

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Электроэнергетика, Машиностроение и Автомобильный Транспорт»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ А.С. Торопов
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 2023 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

**Технологический процесс механической обработки корпуса
редуктора лебедки машины трелевочной МТ8**

тема

Руководитель _____ к.т.н., доц. каф. ЭМТАТ Е.М. Желтобрюхов.
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник _____
подпись, дата инициалы, фамилия

А.В Парасюк

Абакан, 2023 г.

Продолжение титульного листа БР по теме: Технологический процесс механической обработки корпуса редуктора лебедки машины трелевочной МТ8.

Консультанты по разделам:

Технологическая часть
наименование раздела

подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов
инициалы, фамилия

Конструкторская часть
наименование раздела

подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов
инициалы, фамилия

Организационно-экономическая часть
наименование раздела

подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов.
инициалы, фамилия

Заключение на иностранном языке
наименование раздела

подпись, дата

инициалы, фамилия

Н.В. Чезыбаева

Нормоконтролер

подпись, дата

М.М. Сагалакова
инициалы, фамилия

Студенту Парасюк Андрею Вячеславовичу

фамилия, имя, отчество

Группа 29-1 Направление 15.03.05 Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных производств

Тема выпускной квалификационной работы: Технологический процесс
механической обработки корпуса редуктора лебедки машины трелевочной
МТ8.

Утверждена приказом по институту № 229 от 14.04.2023 г.

Руководитель ВКР Е.М. Желтобрюхов, канд.техн. наук, доцент кафедры
ЭМиАТ, ХТИ – филиал СФУ

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР:

1. Чертеж детали;

2. Годовая программа выпуска N = 15000 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 зажимное –
1 лист ф. А1; 5. Приспособление контрольное – 1 лист ф. А1; 6. Техничко-
экономические показатели – 1 лист ф. А1

Руководитель ВКР

подпись

Е.М. Желтобрюхов

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению _____

подпись

А.В Парасюк

инициалы и фамилия студента

« _____ » _____ 2023 г.

Реферат

В данной работе спроектирован технологический процесс механической обработки корпуса редуктора лебедки машины трелевочной МТ8.

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 универсального оборудования и станков с ЧПУ.

В конструкторской части было спроектировано специальное зажимное приспособление для установки заготовки на универсальном горизонтально-расточном станке 2636 на операции растачивания посадочных отверстий. Так же сконструировано специальное контрольное приспособление для контроля перпендикулярности торца С осям посадочных отверстий.

В экономической части был сделан расчет 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 на универсальном оборудовании и на станках с ЧПУ, чертежи зажимного и контрольного приспособлений. Вынесены основные технико-экономические показатели.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ		
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата			
Разраб.	Парасюк				Лит.	Лист	Листов
Провер.	Желтобрюхов						
Н. Контр.	Сагалакова				ХТИ-филиал СФУ Кафедра ЭМиАТ Группа 29-1		
Зав. Каф.	Торопов						
Реферат							

Содержание

Введение	7
1. Технологическая часть	9
1.1. Анализ служебного назначения.....	9
1.2. Анализ технологичности.....	10
1.3. Анализ технических требований.....	12
1.4. Обзор методов обработки детали	13
1.5. Обоснование выбора баз и составление маршрута механической обработки корпуса 14	14
1.6. Экономическое обоснование выбора заготовки.....	19
1.7. Расчет и значения припусков	21
1.8. Расчет режимов резания	27
1.9. Расчет норм времени	33
2. Конструкторская часть.....	38
2.1. Проектирование расточного приспособления.....	38
2.1.1. Техническое задание на проектирование расточного приспособления.....	38
2.1.2. Расчет необходимой силы закрепления.....	39
2.1.3. Расчет силового привода	41
2.1.4. Расчет зажимного приспособления на точность	44
2.2. Проектирование контрольного приспособления.....	46
2.2.1. Техническое задание на проектирование контрольного приспособления.....	46
2.2.2. Описание конструкции приспособления для контроля перпендикулярности	47
2.2.3. Расчет приспособления на точность.....	48
3. Экономическая часть	51
3.1. Выбор необходимого оборудования участка.....	51
3.2. Планировка участка с универсальным оборудованием.....	52
3.3. Планировка участка с оборудованием ЧПУ	53
3.4. Организация транспортной системы	53
3.5. Организация технического контроля	54
3.6. Организация системы инструментообеспечения.....	54
3.7. Организация систем ремонтного и технического обслуживания.....	55
3.8. Расчет себестоимости детали	55
3.9. Техничко-экономические показатели	60
Заключение.....	62
Conclusion.....	63
Список использованных источников.....	64
Приложения	67

БР-15.03.05-2023 ПЗ				
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата
Разраб.		Парасюк		
Провер.		Желтобрюхов		
Н. Контр.		Сагалакова		
Зав. Каф.		Торопов		
Содержание			Лит.	Лист
			6	64
ХТИ-филиал СФУ Кафедра ЭМиАТ Группа 29-1				

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.

