно.

6 Зенкеровать отверстие 10 до $\varnothing 35^{+0,039}$ окончательно.

7 Сверлить 6 отверстий 17 $\varnothing 7,25^{+0,036}$ под резьбу.

8 Нарезать в 6ти отверстиях 17 резьбу М8-7Н.

В Поворот стола на 90° .

9 Фрезеровать торец 1 окончательно.

10 Сверлить 8 отверстий 13 $\varnothing 7,25^{+0,036}$ под резьбу.

11 Нарезать в 8ми отверстиях 13 резьбу М8-7Н.

Г Поворот стола на 30° .

12 Сверлить отверстие 18 $\varnothing 15^{+0,043}$ под резьбу с цекованием торца.

13 Нарезать в отверсти 18 резьбу М16.

Горизонтальный фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ DMTG MDH50; инструмент – фреза торцевая ГОСТ 9473-90 $\varnothing 250$ Т15К6, сверло спиральное ГОСТ 10902-90, метчик ГОСТ 3266-81, зенкер ГОСТ 12489-91 $\varnothing 35$, цековка насадная ГОСТ 2255-91; приспособление зажимное – универсальное сборное.

1.6 Экономическое обоснование выбора заготовки

Метод выполнения заготовок для деталей машин определяется назначением и конструкцией детали, материалом, техническими требованиями, масштабом и серийностью выпуска, а также экономичностью изготовления. Выбрать заготовку – значит установить способ ее получения.

Для рационального выбора заготовки необходимо одновременно учитывать все вышеперечисленные исходные данные. Окончательное решение можно принять только после экономического комплексного расчета себестоимости заготовки.

Данная деталь является отливкой II класса точности, II группы сложности, 3ей группы серийности из стали 30Л массой 27,6 кг.

Стальные отливки преимущественно изготавливают литьем в облицованный кокиль и в песчаные формы. Проведем сравнительный экономический анализ этих двух способов.

Стоимость заготовок, получаемых этими способами, можно с достаточной точностью определить по формуле [6]

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_a \cdot k_m \cdot k_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{отх}}{1000} \quad (1.5)$$

где C_i – базовая стоимость 1 тонны заготовки – 65000 руб;

$S_{отх}$ – цена 1 тонны реализуемых отходов – 3000 руб

K_m – коэффициент, зависящий от марки материала, $K_m = 1,22$

Коэффициенты зависящие от класса точности K_T , от группы сложности отливок K_c , массы отливок K_B и объема производства K_n , принимаем [6]

Литье в земляные формы

$K_T = 1$, $K_c = 1,04$; $K_B = 0,83$; $K_n = 1,2$

$Q = 27,6$ кг – масса заготовки, $q = 23$ кг – масса готовой детали

$$S_{заг1} = \left(\frac{65000}{1000} \cdot 27,6 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 0,83 \cdot 1,22 \cdot 1,2 \right) - \left(\frac{27,6 - 23}{1000} \right) \cdot 3000 = 2253,32 \text{ руб}$$

Литье в кокиль

$K_T = 1,05$; $K_c = 1,07$; $K_B = 0,83$; $K_n = 1,2$;

$Q = 26,2$ кг; $q = 23$ кг.

$$S_{заг2} = \left(\frac{65000}{1000} \cdot 26,2 \cdot 1,05 \cdot 1,07 \cdot 0,83 \cdot 1,22 \cdot 1,2 \right) - \left(\frac{26,2 - 23}{1000} \right) \cdot 3000 = 2315,32 \text{ руб}$$

При сравнении этих способов получения заготовки видно, что литье в песчаные земляные формы дешевле, чем литье в кокиль.

Литейные стали имеют плохие литейные свойства: пониженную жидкотекучесть, значительную усадку (до 2,5%), что приводит к образованию усадочных раковин и пористости в отливках, поэтому для предупреждения трещин. Возникающих из-за неравномерной усадки, формы

изготавливают из податливых формовочных смесей. Высокая температура заливки (1550-1650 °С) требует применения формовочных и стержневых смесей с высокой огнеупорностью. Литниковые системы для массивных отливок выполняют снизу (сифоном). Из-за низкой жидкотекучести стали площадь сечения питателей литниковой системы выполняют в 1,5-2 раза больше, чем при литье чугуна.

Экономия на одну деталь составит 62 руб,
на годовой выпуск – 7440 руб.

1.7 Расчет и назначение припусков

Припуск - слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности детали.

Припуск на обработку поверхностей детали может быть назначен по соответствующим справочным таблицам, ГОСТам или на основе расчетно-аналитического метода определения припусков.

Для наиболее важных поверхностей данной детали (посадочное отверстие $\varnothing 120^{+0,035}$ и установочная плоскость) припуски рассчитаем по формулам.

1 Обработка посадочного отверстия $\varnothing 120^{+0,035}$.

Данное отверстие растачивается до шероховатости $Rz = 1,6$ мкм с выдерживанием точности размера по седьмому качеству. Для достижения такой точности выполним три перехода: черновой, чистовой и тонкий без переустановки.

При обработке внутренних цилиндрических поверхностей формула для расчета минимального припуска имеет вид [6]

$$2Z_{\min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (1.6)$$

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 второго класса точности с размерами не более 1250 мм, составляет 700 мкм. После первого технологического перехода $Rz = 50$ мкм, $T = 50$ мкм, после второго – по 30 мкм.

Черновую обработку производим при установке по чистой базе. В этом случае величина суммарного отклонения расположения поверхности равна величине коробления детали и величине смещения обрабатываемой поверхности.

$$\rho_d = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2} \quad (1.7)$$

Коробление учитывается как в радиальном, так и в осевом направлении.

$$\rho_{кор} = \sqrt{(\Delta_k \cdot d)^2 + (\Delta_k \cdot l)^2} \quad (1.8)$$

Удельная кривизна для литых заготовок $\Delta_k = 1$ мкм. Диаметр отверстия $d = 120$ мм, длина $l = 80$ мм.

$$\rho_{кор} = \sqrt{(1 \cdot 120)^2 + (1 \cdot 80)^2} = 145 \text{ мкм}$$

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

$$\rho_{см} = \sqrt{\left(\frac{\delta_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_2}{2}\right)^2} \quad (1.9)$$

Допуски на размеры по второму классу точности отливки для размеров 156 мм и 110 мм составляют по 1600 мкм.

$$\rho_{см} = \sqrt{\left(\frac{1600}{2}\right)^2 + \left(\frac{1600}{2}\right)^2} = 1131 \text{ мкм}$$

$$\rho_d = \sqrt{145^2 + 1131^2} = 1140 \text{ мкм}$$

На последующих переходах ρ определяется через коэффициент уточнения, который равен: после черного точения 0,06; после чистового – 0,04.

Погрешность установки

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \quad (1.10)$$

где ε_6 – погрешность базирования; ε_3 – погрешность закрепления.

При обработке рассматриваемого отверстия заготовка устанавливается на плоскость А, которая лишает ее трех степеней свободы. Направляющую базу представляют два установочных пальца, лишаящие заготовку оставшихся трех степеней свободы.

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

Наибольший зазор можно определить

$$S_{\max} = \delta_A + \delta_B + S_{\min} \quad (1.11)$$

где δ_A – допуск на отверстие, 21 мкм; δ_B – допуск на диаметр пальца, 21 мкм; S_{\min} – минимальный зазор, 10 мкм.

Отсюда $S_{\max} = 52$ мкм.

Тогда наибольший угол поворота заготовки на пальцах может быть найден из отношения наибольшего зазора при повороте в одну сторону от среднего положения, к расстоянию между базовыми отверстиями:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{\max}}{l} = \frac{0,052}{312} = 0,00017 \quad (1.12)$$

Погрешность базирования обрабатываемого отверстия в зависимости от расстояния его до установочного пальца – 156 мм:

$$\varepsilon_6 = 156 \cdot 0,00017 = 26 \text{ мкм.}$$

Погрешность закрепления пневматическим зажимом при установке на опорные пластинки приспособления по чистой базе $\varepsilon_3 = 100$ мкм.

$$\varepsilon_1 = \sqrt{26^2 + 100^2} = 104 \text{ мкм}$$

Чистовой и тонкий переходы выполняются без переустановки, поэтому погрешность базирования будет равна нулю.

Расчетные размеры получаем вычитанием из размера по чертежу значение припуска на тонкое растачивание и т.д.

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.

Результаты вычислений сведем в таблицу 1.3.