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

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

					БР-15.03.05-2023 ПЗ		
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата			
Разраб.	Парасюк				Лит.	Лист	Листов
Провер.	Желтобрюхов					7	64
Н. Контр.	Сагалакова				ХТИ-филиал СФУ Кафедра ЭМиАТ Группа 29-1		
Зав. Каф.	Торопов						
Введение							

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 изготовления корпуса редуктора лебедки машины трелевочной МТ8 с применением станков с ЧПУ в условиях серийного производства.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		8

1. Технологическая часть

1.1. Анализ служебного назначения

Корпус служит базовой деталью для установки и ориентации в пространстве деталей редуктора, а также удерживает смазку и предохраняет зацепления и опоры от загрязнения и повреждений.

Корпус изготавливают из чугуна марки СЧ15 ГОСТ 1412-85.

Это ферритный серый чугун, содержащий в своей структуре графит пластинчатой формы. Его применяют при литье средней прочности с перлитной основной массой для изготовления неотчетственных отливок с толщиной стенок до 30 мм. Он обладает хорошими механическими и литейными свойствами.

Данные о материале сводим в таблицы 1.1, 1.2.

Таблица 1.1 - Химический состав чугуна СЧ 15 (ГОСТ 1412-85), %

Углерод С	Кремний Si	Марганец Mn	Фосфор Р не более	Сера S не более
2,6-3,0	1,7-2,1	0,5-0,7	0,3	0,15

Механические свойства СЧ 15

- 1 Временное сопротивление при растяжении не менее $\sigma_r = 147$ Мпа;
- 2 Временное сопротивление при изгибе не менее $\sigma_{0i} = 314$ Мпа;
- 3 Временное сопротивление при сжатии не менее $\sigma_{ож} = 500$ Мпа;
- 4 Относительное удлинение $\delta = 1\%$
- 5 Твердость НВ 190.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ					
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата	Технологическая часть					
Разраб.	Парасюк							Лит.	Лист	Листов
Провер.	Желтобрюхов								9	64
Н. Контр.	Сагалакова							ХТИ-филиал СФУ Кафедра ЭМиАТ Группа 29-1		
Зав. Каф.	Торопов									

Таблица 1.2 - Физические свойства СЧ 15

Плотность ρ , кг/м ³	Литейная усадка ε , %	Модуль упругост и при растяже нии $E \cdot 10^{-2}$, МПа	Удельная теплоемк ость при t от 20 до 200°C, Дж	Коэффициент литейного расширения α , 1/°C	Теплопрово дность при 20°C λ
$1 \cdot 10^3$	1,1	700-1100	460	$9 \cdot 10^{-6}$	59

1.2. Анализ технологичности

С точки зрения технологичности конструкция данной детали является довольно сложной с наличием криволинейных поверхностей, выступов и несимметрично расположенных посадочных отверстий разного диаметра, что затрудняет изготовление отливки.

С точки зрения обработки нетехнологичными являются глухие технологические отверстия, но сделать их сквозными нельзя, так как корпус разгерметизируется, а резьбовые крепежные отверстия нетехнологичны из-за неудобства отвода стружки из зоны резания.

В остальном деталь технологична, все посадочные отверстия и торцы допускают обработку на проход. Допускается применение высокопроизводительных режимов резания и имеет хорошая базовая поверхность.

Проведем количественную оценку технологичности конструкций детали по следующим показателям [6]

1 Коэффициент использования материала

$$K_M = \frac{m_{дет}}{m_{заг}} > 0,75 \quad (1.1)$$

где $m_{дет}$ -масса готовой детали,

$m_{заг}$ -масса заготовки.

$$k_m = 130/154 \approx 0,84$$

Деталь технологична.

2 Коэффициент унификации

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

где $k_{одн}$ – количество однотипных поверхностей,

$k_{об}$ – общее количество поверхностей.

$$k_y = 82/144 = 0,57$$

Деталь технологична.

3 Коэффициент использования стандартного инструмента.

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

где $k_{си}$ – количество стандартного инструмента,

$k_{об}$ – общее количество инструмента.

$$k_u = 15/18 = 0,83$$

Деталь технологична.

4 Коэффициент обрабатываемости.

$$K_{об} = \frac{N_{он}}{N_{об}} > 0,5$$

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		10

где $N_{оп}$ – количество обрабатываемых поверхностей,

$N_{об}$ – общее количество поверхностей.

$$k_{об} = 98/144 = 0,68$$

Деталь технологична.

На основании проведенного анализа, можно сделать вывод, что данная деталь является технологичной.

1.3. Анализ технических требований

Для качественной работы редуктора важным является точность расположения валов, поэтому основным техническим требованием, предъявляемым к корпусу, является параллельность осей посадочных отверстий, относительно базового. Это требование выполняется обработкой всех посадочных отверстий с одной установки.

Для точной установки торцевых крышек к корпусу предъявляется требование перпендикулярности осей посадочных отверстий торцам. Это требование также выполняется обработкой посадочных отверстий и торцев с одной установки.

Допуски круглости и цилиндричности обеспечиваются настройкой станка.

Допуски на размеры и шероховатость поверхностей выдерживаются подбором соответствующего точности метода обработки и режимов резания для достижения шероховатости не точнее $Ra = 6,3$ мкм достаточно однократной обработки;

для достижения шероховатости посадочных отверстий $Ra = 1,6$ мкм и точности по 7му качеству требуется черновая, чистовая и тонкая обработка.