2 Установочная плоскость

Конструкторский размер 160_{0,6}.

Обработка ведется в один переход – черновой.

Припуски на обработку плоскости можно рассчитать по формуле [6]

$$Z_{\min} = Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i \quad (1.13)$$

Значения Rz и T те же.

Суммарное значение пространственных отклонений для обработки плоскости с упором в противоположную

$$\rho = \rho_{\text{кор}} = \Delta_k \cdot L \quad (1.14)$$

Удельная кривизна для литых заготовок $\Delta_k = 1$ мкм. Длина плоскости $L = 350$ мм. Отсюда $\rho_{\text{кор}} = 350$ мкм.

Погрешность установки (1.10).

Погрешность базирования при упоре в противоположную плоскость равна неплоскостности базы, $\varepsilon_6 = 250$ мкм.

Погрешность закрепления механическим зажимом литой заготовки при установке на опорные пластинки приспособления по черной базе, $\varepsilon_3 = 200$ мкм.

$$\varepsilon_1 = \sqrt{250^2 + 200^2} = 320 \text{ мкм}$$

Результаты расчетов сведем в таблицу 1.4.

На все остальные обрабатываемые поверхности припуски назначим (таблица 1.5) [3]

Таблица 1.5 – Назначение припусков

Элементарная поверхность		Технологический переход	Припуск на сторону, мм		Межопереходный р-р с полем допуска
номер	Размер по чертежу, мм		Расчетный	Принятый	
1, 2 - торцы	220 _{-0,7}	1 черновое фрезерование		2·2	224 ^{+2,0}
3 - плоскость	3,5 _{-0,5}	1 черновое фрезерование		2	5,5 ^{+0,8}
4, 5 - торцы	160 _{-0,6}	1 черновое фрезерование	2·1,37	2·2	164 ^{+1,8}
6, 7 - отверстия	∅120 ^{+0,035}	1 черновое растачивание 2 чистовое растачивание 3 тонкое растачивание	1,8·2 0,17·2 0,11·2	2·2 0,18·2 0,12·2	∅117,4 _{-1,6} ∅119,4 ^{+0,14} _{-0,08} ∅119,76 ^{+0,057} _{-0,03}
8 - отверстие	∅122 ^{+0,4}	1 черновое растачивание		2,3·2	∅117,4 _{-1,6}
9 - отверстие	∅130 ^{+0,04}	1 черновое растачивание 2 чистовое растачивание 3 тонкое растачивание		2·2 0,18·2 0,12·2	∅127,4 _{-1,8} ∅129,4 ^{+0,16} _{-0,09} ∅129,76 ^{+0,06} _{-0,04}
10 - отверстие	∅35 ^{+0,039}	1 сверление 2 развертывание		17,4·2 0,1·2	--- ∅34,8 ^{+0,1}

1.8 Расчет режимов резания

При назначении режимов резания учитывают характер обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки, тип и состояние оборудования.

Произведем расчет режимов резания для тех же поверхностей – посадочное отверстие $\varnothing 120$ мм и установочная плоскость.

1 Посадочное отверстие $\varnothing 120$ мм.

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

Черновое растачивание.

Глубина резания по таблице 1.3 $t = 2$ мм.

Подача при черновом растачивании принимается максимально допустимой по мощности оборудования, прочности режущей пластины и т.д. Обработка ведется расточным резцом с пластиной из твердого сплава.

По таблице 12 [14] $S = 0,4$ мм/об.

Скорость резания при растачивании рассчитывают по формуле

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V \cdot 0,9 \quad (1.15)$$

где значения коэффициента C_V и показателей степени берутся из таблицы 17 [14] $C_V = 340$; $x = 0,15$; $y = 0,45$; $m = 0,2$;

K_V - общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания, равен

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ} \quad (1.16)$$

где K_{MV} - коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала, по таблице 1 [14] для стали с $\sigma_b = 450$ МПа

$$K_{MV} = K_z \left(\frac{750}{\sigma_b} \right)^{n_V} = 1 \cdot \left(\frac{750}{450} \right)^{1,75} = 2,03 \quad (1.17)$$

$K_{ПВ}$ - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки, по таблице 5 [14] при обработке по корке - $K_{ПВ} = 0,8$; без корки - $K_{ПВ} = 1$.

$K_{ИВ}$ - коэффициент, учитывающий материал инструмента, по таблице 6 [14] для пластин из твердого сплава Т15К6 - $K_{ИВ} = 1$;

$$K_V = 2,03 \cdot 0,8 \cdot 1 = 1,62$$

T – среднее значение стойкости, при одноинструментальной обработке $T = 60$ мин;

0,9 - поправочный коэффициент на растачивание.

$$V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,4^{0,45}} \cdot 1,62 \cdot 0,9 = 126 \text{ м/мин}$$

Частота вращения определяется по формуле

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 126}{3,14 \cdot 120} = 334 \text{ об/мин} \quad (1.18)$$

Примем – 315 об/мин.

Уточним скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 120 \cdot 315}{1000} = 100 \text{ м/мин} \quad (1.19)$$

Сила резания рассчитывается по формуле

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (1.20)$$

где постоянная C_p и показатели степени возьмем из таблицы 22 [14]
 $C_p = 300$; $x = 1$; $y = 0,75$; $n = -0,15$.

K_p – поправочный коэффициент, учитывает фактические условия резания.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (1.21)$$

где K_{mp} – учитывает влияние качества обрабатываемого материала, для стали 30Л по таблице 9 [14]

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n = \left(\frac{450}{750} \right)^{0,75} = 0,74 \quad (1.22)$$

$K_{\varphi p}$ – учитывает влияние главного угла в плане, при $\varphi = 30^\circ$ $K_{\varphi p} = 1,08$;

$K_{\gamma p}$ – учитывает влияние переднего угла, при $\gamma = 0^\circ$ $K_{\gamma p} = 1,1$;

$K_{\lambda p}$ – учитывает влияние угла наклона главного лезвия, при $\lambda = 0$

$K_{\lambda p} = 1$;

K_{rp} – учитывает влияние радиуса при вершине, при $r = 1$ мм

$K_{rp} = 0,93$.

После подстановки получаем $K_p = 0,82$.

Сила резания

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 100^{-0,15} \cdot 0,82 = 1129 \text{ Н}$$

Мощность резания рассчитывают по формуле

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1129 \cdot 100}{1020 \cdot 60} = 2,2 \text{ кВт} \quad (1.23)$$

Мощность принятого нами универсального станка 4,5 кВт, токарного центра – 29 кВт.

Чистовое растачивание.

Глубина резания по таблице 1.3 $t = 0,18$ мм.

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

Расчеты производим по тем же формулам.

Скорость резания (1.15)

$$V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 0,18^{0,15} \cdot 0,2^{0,45}} \cdot 2,03 \cdot 0,9 = 171 \text{ м/мин}$$

Частота вращения (1.18)

$$n = \frac{1000 \cdot 171}{3,14 \cdot 120} = 454 \text{ об/мин}$$

Примем – 400 об/мин.

Уточним скорость резания (1.19)

$$V = \frac{3,14 \cdot 120 \cdot 400}{1000} = 125 \text{ м/мин}$$

Сила резания (1.20)

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,18^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 125^{-0,15} \cdot 0,82 = 120 \text{ Н}$$

Мощность резания (1.23)

$$N_e = \frac{120 \cdot 125}{1020 \cdot 60} = 0,3 \text{ кВт}$$

Тонкое растачивание.

Глубина резания по таблице 1.3 $t = 0,12$ мм.

Подача при тонком растачивании по таблице 19 [14] при $Ra = 1,6$ мкм, $S = 0,1$ мм/об.

Скорость резания находим по той же таблице $V = 250$ м/мин.

Частота вращения (1.18)

$$n = \frac{1000 \cdot 250}{3,14 \cdot 120} = 663 \text{ об/мин}$$

Примем – 630 об/мин.

Уточним скорость резания (1.19)

$$V = \frac{3,14 \cdot 120 \cdot 630}{1000} = 200 \text{ м/мин}$$

Сила резания (1.20)

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,12^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 200^{-0,15} \cdot 0,82 = 19 \text{ Н}$$

Мощность резания (1.23)

$$N_e = \frac{19 \cdot 200}{1020 \cdot 60} = 0,1 \text{ кВт}$$

2 Фрезерование установочной плоскости.

Обработка ведется в один переход – черновой.