Также в технических требованиях оговорен шрифт маркировки.

1.4. Обзор методов обработки детали

Корпус представляет собой крупногабаритную корпусную деталь.

Растачивание посадочных отверстий таких деталей выполняют на расточных станках расточными резцами с продольной подачей. При черновом растачивании снимается значительный слой металла, поэтому резцы должны быть более жесткими и устанавливаться на 0,3-1,2 мм выше оси центров. Чистовое растачивание заключается в снятии с поверхности изделия небольшого припуска для получения ровной, гладкой поверхности. При этом резец с острой режущей кромкой устанавливается на 0,3-1,2 мм ниже оси центров.

Торцевые поверхности обрабатывают на фрезерных станках торцевыми фрезами с продольной подачей.

Отверстия в сплошном металле можно получить сверлением. Сверление осуществляют сочетанием вращательного движения инструмента вокруг своей оси (главное движение) и поступательного его движения вдоль оси (движение подачи). Процесс сверления протекает в более сложных условиях, чем точение, так как затруднен отвод стружки и подвод СОЖ к режущим кромкам инструмента.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		13

1.5. Обоснование выбора баз и составление 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.

Основное требование - обработка всех посадочных отверстий с одной установки. Для этого нам надо обеспечить доступ ко всем отверстиям. Это достижимо при базировании по плоскости уступов и отверстиям в них. Поэтому на первых операциях подготовим эту базу.

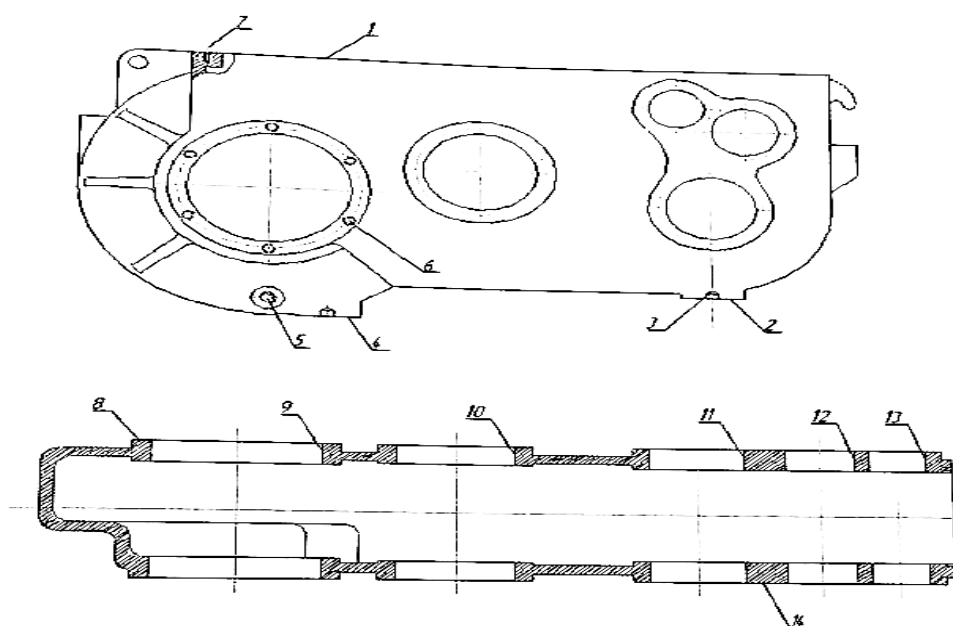


Рисунок 1.1 – Эскиз детали

Маршрут обработки

010 Фрезерная

А Установить заготовку по пов. 2,4.

1 Фрезеровать пов. 1 окончательно.

Станок вертикально-фрезерный 6А56, режущий инструмент – фреза торцевая ГОСТ 9473-80 Ø400.

020 Фрезерная

А Установить заготовку по пов. 1.

1 Фрезеровать пов. 2 окончательно.

2 Фрезеровать пов. 4 окончательно.

Станок вертикально-фрезерный 6А56, режущий инструмент торцевая ГОСТ 9473-80 Ø400

030 Сверлильная

А Установить заготовку по пов. 1.

1 Сверлить 2 отв. 3 предварительно последовательно.

2 Зенкеровать 2 отв. 3 предварительно последовательно.

3 Развернуть 2 отв. 3 окончательно последовательно.

Станок радиально-сверлильный 2М57, режущий инструмент - сверло спиральное ГОСТ 10903-97, зенкер ГОСТ 12489-91, развертка ГОСТ 1672-80.

040 Расточная

А Установить заготовку по пов. 2, 4 и двум отв. 3.

1 Фрезеровать пов. 8 окончательно.

2 Расточить отв. 9, 10, 11, 12, 13 предварительно последовательно.

3 Расточить отв. 9, 10, 11, 12, 13 предварительно последовательно.

4 Расточить отв. 9, 10, 11, 12, 13 окончательно последовательно.

Б Повернуть заготовку на 180°.

5 Фрезеровать пов. 14 окончательно.