Режущий инструмент – торцевая фреза $\varnothing 250$ с числом зубьев $z = 24$.

Черновое фрезерование.

Глубина резания по таблице 1.4 $t = 2$ мм.

Подача на один зуб фрезы по таблице 33 [14] для торцевых фрез с пластинами из твердого сплава $S_z = 0,12$ мм.

Скорость резания – окружная скорость фрезы определяется по формуле

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} K_v \quad (1.24)$$

Значение коэффициента C_v и показателей степени возьмем из таблицы 39 [14], $C_v = 332$; $q = 0,2$; $x = 0,1$; $y = 0,4$; $u = 0,2$; $p = 0$; $m = 0,2$.

$K_v = 1,62$ – общий поправочный коэффициент на скорость резания (1.16)

период стойкости $T = 240$ мин; ширина фрезерования $B = 220$ мм.

$$V = \frac{332 \cdot 250^{0,2}}{240^{0,2} \cdot 2^{0,1} \cdot 0,12^{0,4} \cdot 220^{0,2} \cdot 24^0} 1,62 = 199 \text{ м/мин}$$

Частота вращения (1.17)

$$n = \frac{1000 \cdot 199}{3,14 \cdot 250} = 254 \text{ об/мин}$$

Примем - 250 об/мин.

Уточним скорость резания (1.18)

$$V = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 250}{1000} = 200 \text{ м/мин}$$

Сила резания – окружная сила

$$P_z = \frac{10 C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} K_{MP} \quad (1.25)$$

Значения C_p и показателей степени примем по таблице 41 [14]

$C_p = 825$; $x = 1$; $y = 0,75$; $u = 1,1$; $q = 1,3$; $w = 0,2$;

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n = \left(\frac{450}{750} \right)^{0,75} = 0,74 \quad \text{– по таблице 9 [14].}$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 2^1 \cdot 0,12^{0,75} \cdot 220^{1,1} \cdot 24}{250^{1,3} \cdot 250^{0,2}} \cdot 0,74 = 1440 \text{ Н}$$

Крутящий момент на шпинделе

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{1440 \cdot 250}{2 \cdot 100} = 1800 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (1.26)$$

Мощность резания (1.21)

$$N_e = \frac{1440 \cdot 200}{1020 \cdot 60} = 4,7 \text{ кВт}$$

Мощность принятого нами универсального станка 11 кВт, обрабатывающего центра – 29 кВт.

На остальные операции режимы резания назначим по справочнику [12] и оформим в виде таблицы 1.6.

Таблица 1.6 – Режимы резания

Вид обработки	t, мм	S, мм/об	V, мм/мин	n, об/мин	P _z , Н	N _e , кВт
Фрезерование черновое	2	2,88	200	250	1440	4,7
Сверление Ø18	9	0,35	10	200	1800	0,3
Сверление Ø21,2	10,6	0,4	10	160	1843	0,3
Зенкерование Ø21,8	0,3	0,8	25	315	254	0,1
Развертывание Ø22	0,1	1	20	400	280	0,09
Растачивание черновое	2	0,4	100	315	1129	2,2
Растачивание чистовое	0,18	0,2	125	400	120	0,3
Растачивание тонкое	0,12	0,1	200	630	19	0,1
Сверление Ø7,25	3,625	0,22	12,5	500	1620	0,33
Нарезание М8	0,375	1	5	200	107	0,03
Сверление Ø34,8	17,4	0,48	12,5	100	2145	0,44
Зенкерование Ø35	0,1	0,8	25	250	254	0,1
Сверление Ø15	7,5	0,31	10	200	1820	0,3
Нарезание М16	1	1	4	80	232	0,1

1.9 Расчет норм времени

Структуру нормы штучного времени можно представить следующей формулой [13]

$$T_{шт} = t_o + t_b + t_{тех} + t_{орг} + t_{отд} \quad (1.27)$$

где t_o - основное (технологическое) время, затрачиваемое на достижение цели данной технологической операции; t_b - вспомогательное

время, на осуществление действий, создающих возможность выполнения основной работы; $t_{\text{тех}}$, $t_{\text{орг}}$ - время, соответственно, технического и организационного обслуживания рабочего места; $t_{\text{отд}}$ - время на отдых и личные потребности.

Суммарное значение основного и вспомогательного времени составляет оперативное время

$$T_{\text{оп}} = t_o + t_v \quad (1.28)$$

$t_{\text{тех}}$, $t_{\text{орг}}$ и $t_{\text{отд}}$ берут укрупнено, в процентах от оперативного времени.

Основное время рассчитывают, как отношение длины обработки к скорости обработки.

Вспомогательное время включает в себя время на установку-снятие детали со станка, время управления станком, время холостых ходов и время на смену инструмента при многоинструментальной обработке.

Пронормируем операцию растачивания посадочных отверстий.

Данная операция содержит 8 технологических переходов:

- 1 Растачивание черновое $\varnothing 120$.

Основное время при растачивании рассчитывается по формуле

$$t_o = \frac{L}{S \cdot n} \quad (1.29)$$

где L – длина обработки, состоящая из фактической длины резания плюс врезание и перебег.

Длина отверстия 78 мм. Обработка ведется на проход. При растачивании врезание равно перебегу и составляет по 5 мм.

Длина обработки $L = 78 + 5 + 5 = 88$ мм.

Подачу и частоту вращения шпинделя берем из режимов резания.

$$t_o = \frac{88}{0,4 \cdot 315} = 0,72 \text{ мин}$$

- 2 Растачивание $\varnothing 122$

$$t_o = \frac{53}{0,4 \cdot 315} = 0,43 \text{ мин}$$

- 3 Растачивание черновое $\varnothing 130$

$$t_o = \frac{34}{0,4 \cdot 315} = 0,28 \text{ мин}$$

- 4 Растачивание чистовое $\varnothing 120$

$$t_o = \frac{40}{0,2 \cdot 400} = 0,5 \text{ мин}$$

- 5 Растачивание чистовое $\varnothing 130$

$$t_o = \frac{34}{0,2 \cdot 400} = 0,43 \text{ мин}$$

6 Растачивание тонкое $\varnothing 120$

$$t_o = \frac{40}{0,1 \cdot 630} = 0,64 \text{ мин}$$

7 Растачивание тонкое $\varnothing 130$

$$t_o = \frac{34}{0,1 \cdot 630} = 0,54 \text{ мин}$$

8 Растачивание 3 фасок

$$t_o = \frac{6}{0,5 \cdot 315} \cdot 3 = 0,12 \text{ мин}$$

Основное время всей операции

$$t_o = 0,72 + 0,43 + 0,28 + 0,5 + 0,43 + 0,64 + 0,54 + 0,12 = 3,66 \text{ мин}$$

Вспомогательное время берется по справочным таблицам с учетом условий производства, оборудования, массы и габаритов заготовки и др.

По справочнику [5]

- 1 время на установку и снятие детали со станка 0,46 мин;
- 2 время на закрепление и открепление детали 0,36 мин;
- 3 время на подвод-отвод инструмента 0,85 мин;
- 4 время на управление станком 1,58 мин.

Вспомогательное время на операции

$$t_b = 0,46 + 0,36 + 0,85 + 1,58 = 3,25 \text{ мин.}$$

Оперативное время

$$T_{оп} = 3,66 + 3,25 = 6,91 \text{ мин.}$$

Укрупненно для расточных станков [7, 5]

$$t_{тех} = 3\% T_{оп} = 0,03 \cdot 6,91 = 0,21 \text{ мин;}$$

$$t_{орг} = 1,5\% T_{оп} = 0,015 \cdot 6,91 = 0,11 \text{ мин;}$$

$$t_{отд} = 6\% T_{оп} = 0,06 \cdot 6,91 = 0,42 \text{ мин.}$$

(1.30)

$$T_{шт} = 6,91 + 0,21 + 0,11 + 0,42 = 7,65 \text{ мин.}$$

Для условий серийного производства необходимо рассчитать штучно-калькуляционное время

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п.з.}}{n} + T_{шт} \quad (1.31)$$

где подготовительно-заключительное время при работе на расточных станках $T_{п.з.} = 26$ мин; n – количество деталей в настроечной партии – 120 шт.

$$\text{То есть } T_{ш-к} = \frac{26}{120} + 7,65 = 0,22 + 7,65 = 7,87 \text{ мин}$$

На остальные операции нормы времени рассчитываем аналогично и результаты вычислений сведем в таблицы 1.7, 1.8.

Таблица 1.7 – Нормы времени на универсальном оборудовании

Операция	t _о	t _в	T _{оп}	t _{тех}	t _{орг}	t _{отд}	T _{шт}	T _{шт/к}
10 Фрезерная								
1 фрезерование торца А	0,76	2,86	4,16	0,08	0,04	0,13	4,41	4,56
2 фрезерование торца 5	0,54							
20 Сверлильная								
1 сверление Ø18	0,74	2,33	4,95	0,13	0,07	0,24	5,39	5,57
2 сверление Ø21,2	1,28							
3 зенкерование Ø21,8	0,36							
4 развертывание Ø22	0,24							
30 Фрезерная								
1 фрезерование торца 1	0,56	3,19	4,73	0,09	0,05	0,14	5,01	5,16
2 фрезерование торца 2	0,56							
3 фрезерование торца 3	0,42							
40 Расточная								
1 растачивание черновое	0,72	3,25	6,91	0,21	0,11	0,42	7,65	7,87
2 растачивание черновое	0,43							
3 растачивание черновое	0,28							
4 растачивание чистовое	0,5							
5 растачивание чистовое	0,43							
6 растачивание тонкое	0,64							
7 растачивание тонкое	0,54							
8 растачивание фасок	0,12							
50 Сверлильная								
1 сверление Ø35	0,62	2,16	3,69	0,09	0,06	0,15	3,99	4,17
2 зенкерование Ø35	0,16							
3 сверление Ø7,25	0,23							
4 нарезание М8	0,08							
60 Сверлильная								
1 сверление Ø7,25	1,92	3,02	8,78	0,23	0,14	0,44	9,59	9,77
2 нарезание М8	0,96							
3 сверление Ø15	0,35							
4 нарезание М16	0,09							
5 сверление Ø7,25	1,92							
6 нарезание М8	0,96							
70 Сверлильная								
1 сверление Ø7,25	1,26	2,38	4,24	0,11	0,07	0,21	4,63	4,81
2 нарезание М8	0,6							
80 Сверлильная								
1 сверление Ø7,25	1,26	2,38	4,24	0,11	0,07	0,21	4,63	4,81
2 нарезание М8	0,6							

Таблица 1.8 – Нормы времени на станках с ЧПУ

Операция	t_o	t_b	$T_{оп}$	$t_{тех}$	$t_{орг}$	$t_{отд}$	$T_{шт}$	$T_{шт/к}$
10 Токарно-фрезерная								
1 точение торца 5	0,32							
2 растачивание черновое	0,72							
3 растачивание черновое	0,43							
4 растачивание черновое	0,28							
5 растачивание чистовое	0,5							
6 растачивание чистовое	0,43							
7 растачивание тонкое	0,64	1,87						
8 растачивание тонкое	0,54							
9 растачивание фасок	0,08							
10 сверление $\varnothing 7,25$	1,26							
11 нарезание М8	0,6							
Переустановка заготовки		0,02	16,37	0,21	0,12	0,43	17,13	17,67
12 фрезерование торца 4	0,76							
13 растачивание черновое	0,26							
14 растачивание чистовое	0,42							
15 растачивание тонкое	0,53							
16 растачивание фаски	0,04	2,19						
17 сверление $\varnothing 7,25$	1,26							
18 нарезание М8	0,6							
19 сверление $\varnothing 18$	0,74							
20 сверление $\varnothing 21,2$	1,28							
21 зенкерование $\varnothing 21,8$	0,36							
22 развертывание $\varnothing 22$	0,24							
20 Фрезерно-сверлильная								
1 фрезерование торца 2	0,56							
2 сверление $\varnothing 7,25$	1,92	1,27						
3 нарезание М8	0,96							
Поворот стола		0,1						
4 фрезерование торца 3	0,42							
5 сверление $\varnothing 35$	0,62							
6 зенкерование $\varnothing 35$	0,16	1,58						
7 сверление $\varnothing 7,25$	0,23							
8 нарезание М8	0,08		14,08	0,19	0,11	0,39	14,77	15,35
Поворот стола		0,1						
9 фрезерование торца 1	0,56							
10 сверление $\varnothing 7,25$	1,92	1,27						
11 нарезание М8	0,96							
Поворот стола		0,1						
12 сверление $\varnothing 15$	0,35							
13 нарезание М16	0,09	0,83						

1.10 Выбор оборудования

Проанализировав полученные данные, примем для обработки нашей детали следующее оборудование

для операций 10 и 30 – один станок 6P83 с $T_{шт-к} = 9,72$ мин;

для операций 20, 50, 70 и 80 – один станок 2M55 с $T_{шт-к} = 19,36$ мин;

для операции 40 – один станок 2M615 с $T_{шт-к} = 7,87$ мин;

для операции 60 – один станок ГС545 с $T_{шт-к} = 9,77$ мин.

Время обработки программы деталей определим по формуле

$$T_N = \frac{T_{шт.маx} \cdot N}{F_d \cdot 60} = \frac{19,36 \cdot 120}{4029 \cdot 60} = 0,00961 \text{ года} \quad (1.32)$$

где $T_{шт.маx}$ –наибольшая продолжительность операции, мин,

N – годовая программа выпуска деталей, 120 шт,

F_d – годовой действительный фонд времени работы оборудования, 4029 ч.

При обработке на станках с ЧПУ

$$T_N = \frac{T_{шт.маx} \cdot N}{F_d \cdot 60} = \frac{17,67 \cdot 120}{4029 \cdot 60} = 0,00877 \text{ года}$$

Так как оборудование с ЧПУ значительно сложнее универсального, приведем его некоторые характеристики (таблица 1.9) [15].

Таблица 1.9 – Характеристики оборудования с ЧПУ

Характеристики	Токарный обрабатывающий центр с ЧПУ с противопинделем HYPERTURN 65 Powermill	Горизонтальный фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ DMTG MDH50
Параметры рабочей зоны, мм	max Ø обработки – 500 max длина обработки – 1050	размер стола 500x500
Шпиндель	посадка A2-8	конус BT-50
Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин	5000	8000
Мощность шпинделя, кВт	29	18,5
Кол-во инструментов	12	40
Время смены инструмента, сек	0,5	2
Система ЧПУ	Fanuc 21i-T	Fanuc 31i-MB



Рисунок 1.2 – Токарный обрабатывающий центр с ЧПУ с противопинделем HYPERTURN 65 Powermill

Многоцелевые обрабатывающие центры HYPERTURN (рисунок 1.2) нового поколения предназначены для комплексной обработки сложных деталей с максимальной производительностью.

Центры HYPERTURN выпускаются различной компоновки – с двумя, тремя револьверными головками и с поворотным фрезерным шпинделем мощностью до 30 кВт, частотой вращения до 12000 об/мин и углом поворота до 220°.



Рисунок 1.3 – Горизонтальный фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ DMTG MDH50

Горизонтальные фрезерные обрабатывающие центры DMTG предназначены для фрезерования, сверления и растачивания заготовок любых форм и из любых материалов.

Высокоскоростной инструментальный магазин (рисунок 1.4) с синхронной заменой инструмента, позволяет значительно сократить время смены.



Рисунок 1.4 – Инструментальный магазин

2 Конструкторская часть

2.1 Проектирование расточного приспособления

Назначение зажимных механизмов станочных приспособлений состоит в надежном закреплении, предупреждающем вибраций и смещения заготовки относительно опор приспособления при обработке.

2.1.1 Техническое задание на проектирование расточного приспособления

Наиболее важными поверхностями корпуса являются посадочное отверстие и установочная плоскость. На их взаимное расположение назначен допуск перпендикулярности.

Необходимо спроектировать зажимное приспособление для установки заготовки на технологической операции – расточка посадочных отверстий на горизонтально-расточном станке. Базирование производится по установочной плоскости и двум пальцам. Базовая поверхность обработанная и имеет отверстия под пальцы.

2.1.2 Расчет необходимой силы закрепления

Заготовка устанавливается в вертикальной плоскости основанием на опорные пластинки приспособления 7, лишаящие ее трех степеней свободы и являющиеся главной технологической базой. В качестве направляющей и упорной баз служат два установочных пальца 4, 8. Силовое замыкание производится двумя прихватами 11 с пневмоприводами 1.

Так как заготовка устанавливается на вертикальную плоскость, сложно осуществить зажим при помощи механических устройств. Поэтому используем пневмоприводы, что в серийном производстве допустимо.