6 Расточить отв. 9, 10, 11, 12, 13 предварительно последовательно.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		14

7 Расточить отв. 9, 10, 11, 12, 13 предварительно последовательно.

8 Расточить отв. 9, 10, 11, 12, 13 окончательно последовательно.

Станок горизонтально-расточной 2636, режущий инструмент – фреза торцевая ГОСТ 9473-80 0500, резец расточной ГОСТ 18883-93.

050 Сверлильная

А Установить заготовку по пов. 2, 4 и двум отв. 3.

1 Сверлить 14 отв. 7 предварительно под резьбу последовательно.

2 Нарезать в 14 отв. 7 резьбу М8-7Н последовательно.

Станок радиально-сверлильный 2М57, инструмент - сверло спиральное ГОСТ 10903-97, метчик ГОСТ 3266-81.

060 Сверлильная

А Установить заготовку по пов. 8.

1 Сверлить 24 отв. 6 предварительно под резьбу последовательно.

2 Нарезать в 24 отв. 6 резьбу М14-7Н последовательно.

3 Сверлить отв. 5 с цекованием предварительно под резьбу.

4 Нарезать в отв. 5 резьбу М24×1,5-7Н.

Станок радиально-сверлильный 257, инструмент - сверло спиральное ГОСТ 10903-97, метчик ГОСТ 3266-81, цековка насадная ГОСТ 21585-96.

070 Сверлильная

А Установить заготовку по пов. 14.

1 Сверлить 24 отв. 6 предварительно под резьбу последовательно.

2 Нарезать в 24 отв. 6 резьбу М14-7Н последовательно.

Станок радиально-сверлильный 2М57, инструмент - сверло спиральное ГОСТ 10903-97, метчик ГОСТ 3266-81.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		16

Внастоящее время 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.

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 программного управления, является сохранение станками широкой универсальности. Это дает возможность производить на них обработку всей номенклатуры деталей, которая может быть произведена на универсальных станках соответствующих типов.

Составим маршрут обработки корпуса с применением станков с ЧПУ

10 Горизонтально-фрезерная с ЧПУ

А Установить заготовку по пов. 8 и отв. 9, 11.

1 Фрезерование пов. 1 окончательное по контуру.

2 Сверление 14 отв. 7 предварительное под резьбу.

3 Нарезание в 14 отв. 7 резьбы М8-7Н.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		17

Б Поворот стола на 180°.

4 Фрезерование пов. 2 окончательное.

5 Фрезерование пов. 4 окончательное.

6 Сверление 2 отв. 3 предварительное.

7 Зенкерование 2 отв. 3 предварительное.

8 Развертывание 2 отв. 3 окончательное.

Горизонтальный обрабатывающий центр с ЧПУ Dugard НВМ-110-2000; приспособление специальное механическое; инструмент - фреза торцевая ГОСТ 9473-80 Ø125 ВК6, сверло спиральное ГОСТ 10903-97, метчик ГОСТ 3266-91, зенкер ГОСТ 12489-91, развертка ГОСТ 1672-80.

20 Горизонтально-фрезерная с ЧПУ

А Установить заготовку по пов. 4, 2 и двум отв. 3.

1 Фрезерование пов. 8 окончательное.

2 Растачивание отв. 9, 10, 11, 12, 13 предварительное
последовательное.

3 Растачивание отв. 9, 10, 11, 12, 13 предварительное
последовательное.

4 Растачивание отв. 9, 10, 11, 12, 13 окончательное
последовательное.

5 Сверление 24 отв. 6 предварительное под резьбу
последовательное.

6 Нарезание в 24 отв. 6 резьбы М14-7Н последовательное.

Б Поворот стола на 180°.

7 Фрезерование пов. 14 окончательное.

8 Растачивание отв. 9,10, 11, 12, 13 предварительное
последовательное

9 Растачивание отв. 9, 10, 11, 12, 13 предварительное
последовательное.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		18

10 Растачивание отв. 9, 10, 11, 12, 13 окончательное последовательное.

11 Сверление 24 отв. 6 предварительное под резьбу последовательное.

12 Нарезание в 24 отв. 6 резьбы М14-7Н последовательное.

13 Сверление отв. 5 с цекованием предварительное под резьбу.

14 Нарезание в отв. 5 резьбу М24×1,5-7Н.

Горизонтальный обрабатывающий центр с ЧПУ Dugard НВМ-110-2000; приспособление специальное механическое; оправки расточные; инструмент фреза торцевая ГОСТ 9473-80 0250 ВК6, резец расточной ГОСТ 18882-93 ВК6, сверло спиральное ГОСТ 10903-97, метчик ГОСТ 3266-91, цековка насадная ГОСТ 21585-96.

1.6. Экономическое обоснование выбора заготовки

Метод выполнения заготовок для деталей машин определяется назначением конструкции 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.

Различные способы литья отличаются характером технологической оснастки литейного цеха, механизацией процесса сборки и изготовления форм. Отливки чаще всего получают в земляных (80%) и металлических (чугунных) формах - кокилях. Проведем сравнительный экономический анализ этих двух способов (таблица 1.3).

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

Различные способы литья отличаются характером технологической оснастки литейного цеха, механизацией процесса сборки и изготовления форм. Отливки чаще всего получают в земляных (80%) и металлических (чугунных) формах - кокилях. Проведем сравнительный экономический анализ этих двух способов (таблица 1.3).

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

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

где C_i – базовая стоимость 1 тонны заготовок,

k_m, k_c, k_B, k_M, k_n – коэффициенты, зависящие от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объема производства заготовок,

Q – масса заготовки,

q – масса готовой детали,

$S_{\text{отх}}$ – цена одной тонны отходов.

Данная деталь является отливкой II класса точности, IV группы сложности, 3 группы серийности из чугуна СЧ15 массой 154,5 кг.

Таблица 1.3 – Выбор заготовки

Вид литья	C_i	k_m	k_c	k_B	k_M	k_n	Q	q	$S_{\text{отх}}$
Кокиль	62500	1,05	1,4	0,74	1	1,2	148,5	130	1850

					БР-15.03.05-2023 ПЗ				Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата					19

Земл. формы	61000	1	1,2	0,74	1	1,2	154,5	130	1850
-------------	-------	---	-----	------	---	-----	-------	-----	------

$$S_{\text{заг1}} = 12081,15 \text{ руб.}$$

$$S_{\text{заг2}} = 9997,42 \text{ руб.}$$

Расчет показал, что для нашего случая более приемлемо литье в обычные земляные формы. Формовочная смесь при этом состоит из кварцевого песка, глины и специальных добавок. Литейная форма изготавливается путем уплотнения формовочной смеси по модели при помощи формовочной машины. Металл из печи выпускают в ковши, а затем разливают по формам до тех пор, пока металл не заполнит выпоры и прибыли. После полного затвердевания и достаточного охлаждения отливки выбивают из форм и из них выбивают стержни.

Затем отливки необходимо освободить от литников, выпоров и прибылей и удалить с поверхности отливки пригоревшую формовочную смесь.

Годовой экономический эффект при этом составит

$$\mathcal{E}_r = (S_{\text{заг1}} - S_{\text{заг2}}) \cdot N = (12081,15 - 9997,42) \cdot 15000 = 31255950 \text{ руб.}$$

(1.6)

1.7. Расчет и значения 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.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		20

Для наиболее важных поверхностей данной детали (посадочное отверстие диаметром $180^{+0,04}$ и торцы посадочных отверстий) припуски рассчитаем по формулам.

1 Обработка посадочного отверстия $\text{Ø}180^{+0,04}$.

Данное отверстие растачивается до шероховатости $Rz = 1,6$ мкм с выдерживанием точности размера по седьмому качеству. Для достижения такой точности необходимо выполнить черновую, чистовую и тонкую обработку.

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

$$2 Z_{\min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{p^2 i - l + \varepsilon^2 i}) \quad (1.7)$$

где Rz – шероховатость, мкм; T – глубина дефектного слоя, мкм; p – 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, составляет 700 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 20).

Величина суммарного отклонения расположения поверхности в нашем случае равна величине коробления детали и смещения обрабатываемой поверхности относительно базовой

$$p_d = \sqrt{p^2_{\text{кор}} + p^2_{\text{см}}} \quad (1.8)$$

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

$$p_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_k \cdot d)^2 + (\Delta_k \cdot l)^2} \quad (1.9)$$

Удельная кривизна для литых заготовок $\Delta_k = 1$ мкм. Диаметр отверстия $d = 180$ мм, длина $l = 50$ мм.

$$p_{\text{кор}} = \sqrt{(1 \cdot 180)^2 + (1 \cdot 50)^2} = 187 \text{ мкм}$$

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		21

Величина смещения отверстия в отливке относительно установочной поверхности представляет геометрическую сумму допусков на размеры в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

$$p_{\text{см}} = \sqrt{\left(\frac{\delta_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_2}{2}\right)^2} \quad (1.10)$$

Допуски по второму классу точности отливки на размер 264 мм составляют по 2000 мкм.

$$p_{\text{см}} = \sqrt{\left(\frac{2000}{2}\right)^2 + \left(\frac{2000}{2}\right)^2} = 1414 \text{ мкм}$$

Следовательно, суммарное отклонение

$$P_d = \sqrt{187^2 + 1414^2} = 1427 \text{ мкм}$$

На последующих переходах p определяется через коэффициент уточнения, который равен: после черного растачивания 0,06; после чистового - 0,04.

Погрешность установки определяется по формуле

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \quad (1.11)$$

где ε_6 – погрешность базирования;

ε_3 – погрешность закрепления.

Погрешность базирования в данном случае возникает за счет перекоса заготовки в горизонтальной плоскости при установке ее на пальцы приспособления. Перекос происходит из-за наличия зазора между наибольшим диаметром установочного отверстия и наименьшим диаметром пальца. Наибольший зазор можно определить

$$S_{\text{max}} = \delta_A + \delta_B + S_{\text{min}} \quad (1.12)$$

где δ_A – допуск на отверстие, 21 мкм;

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		22

δ_B – допуск на диаметр пальца, 52 мкм;

S_{\min} – минимальный зазор, 18 мкм;

$S_{\max} = 91$ 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 пальцами

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{\max}}{1} = \frac{0,091}{596} = 0,00016 \quad (1.13)$$

Погрешность базирования обрабатываемого отверстия в зависимости от расстояния его до установочного пальца - 256 мм

$$\varepsilon_6 = 256 \cdot 0,00016 = 40 \text{ мкм.}$$

Погрешность закрепления при винтовом зажиме $\varepsilon_3 = 160$ мкм.

$$\varepsilon_y = \sqrt{40^2 + 160^2} = 168 \text{ мкм}$$

Чистовой и тонкий переходы выполняются без переустановки, поэтому погрешность установки 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 1.4.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		23

2 Торце посадочного отверстия.