Зажимное приспособление должно предотвратить поворот заготовки вокруг оси обрабатываемого отверстия под действием силы резания. Рассмотрим самый не благоприятный момент – черновое растачивание посадочного отверстия. Наличием пальцев пренебрежем.

Рассчитаем необходимую силу зажима, предотвращающие поворот заготовки.

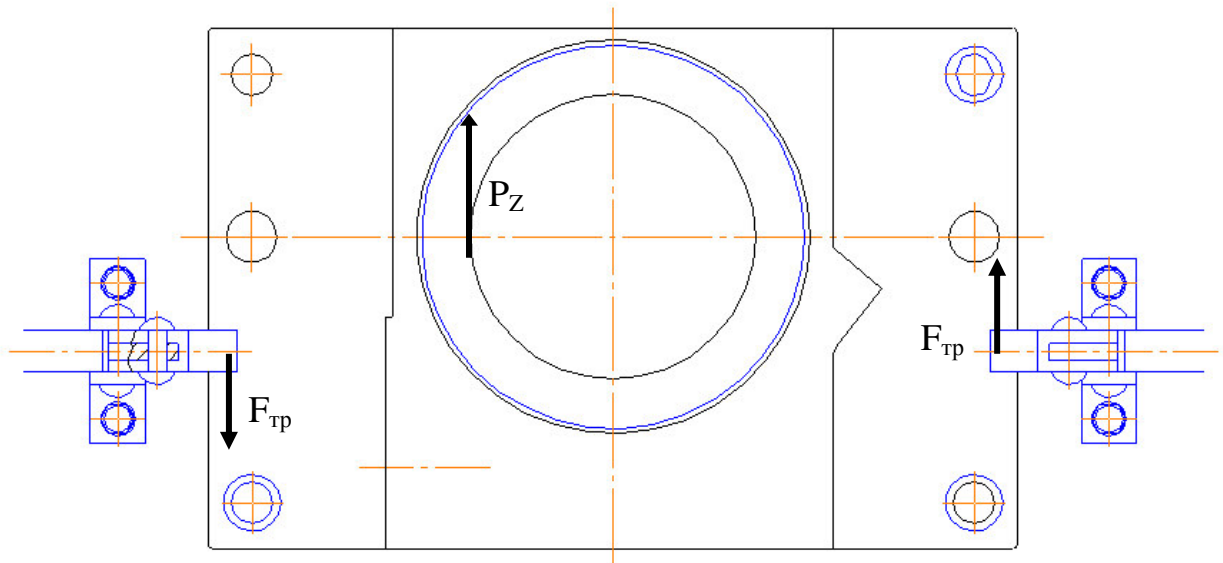


Рисунок 2.1 – Схема приспособления

По схеме приспособления (рисунок 2.1), составим уравнение равновесия моментов, относительно оси заготовки O.

$$\sum M_O = P_Z \cdot R_{обр} - 2F_{тр.n} \cdot L = 0 \quad (2.1)$$

где P_Z – тангенциальная составляющая силы резания, Н.

по таблице 1.6 $P_Z = 1129$ Н – при черновом растачивании.

$R_{обр}$ – радиус обработки – 60 мм.

$F_{тр}$ – сила трения прихвата о заготовку

$$F_{тр} = Q \cdot k_{тр} \quad (2.2)$$

$k_{тр} = 0,16$ – коэффициент трения сталь по стали;

Q – сила закрепления;

L – расстояние от центра заготовки до прихватов – 180 мм.

После подстановки получим

$$1129 \cdot 60 = 2Q \cdot 0,16 \cdot 180,$$

$$Q = 1176 \text{ Н.}$$

2.1.3 Расчет силы привода

Силовой расчет сводится к определению силы привода, как функции от силы закрепления $P_{пр} = f(Q)$.

Прихват (рисунок 2.2) представляет собой рычаг с осью вращения, в одной точке которого приложена сила привода, а в другой – развивается необходимая сила закрепления.

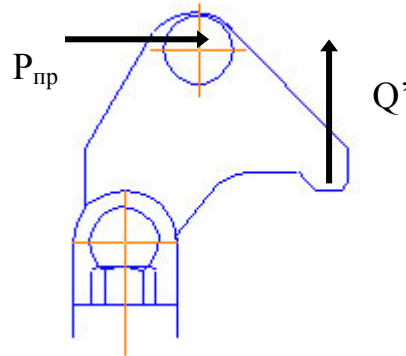


Рисунок 2.2 – Схема прихвата

Силу привода определим из условия равновесия этого рычага, то есть сумма моментов относительно оси вращения рычага должна быть равна нулю.

$$(2.3) \quad Q' \cdot L_1 - P_{пр} \cdot L_2 = 0$$

где Q' - сила действия заготовки на прихват, равна по модулю силе действия прихвата, 1176 Н.

L_1, L_2 - плечи соответствующих сил;

Отсюда можно выразить и определить силу привода

$$P_{пр} = Q' \cdot \frac{L_1}{L_2} = 1176 \text{ Н} \quad (2.4)$$

так как в нашем приспособлении плечи рычага равны.

2.1.4 Расчет силового привода

В качестве силового привода в данном зажимном приспособлении используем пневмопривод, соединенный с прихватом вилкой, который должен действовать на прихват с силой $P_{пр}$ не менее 1176 Н.

Сила действия штока преобразуется из силы давления подаваемого воздуха через следующее соотношение

$$P_{шт} = P_{сж} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \eta \quad (2.5)$$

где $P_{сж} = 4$ атм - давление сжатого воздуха, подаваемого в штоковую камеру;

D - диаметр штока пневмоцилиндра;

$\eta = 0,95$ - коэффициент полезного действия пневмопривода.

Выразим диаметр пневмоцилиндра

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{шт}}{\pi \cdot P_{сж} \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1176}{3,14 \cdot 4 \cdot 0,95}} = 35 \text{ мм} \quad (2.6)$$

Для обеспечения большей надежности приспособления, примем цилиндр с диаметром поршня $D = 50$ мм.

2.1.5 Расчет зажимного приспособления на точность

Проведем расчет зажимного приспособления на точность. Чтобы определить точность приспособления для выдерживаемого на операции параметра, необходимо суммировать все погрешности, влияющие на точность этого параметра. Распределение большинства погрешностей, составляющих суммарную, подчиняется закону нормального распределения и поэтому при расчетах можно воспользоваться уравнением [7]

$$E_{пр} = [T \cdot K_T \cdot [(K_{T1} \cdot \varepsilon_0)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_n^2 + [(K_{T2} \cdot W)^2]]^{0,5} \quad (2.7)$$

где $T = 50$ мкм - допуск перпендикулярности оси обрабатываемого отверстия относительно установочной плоскости;

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

$K_{T1} = 0,6$ - коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках;

$K_{T2} = 0,7$ - коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами, независимыми от приспособления;

W - экономическая точность обработки;
 ε_6 - погрешность базирования заготовки в приспособлении;
 ε_3 - погрешность закрепления заготовки, возникающая в результате действия сил зажима;
 ε_y - погрешность установки приспособления на станке;
 ε_n - погрешность положения заготовки, возникающая в результате изнашивания элементов приспособления;
 ε_n - погрешность от перекоса инструмента.

Погрешность базирования на пальцы по пункту 1.7 $\varepsilon_6 = 26$ мкм.

Для рассматриваемого случая $\varepsilon_3 = 0$, так как зажим происходит вдоль оси обрабатываемого отверстия и на перпендикулярность влияния не оказывает.

В приспособлении осуществляется надежный контакт установочной плоскости приспособления с плоскостью стола станка, поэтому $\varepsilon_y = 0$.

$$\varepsilon_n = B_2 \cdot N \quad (2.8)$$

где $B_2 = 0,002$ - постоянная, зависящая от вида установочных элементов и условий контакта – установочные пластины;

N - количество контактов заготовки с опорой в год. Так как каждая деталь устанавливается в данное приспособление один раз количество контактов равно 120 раз. $\varepsilon_n = 0,002 \cdot 120 = 0,24$ мкм.

В приспособлении отсутствуют направляющие элементы, $\varepsilon_n = 0$.

Экономическая точность по 7 качеству $W = 50$ мкм.

$$E_{пр} = 50 - 1,2 \cdot [(0,6 \cdot 26)^2 + 0,24^2 + (0,7 \cdot 50)^2]^{0,5} = 50 - 46 = 4 \text{ мкм.}$$

Точность обработки выдерживается.