Конструкторский размер 299_{-0,52}. Обработка ведется в один переход.

Припуски на обработку плоскости можно рассчитать по формуле

$$Z_{\min} = Rz_{i-1} + T_{i-1} + p_{i-1} + \varepsilon_i \quad (1.14)$$

Суммарное значение Rz и T составляет 700 мкм.

Суммарное значение пространственных отклонений для обработки плоскости при установке на перпендикулярную

$$p_d = p_{\text{кор}} = \Delta_k^1 \quad (1.15)$$

Удельная кривизна для литых заготовок $\Delta_k = 1$ мкм. Длина плоскости $l=1010$ мм.

$$P_d = 1010 \text{ мкм}$$

Так как схема установки та же, что и при растачивании погрешность установки $\varepsilon_y = 168$ мкм.

Результаты расчетов сведем в таблицу 1.5.

На остальные обрабатываемые поверхности припуски назначим по справочнику [4].

На отверстия – по 2 мм на сторону, на плоскости – по 2,5 мм.

Таблица 1.4 – Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку внутренней цилиндрической поверхности $\varnothing 180^{+0,04}$

Технологический переходы	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2Z_{\min}$, мкм	Расчетный размер d_p , мм	Допуск δ , мкм	Предельный размер, мм		Предельные значения припуска, мкм	
	Rz	T	p	ε				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	700		142			176,72	2000	174,7	176,7		
Растачивание:											
Черновое	50	-	86	168	$2 \cdot 1437$	179,594	400	179,2	179,6	2874	4500

					Лист	
					БР-15.03.05-2023 ПЗ	
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата	24	

Чистовое	3 0	-	57	0	2 · 136	179,866	160	179,7 1	179,8 7	272	51 6
Тонкое	-	-	-	0	2 · 87	180,04	40	180	180,0 4	174	29 0
Итого										332 0	53 06

Таблица 1.5 – Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку торца

Технологические переходы	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск Z_{min} , мкм	Расчетный размер l_p , мм	Допуск δ , мкм	Предельный размер, мм		Предельные значения припуска, мкм	
	R z	T	p	ϵ				l_{min}	l_{max}	Z_{min}	Z_{max}
Заготовка	700		10 10			300,204	2400	300, 2	302, 6		
Фрезерование											
Черновое	-	-	61	16 8	1724	298,48	520	298, 48	299	172 4	36 00
Итого										172 4	36 00

1.8. Расчет режимов резания

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

Произведем расчет режимов резания для тех же поверхностей.

1 Посадочное отверстие $\text{Ø}180^{+0,04}$ мм.

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

Черновое растачивание.

Глубина резания по таблице 1.4 $t = 2,7$ 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] $S = 0,6$ мм/об.

Скорость резания при растачивании рассчитывают по эмпирической формуле

$$V = \frac{C_y}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \cdot 0,9 \quad (1.16)$$

где значения коэффициента C_v и показателей степени берутся из таблицы 17 [14] $C_v = 243$; $x = 0,15$; $y = 0,4$; $m = 0,2$;

K_v – общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания, равен

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \quad (1.17)$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала, по таблице 1 [14] для чугуна с HB=190- $K_{MV} = 1$;

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

K_{iv} – коэффициент, учитывающий материал инструмента, по таблице 6 [14] для пластин из твердого сплава ВК6- $K_{iv} = 1$;

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

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

0,9 – поправочный коэффициент на растачивание.

$$V = \frac{243}{60^{0,2} \cdot 2,7^{0,15} \cdot 0,6^{0,4}} \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 121 \text{ м/мин}$$

Частота вращения определяется по формуле

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 121}{3,14 \cdot 180} = 214 \text{ об/мин} \quad (1.18)$$

Примем стандартное значение 200 об/мин.

Уточним скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 180 \cdot 200}{1000} = 100 \text{ м/мин} \quad (1.19)$$

Сила резания рассчитывается по формуле

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

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		27

где постоянная C_p и показатели степени возьмем из таблицы 22[14]

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

K_p – поправочный коэффициент, учитывает фактические условия резания.

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

где K_{mp} – учитывает влияние качества обрабатываемого материала, для серого чугуна с HB = 190 по таблице 9 [14] $K_{mp} = 1$;

$K_{фp}$ – учитывает влияние главного угла в плане, при $\phi = 30^\circ$

$$- K_{фp} = 1,08;$$

K_{yp} – учитывает влияние переднего угла, при $y = 0^\circ$ - $K_{yp} = 1,1$;

$K_{\lambda p}$ – учитывает влияние угла наклона главного лезвия, при $\lambda = 0$ - $K_{\lambda p} = 1$;

K_{rp} – учитывает влияние радиуса при вершине, при $r = 0,5$ мм - $K_{rp} = 0,93$.

После подстановки получаем $K_p = 1,15$.

Сила резания

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 2,7^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 100^0 \cdot 1,15 = 1226 \text{ Н}$$

Мощность резания рассчитывается по формуле

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1226 \cdot 100}{1020 \cdot 60} = 2 \text{ кВт} \quad (1.22)$$

Мощность принятого нами универсального станка 19 кВт, станка с ЧПУ – 26 кВт.

Чистовое растачивание.

Глубина резания по таблице 1.4 $t = 0,2$ 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 $r = 0,5$ мм, $S = 0,25$ мм/об.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		28

Расчеты производим по тем же формулам.

Скорость резания (1.16)

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 0,2^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} 0,9 = 207 \text{ м/мин}$$

Частота вращения (1.18)

$$n = \frac{1000 \cdot 207}{3,14 \cdot 180} = 367 \text{ об/мин}$$

Примем стандартное значение 315 об/мин.

Уточним скорость резания (1.9)

$$V = \frac{3,14 \cdot 180 \cdot 315}{1000} = 160 \text{ м/мин}$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 180 \cdot 315}{1000} = 160 \text{ м/мин}$$

Сила резания (1.20)

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 0,2^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 160^0 \cdot 1,15 = 135 \text{ Н}$$

Мощность

резания

(1.22)

$$N_e = \frac{135 \cdot 160}{1020 \cdot 60} = 0,4 \text{ кВт}$$

Тонкое растачивание

Глубина резания по таблице 1.4 $t = 0,1 \text{ мм}$.

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

Скорость резания находим по той же таблице $V = 250 \text{ м/мин}$.

Частота

вращения

(1.18)

$$n = \frac{1000 \cdot 250}{3,14 \cdot 180} = 442 \text{ об/мин}$$

Примем стандартное значение 400 об/мин.

Уточним

скорость

резания

(1.19)

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		29

$$V = \frac{3,14 \cdot 180 \cdot 400}{1000} = 200 \text{ м/мин}$$

Сила резания (1.20)

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 0,1^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 200^0 \cdot 1,15 = 28 \text{ Н}$$

Мощность

резания

(1.22)

$$N_e = \frac{28 \cdot 200}{1020 \cdot 60} = 0,1 \text{ кВт}$$

2 Фрезерование торца.

Обработка ведется в один переход – черновой.

Черновое фрезерование.

Глубина резания по таблице $1.5 t = 2,5 \text{ мм}$.

Режущий инструмент – торцевая фреза Ø500 с числом зубьев $z = 40$.

Подача на один зуб фрезы по таблице 33 для торцевых фрез с пластинами из твердого сплава $S_z = 0,24 \text{ мм/зуб}$.

Скорость резания – окружная скорость фрезы определяется по формуле [14]

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} K_v \quad (1.23)$$

Значение коэффициента C_v и показателей степени возьмем из таблицы 39, а период стойкости – из таблицы 40[14].

$C_v = 445$; $q = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$; $u = 0,2$; $p = 0$; $m = 0,32$; период стойкости $T = 180 \text{ мин}$; ширина фрезерования $B = 450 \text{ мм}$.

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания (1.17) $K_v = 0,8$;

$$V = \frac{445 \cdot 500^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,2^{0,35} \cdot 450^{0,2} \cdot 40^0} 0,8 = 206 \text{ м/мин}$$

Частота вращения определяется по формуле (1.18)

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		30

$$n = \frac{1000 \cdot 206}{3,14 \cdot 500} = 131 \text{ об/мин}$$

Принимаем стандартное значение 125 об/мин.

Уточним скорость резания (1.19)

$$V = \frac{3,14 \cdot 500 \cdot 125}{1000} = 200 \text{ м/мин}$$

Сила резания – окружная сила

$$P_z = \frac{10 C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} K_{MP} \quad (1.24)$$

Значения C_p и показателей степени примем по таблице 41, а поправочный коэффициент на качество материала – по таблице 9 [14]

$$C_p = 54,5; x = 0,9; y = 0,74; u = 1; q = 1; w = 0; K_{MP} = 1.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 2,5^{0,9} \cdot 0,2^{0,74} \cdot 450^1 \cdot 40}{500^1 \cdot 125^0} = 5630 \text{ Н}$$

Крутящий момент на шпинделе

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{5630 \cdot 500}{2 \cdot 100} = 14 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (1.25)$$

Мощность резания (1.22)

$$N_e = \frac{5630 \cdot 200}{1020 \cdot 60} = 18,4 \text{ кВт}$$

Мощность принятого нами универсального станка 22 кВт.