2.2 Проектирование контрольного приспособления

Контроль точности линейных размеров в основном производится стандартным мерительным инструментом – штангенциркулем и штангенрейсмасом ГОСТ 166-90. Контроль посадочного отверстия производят нутромером ГОСТ 868-82.

Контроль отверстий производят двумя калибр-пробками – проходной и непроходной. Контроль качества обработанной поверхности производят с помощью образцов шероховатости ГОСТ 7398-95 путем их сравнения.

Допуски расположения поверхностей контролируют при помощи специальных приспособлений с применением индикаторных головок.

2.2.1 Техническое задание на проектирование контрольного приспособления

Основным требованием взаимного расположения поверхностей корпуса муфты кулачковой, установлен допуск перпендикулярности осей посадочных отверстий $\varnothing 120$ к установочной плоскости. Поэтому в данной работе спроектируем специальное приспособление для контроля перпендикулярности этих поверхностей. Описание конструкции и расчет на точность приведены ниже.

2.2.2 Описание конструкции приспособления для контроля перпендикулярности

Для контроля перпендикулярности ось отверстия необходимо материализовать. Для этого в деталь устанавливаем по посадочному отверстию оправку приспособления 5. Оправка опирается на торец тремя упорами 2. Контроль производим индикаторной головкой часового типа 7, установленной на оправке 5 таким образом, чтобы ее наконечник соприкасается с контролируемой поверхностью.

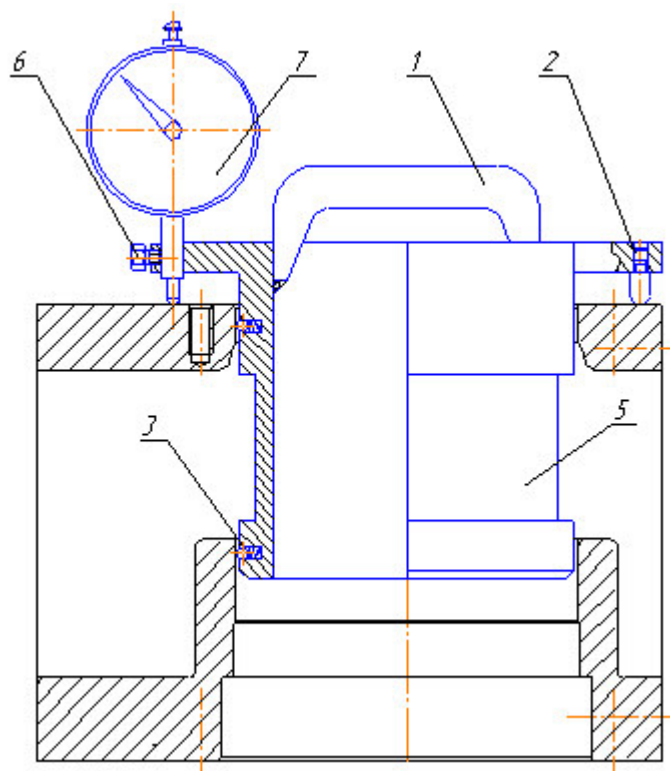


Рисунок 2.3 – Схема контрольного приспособления

Показания снимаются при вращении оправки вокруг своей оси и перемещении ножки индикатора по плоскости.

Для точного центрирования оправки в корпусе, на ней предусмотрены два ряда завальцованных подпружиненных шариков 3. Точность совпадения осей оправки и вставки обеспечивается посадкой с небольшим зазором, который учитывается при расчете точности приспособления.

Для удобства установки и вращения оправки предусмотрена ручка 1.

2.2.3 Расчет приспособления на точность

Погрешность измерения – это отклонение полученного значения от его истинной величины.

Погрешность измерения, в зависимости от назначения детали, допускают в пределах 8-30% допуска на контролируемое отклонение.

Допуск перпендикулярности составляет 50 мкм, следовательно, погрешность измерения не должна превышать 15 мкм.

Погрешность измерения определяется по формуле [7]

$$\Delta_{изм} = \sqrt{\Delta_{уст}^2 + \Delta_{изн}^2 + \Delta_t^2 + \Delta_{инд}^2 + \Delta_{у.и.}^2} \quad (2.12)$$

где $\Delta_{уст}$ – погрешность установки детали на приспособление, зависит от точности установочной поверхности, $\Delta_{уст} = 0$, при установке на подпружиненные шарик;

$\Delta_{изн}$ – погрешность, связанная с износом элементов приспособления (0,001мм);

Δ_t – погрешность, связанная с колебаниями температуры (0,002мм);

$\Delta_{инд}$ – погрешность индикатора (0,005 мм);

$\Delta_{у.и.}$ – погрешность установки индикатора, возникает из-за перекоса самого индикатора на оправке.

Погрешность установки индикатора определим из условия подобных треугольников - угол наклона оправки равен углу наклона индикатора

$$\frac{S}{85} = \frac{\Delta_{уст}}{60} \quad (2.13)$$

где S – зазор между оправкой и отверстием, 0,05 мм;

100 – длина контакта корпуса и оправки;

15 – вылет планки индикатора.

$$\Delta_{уст} = \frac{0,05 \cdot 15}{100} = 0,008 \text{ мм}$$

$$\Delta_{изм} = \sqrt{0,008^2 + 0,001^2 + 0,002^2 + 0,005^2} = 0,011 = 11 \text{ мкм} < 15 \text{ мкм}.$$

Расчета показал, что приспособление обладает достаточным запасом по точности.

3 Экономическая часть

3.1 Выбор технологического оборудования

Для обработки корпуса нами было разработано два технологических процесса. В базовом варианте производим обработку детали на универсальном оборудовании (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Перечень универсального оборудования

Тип оборудования	Кол-во	Мощность, кВт	Единицы ремонтной сложности R_m	Занимаемая площадь, m^2	Стоимость единицы обор, руб	Суммарная стоимость, руб
Горизонтально-фрезерный 6P83	1	11	23	2,6x2,3	1237000	1237000
Радиально-сверлильный 2M55	1	5,5	26	2,7x1,2	971000	971000
Радиально-сверлильный ГС545	1	3	26	1,8x1,2	852000	852000
Горизонтально-расточной 2M615	1	4,5	21	4,4x2,6	1354000	1354000
Итого	4	24	96	57		4414000

Для снижения себестоимости в проектируемом технологическом процессе применили оборудование, оснащенное числовым программным управлением (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Перечень оборудования с ЧПУ

Тип оборудования	Кол-во	Мощность, кВт	Единицы ремонтной сложности R_m	Занимаемая площадь, m^2	Стоимость единицы обор, руб	Суммарная стоимость, руб
Токарный обрабатывающий центр с ЧПУ HYPERTURN 65 Powermill	1	29	38	5,3x3,5	2634000	2634000
Горизонтальный фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ DMTG MDH50	1	18,5	42	4,9x3,2	2782000	2782000
Итого	2	47,5	80	86		5416000

3.2 Определение занимаемой площади

Площадь, занимаемую оборудованием, определим по формуле

$$S = f \cdot k_f \quad (3.1)$$

где f_{Σ} – суммарная площадь станков в плане;

$k_f = 2,5$ – коэффициент, учитывающий дополнительную производственную площадь проходов, проездов, мест складирования заготовок и т.д.

Для обработки корпуса нам потребуется 4 универсальных станка с общей площадью $23,82 \text{ м}^2$.

$$S_{\text{ун}} = 23,82 \cdot 2,5 = 57 \text{ м}^2$$

При обработке на станках с ЧПУ требуется 2 станка.

$$S_{\text{ЧПУ}} = 34,23 \cdot 2,5 = 86 \text{ м}^2$$

3.3 Организация транспортной системы

Организация работы транспортной системы предприятия в целом включает в себя расчет грузооборота, грузопотоков и выбор транспортных средств. В нашем случае транспортная система не входит в состав участка и, поэтому произведем только выбор межоперационного транспорта и транспорта по доставке заготовок на участок и отправки с него.

Детали, обрабатываемые на участке, относятся к средним металлическим твердым деталям. Для таких деталей в качестве межоперационного транспорта целесообразно применять рольганги. Они устанавливаются между соседними станками и просты в эксплуатации.

Заготовки на рольганг устанавливаются при помощи кранов-укосин – поворотный кран в виде простой стрелы с электротельфером. Вылет стрелы может быть до 5 м, грузоподъемность до 500 кг. Они устанавливаются около станка.

Перемещением заготовок от станка к станку будут заниматься сами рабочие.

При применении станков с ЧПУ структура штучного времени позволяет использовать многостаночное обслуживание, поэтому на участке будет всего один рабочий и при помощи крана-укосины перенесет заготовку от станка к станку.

Для доставки заготовок из заготовительного цеха, для их транспортировки на термообработку и на склад используется автономный электротранспорт – электрокары. Они относятся к экологически чистому транспорту, поскольку их питание осуществляется от аккумуляторных батарей.

3.4 Организация технического контроля

Система контроля качества изделий предназначена для своевременного определения с требуемой точностью параметров качества изделий механосборочного производства.

Требования, предъявляемые при контроле, должны соответствовать техническим условиям на приемку деталей. Правильность размеров деталей после обработки проверяется измерительными инструментами общего назначения, калибрами, пробками, специальными приспособлениями. Контрольные пункты в любом цехе размещают с обслуживанием по ходу технологического процесса.

Обрабатывающие центры с ЧПУ оснащены уникальной контрольной системой, представляющей собой полнофункциональный пакет, использующий макрокоманды и программный редактор, осуществляющий активный контроль инструмента и детали, проводящий измерения при изготовлении первой детали партии, применяющий автоматическую компенсацию при изменении температуры и проверяющий износ инструмента и его поломку. Это гарантирует надежность выполнения производственных процессов в автоматическом режиме.

3.5 Организация системы инструментобеспечения

Система инструментобеспечения предназначена для обслуживания всего технологического оборудования завода заранее подготовленными инструментами, а также для контроля за их правильной эксплуатацией.

Используя установленные нормы расхода инструмента, определяют потребность участка в инструменте и составляют годовую программу-заявку на все потребные виды инструмента. Годовая потребность распределяется по кварталам, а затем, в процессе текущей работы составляются заявки на инструмент ежемесячно. После установления потребности цеху выдается лимитная карта или лимитная книжка, в которой записаны наименования требуемого инструмента, получаемого с центрального инструментального склада завода. Инструмент выдается во временное пользование.

3.6 Организация системы ремонтного и технического обслуживания

Система ремонтного и технического обслуживания производства предусматривается для обеспечения работоспособности технологического и подъемно-транспортного оборудования и других технических средств производства, удаления и переработки стружки, обеспечения рабочих мест

охлаждающими жидкостями, электроэнергией, сжатым воздухом и создания необходимого микроклимата и чистоты воздуха в цехе.

Для этой цели в составе цеха создают ремонтную базу, отделение по ремонту электрооборудования и электронных систем, подсистемы удаления и переработки стружки, приготовления и раздачи охлаждающих жидкостей, электроснабжения и др.

Системой планово-предупредительного ремонта (ППР) оборудования предусматриваются различные по назначению, содержанию и объему виды работ.

Структура ремонтного цикла имеет вид [5]

К-О-О-Т-О-О-Т-О-О-Т- О-О-Т-О-О-Т-О-О-К

где К - капитальный ремонт; Т - текущий ремонт; О - осмотр.

Система ремонтов называется планово-предупредительной, потому что все предупредительные мероприятия и ремонт осуществляются в плановом порядке, поэтому внеплановый (аварийный) ремонт при хорошей организации системы ППР не должен иметь место.

3.7 Расчет себестоимости детали

Себестоимость детали включает в себя затраты на материал и последующую механическую обработку. Ранее нами была рассчитана стоимость заготовки. Для обоих вариантов технологического процесса она неизменна – 2253,32 руб.

Под стоимостью механической обработки понимают затраты по операциям, которые необходимо выполнять при том или ином варианте обработки до получения необходимого размера.

Стоимость механической обработки по всем рассматриваемым операциям определяется по формуле [8]

$$C_{обр} = \sum C_{обр}^{di} \quad (3.2)$$

где i – порядковый номер операции;

m – число рассматриваемых операций;

$C_{обр}^{di}$ – стоимость механической обработки детали при d -ом варианте обработки на i -ой операции, руб./ед.

стоимость механической обработки детали при d -ом варианте обработки на i -ой операции состоит из затрат на заработную плату, амортизацию ОПФ, затрат на силовую электроэнергию и ремонт оборудования.

Заработная плата основных производственных рабочих определяется по формуле

$$Z = C^{ri} \cdot k_p \cdot k_c \cdot k_{пр} \cdot k_{п} \cdot k_{д} \cdot k_{соц} \cdot T_{шт}^{di} \quad (3.3)$$

где C^{ri} – часовая тарифная ставка первого разряда, 52,2 руб./ч;

k_p – коэффициент разряда,

$k_c, k_{пр}, k_{п}, k_{д}, k_{соц}$ – коэффициенты, учитывающие соответственно, районную и северную надбавку к заработной плате (1,3), приработок рабочего (1), доплату по премиальной системе (1,4), дополнительную заработную плату (1,095), отчисления на социальные нужды (1,3);

$T_{шт}^{di}$ – штучное время на операции, ч/ед.

При использовании универсального оборудования один рабочий обслуживает один станок, то есть в смене 5 рабочих третьего разряда. Коэффициент разряда 1,21.

Общее время обработки на универсальном оборудовании 46,72 мин или 0,7787 ч; на станках с ЧПУ – 33,02 мин или 0,5503 ч.

$$Z_{ун} = 52,2 \cdot 1,21 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,095 \cdot 1,3 \cdot 0,7787 = 127,43 \text{ руб/дет}$$

При использовании станков с ЧПУ применяется многостаночное обслуживание и на участке работает только один рабочий третьего разряда. Он одновременно обрабатывает две детали, поэтому, фактическое время, затрачиваемое на одну деталь, будет 0,2752 ч. Доплата за многостаночное обслуживание составляет 25%. Также необходимо учесть зарплату наладчика, как 15% от зарплаты станочника.

$$Z_{чпу} = 52,2 \cdot 1,21 \cdot 1,25 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,095 \cdot 1,3 \cdot 0,2752 \cdot 1,15 = 64,74 \text{ руб/дет}$$

Основные производственные фонды (таблицы 3.3, 3.4) – это та часть капитала предприятия, которая переносит свою стоимость на стоимость готовой продукции в виде амортизационных отчислений за несколько процессов производства.

В нашем случае в них входит: стоимость производственного здания; стоимость оборудования; стоимость транспорта; инструмент и инвентарь, используемые на данном участке.

Стоимость транспорта рассчитывается как 3 % от стоимости технологического оборудования. Стоимость инструмента рассчитывается как 1 % от стоимости технологического оборудования. Стоимость инвентаря рассчитывается как 0,5 % от суммарной стоимости технологического оборудования и здания [8].

Амортизацию ОПФ, приходящуюся на одну деталь, определим по формуле

$$A_{дет} = \frac{A_z \cdot T_N}{N} \quad (3.4)$$

T_N – время обработки программы деталей (пункт 1.10), год,

N – годовая программа выпуска, 120 шт.

Таблица 3.3 – Основные производственные фонды при использовании универсального оборудования

ОПФ	Кол-во	Стоимость единицы ОПФ, руб.	Суммарная стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Годовые амортизац отчисл,руб.	Амортизац отчисл. на деталь,руб
1 Здание	57м ²	75000	4275000	3	128250	10,27
2 Оборудование	4 шт		4414000	12	529680	42,42
3 Транспорт			132420	8	10594	0,85
4 Инструмент			44140	15	6621	0,53
5 Инвентарь			43445	15	6517	0,52
ИТОГО			8909005		681662	54,59

Таблица 3.4 – Основные производственные фонды при использовании станков с ЧПУ

ОПФ	Кол-во	Стоимость единицы ОПФ, руб.	Суммарная стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Годовые амортизац отчисл,руб.	Амортизац отчисл. на деталь,руб
1 Здание	72м ²	75000	5400000	3	162000	11,84
2 Оборудование	2 шт		5416000	12	649920	47,5
3 Транспорт			54160	8	4333	0,32
4 Инструмент			54160	15	8124	0,59
5 Инвентарь			54080	15	8112	0,59
ИТОГО			10978400		832489	60,84

Затраты на силовую электроэнергию рассчитываются по формуле

$$\mathcal{E} = (N \cdot k_N \cdot k_B \cdot k_{од} \cdot k_w / \eta) \cdot T_{шт.макс} \cdot \mathcal{C}_э \quad (3.5)$$

где N – мощность оборудования, кВт;

k_N – средний коэффициент загрузки электродвигателей по мощности (универсальное оборудование – 0,8, станки с ЧПУ – 0,52);

k_b – средний коэффициент загрузки электродвигателей по времени, (универсальное оборудование – 0,96, станки с ЧПУ – 0,93);

$k_{од}$ – средний коэффициент одновременности работы двигателей (0,7);

k_w — коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети завода (1,06);

η – КПД электродвигателей оборудования (0,7);

$\text{Ц}_э$ – тариф на электроэнергию (1,52 кВт·ч)

$$\text{Э}_{ун} = (24 \cdot 0,8 \cdot 0,96 \cdot 0,7 \cdot 1,06 / 0,7) \cdot 0,3227 \cdot 1,52 = 9,58 \text{ руб/дет}$$

$$\text{Э}_{ЧПУ} = (47,5 \cdot 0,52 \cdot 0,93 \cdot 0,7 \cdot 1,06 / 0,7) \cdot 0,2945 \cdot 1,52 = 10,9 \text{ руб/дет}$$

Затраты на ремонт оборудования определим по формуле

$$P = \frac{W_M \cdot R_M \cdot T_{шт}}{T_{р.ц}} \quad (3.6)$$

где W_M - затраты на все виды планово-предупредительного ремонта за ремонтный цикл, приходящиеся на единицу ремонтной сложности данного оборудования – 12500 руб.

R_M – единицы ремонтной сложности;

$T_{р.ц}$ - длительность ремонтного цикла 6 лет или 24174 часа;

$T_{шт}$ – штучное время на определенном типе оборудования – на фрезерном станке – 0,162 ч, на сверлильных – 0,4855 ч, на расточном – 0,1312 ч, на токарном с ЧПУ – 0,2945 ч, на фрезерном с ЧПУ – 0,2558 ч.

$$P_{ун} = \frac{12500(23 \cdot 0,162 + 26 \cdot 0,4855 + 21 \cdot 0,1312)}{24174} = 9,88 \text{ руб/дет}$$

$$P_{ЧПУ} = \frac{12500(38 \cdot 0,2945 + 42 \cdot 0,2558)}{24174} = 11,34 \text{ руб/дет}$$

Себестоимость механической обработки

$$C_{ун} = 127,43 + 54,59 + 9,58 + 9,88 = 201,48 \text{ руб/дет}$$

$$C_{ЧПУ} = 64,74 + 60,84 + 10,9 + 11,34 = 147,82 \text{ руб/дет}$$

Суммарные затраты на заготовку и дальнейшую механическую обработку детали

$$C_{ун} = S_{заг} + C_{ун} = 2253,32 + 201,48 = 2454,8 \text{ руб/дет}$$

$$C_{ЧПУ} = S_{заг} + C_{ЧПУ} = 2253,32 + 147,82 = 2401,14 \text{ руб/дет}$$

Данный расчет показал, что обработка на станках с ЧПУ экономически выгодней и снизит себестоимость механической обработки на 16 %. К тому же точность обработки на станках с ЧПУ выше.

При этом, приведенная годовая экономия (экономический эффект на программу) составит

$$\mathcal{E}_2 = (C_{o2} - C_{o1}) \cdot N = (2454,8 - 2401,14) \cdot 120 = 6440 \text{ руб} \quad (3.7)$$

3.8 Техничко-экономические показатели

1 Годовая программа выпуска задана и неизменна при обоих вариантах механической обработки – 120 шт.

2 Стоимость заготовки так же не зависит от варианта механической обработки и по пункту 1.6 составляет 2253,32 руб.

3 Основные производственные фонды берем по таблицы 3.3, 3.4.

4 Площади участка берем по таблицы 3.1, 3.2.

5 Количество рабочих мест есть количество принятого оборудования – таблицы 3.1, 3.2.

6 Численность основных рабочих в смене при работе на универсальном оборудовании равна количеству обслуживаемого оборудования. Режим работы двухсменный.

При работе на станках с ЧПУ структура штучного времени позволяет применять многостаночное обслуживание, то есть, рабочий во время автоматической работы одного станка, успеет обслужить другие. Таким образом, для обслуживания всего участка в смену достаточно одного рабочего.

7 Среднемесячную зарплату рабочего при обслуживании универсального оборудования рассчитаем по формуле

$$Z_{cp.yn} = \frac{Z_{yn} \cdot N}{n \cdot m \cdot 12 \cdot T_N} = \frac{127,43 \cdot 120}{4 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 0,00961} = 16575 \text{ руб} \quad (3.6)$$

где Z_{yn} – заработная плата основных рабочих, приходящаяся на одну деталь, при работе на универсальном оборудовании, руб/дет;

N – годовая программа выпуска, шт;

n – число рабочих в смене, чел;

m – число смен;

12 – месяцев в году.

T_N – время обработки программы, год.

Среднемесячную зарплату рабочего при обслуживании станков с ЧПУ рассчитаем по формуле

$$Z_{cp.чпу} = \frac{Z_{чпу} \cdot N}{n \cdot m \cdot 12 \cdot T_N} = \frac{56,3 \cdot 120}{1 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 0,00877} = 32096 \text{ руб} \quad (3.7)$$

где $Z_{\text{ЧПУ}}$ – заработная плата основных рабочих, приходящаяся на одну деталь, при работе на станках с ЧПУ без учета зарплаты наладчика, руб/дет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной бакалаврской работе был спроектирован технологический процесс изготовления корпуса муфты кулачковой.

В технологической части были проведены расчеты припусков на обработку, режимов резания и норм времени на все операции базового технологического процесса и спроектированного.

Для сокращения времени на обработку было применено высокопроизводительное оборудование, быстродействующая технологическая оснастка, рационально использовался стандартный и специальный режущий инструмент.

Для обработки посадочного отверстия на горизонтально-расточном станке нами было спроектировано специальное зажимное приспособление с пневмоприводом.

Так как основными элементами корпуса являются посадочное отверстие и установочная плоскость, для контроля их перпендикулярности было спроектировано специальное контрольное приспособление с индикаторной головкой.

Экономический расчет позволил судить об эффективности внедрения в производство разработанного технологического процесса, что подтверждается расчетом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Ансеров, М. А. Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – Л.: Машиностроение, 2004. – 656 с.
- 2 Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. / В. И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 2003. – 1846 с.
- 3 Балабанов, А.Н. Краткий справочник технолога машиностроителя / А. Н. Балабанов. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 518 с.
- 4 Болотин, Х. Л. Станочные приспособления / Х. Л. Болотин, Ф. П. Костромин. – М.: Машиностроение, 1993. – 315 с.
- 5 Великанов, К. М. Экономика и организация производства в дипломных проектах / К. М. Великанов. – Л.: Машиностроение, 1983. – 256 с.
- 6 Горбацевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – Минск.: Вышэйшая школа, 2007. – 255 с.
- 7 Горошкин, А. К. Приспособления для металлорежущих станков: справочник / А. К. Горошкин. – М.: Машиностроение 2001. – 303 с.
- 8 Гамрат-Курек, Л. И. Экономическое обоснование дипломных проектов: учебное пособие для ВУЗов / Л. И. Гамрат-Курек. – М.: Высшая школа, 1995. – 156 с.
- 9 Допуски и посадки: справочник: В 2 т. / В. Д. Мягков. – Л.: Машиностроение, 1993. – 1026 с.
- 10 Нормирование труда и сметы: учебник для техникумов. / Сост. К. Г. Романова и др. – М.: Стройиздат, 2008. – 165 с.
- 11 Общетехнический справочник / Сост. Е. А. Скороходов, В. П. Законников, А. Б. Пакнис и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 511 с.
- 12 Общемашиностроительные нормативы режимов резания: справочник. В 2 т. / Сост. А. Д. Локтев и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 98 с.
- 13 Силантьева, Н. А. Техническое нормирование труда в машиностроении / Н. А. Силантьева, В. Р. Малиновский. – М., Машиностроение, 1990. – 186 с.
- 14 Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. / Сост. А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков, Ю. А. Абрамов и др. – М., Машиностроение, 2005. – 988 с.
- 15 Каталог станков. [Электронный ресурс]. М., 2010-2016. Режим доступа: [http:// www.stanki.ru/catalog/](http://www.stanki.ru/catalog/) Обрабатывающие центры с ЧПУ.

ПРИЛОЖЕНИЯ