Мощность станка с ЧПУ – 26 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	2,5	9,6	200	125	5630	18,4
Растачивание черновое	2,7	0,6	100	200	1226	2
Растачивание чистовое	0,2	0,25	160	315	135	0,4
Растачивание тонкое	0,1	0,1	200	400	28	0,1
Сверление отв. Ø 19	9,5	0,41	20	315	2554	0,29
Развертывание	0,1	0,8	31,5	400	187	0,1

отв. Ø 20						
Сверление отв. Ø 6,5	3,25	0,21	10	500	1262	0,11
Нарезание М8	0,75	1,5	8	315	224	0,03
Сверление отв. Ø 12,5	6,25	0,38	20	400	2375	0,19
Нарезание М14	0,75	1,5	6,3	250	263	0,04
Сверление отв. Ø 22,5	11,25	0,5	20	315	2814	0,38
Нарезание М24	0,75	1,5	12,5	200	306	0,1

1.9. Расчет норм времени

Структуру нормы штучного времени можно представить следующей формулой [13]

$$T_{шт} = t_o + t_B + t_{тех} + t_{орг} + t_{отд} \quad (1.26)$$

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;

$t_{тех}, t_{орг}$ – время, соответственно, технического и организационного обслуживания рабочего места; $t_{отд}$ – время на отдых и личные потребности.

Суммарное значение основного и вспомогательного времени составляет оперативное время

$$T_{оп} = t_o + t_B \quad (1.27)$$

$t_{тех}, t_{орг}$ и $t_{отд}$ 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 технологическую операцию растачивания.

1 Фрезерование торца.

Обработка ведется на проход.

Основное время обработки при фрезеровании

$$t_o = \frac{L}{S_z \cdot Z \cdot n} \quad (1.28)$$

где $L = L_0 + L_1 + L_2$ – длина обработки, состоящая из фактической длины обработки L_0 , длины врезания L_1 и длины перебега L_2 ;

S_z – подача на зуб фрезы;

Z – число зубьев фрезы;

n – частота вращения шпинделя.

Фактическая длина обработки равна длине торцев $L_0 = 990$ мм.

Длина врезания равна длине перебега и равна половине диаметра фрезы плюс 5 мм, т.е. $L = 990 + (250 + 5) \cdot 2 = 1500$ мм.

S_z , Z и n возьмем из расчетов режимов резания рассмотренных выше.

$$t_o = \frac{1500}{0,2 \cdot 40 \cdot 100} = 1,88 \text{ мин}$$

На этой операции обрабатывается два таких торца.

2 Растачивание черновое.

Обработка всех отверстий ведется на проход.

Основное время точения рассчитывается по формуле

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

где $L = L_0 + L_1 + L_2$ – длина обработки, состоящая из фактической длины обработки L_0 , длины врезания L_1 , и длины перебега L_2 ;

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		33

S-подача; n-частота вращения.

Фактическая длина обработки равна длине отверстия. Все отверстия имеют одинаковую длину $L_0 = 50$ мм.

Длина врезания равна длине перебега – 5 мм, т.е. $L = 50+10 = 60$ мм.

S и n возьмем из расчетов режимов резания рассмотренных выше.

$$t_o = \frac{60}{0,6 \cdot 200} = 0,5 \text{ мин}$$

3 Растачивание чистовое.

Обработка также ведется на проход.

Длина обработки та же $L = 60$ мм.

$$t_o = \frac{60}{0,25 \cdot 315} = 0,76 \text{ мин}$$

4 Растачивание тонкое

$$t_o = \frac{60}{0,1 \cdot 400} = 1,5 \text{ мин}$$

Так как длина всех посадочных отверстий одинаковая и режимы те же, это время умножим на 10.

Основное время всей операции

$$t_o = 1,88 \cdot 2 + (0,5 + 0,76 + 1,5) \cdot 10 = 31,36 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время [15]

1 время на установку и снятие детали со станка 1,62 мин;

2 время на смену инструмента 0,24;

3 время на подвод и отвод инструмента 2,56;

4 время на управление станком 1,36 мин.

Вспомогательное время на данной операции будет

$$t_B = 1,62 + 0,24 \cdot 32 + 2,56 + 1,36 = 13,22 \text{ мин.}$$

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		34

Оперативное время

$$T_{\text{оп}} = 31,36 + 13,22 = 44,58 \text{ мин.}$$

Укрупненно для расточных станков [15]

$$t_{\text{тех}} = 2\% T_{\text{оп}} = 0,02 \cdot 44,58 = 0,89 \text{ мин;}$$

$$t_{\text{орг}} = 1,2\% T_{\text{оп}} = 0,012 \cdot 44,58 = 0,54 \text{ мин;} \quad (1.30)$$

$$t_{\text{отд}} = 4\% T_{\text{оп}} = 0,04 \cdot 44,58 = 1,78 \text{ мин.}$$

Штучное время на данной операции

$$T_{\text{шт}} = 44,58 + 0,89 + 0,54 + 1,78 = 47,79 \text{ мин.}$$

Для условий серийного производства необходимо рассчитать штучно-калькуляционное время

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

Где подготовительно-заключительное время при работе на фрезерных станках $T_{\text{п.з.}} = 21$ мин, на расточных - 23 мин; на сверлильных - 18 мин; n - количество деталей в настроенной партии - 250 шт.

$$T_{\text{ш-к}} = \frac{23}{250} + 47,79 = 0,09 + 47,79 = 47,88 \text{ мин}$$

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

Операция	t_0	t_B	$t_{\text{оп}}$	$t_{\text{тех}}$	$t_{\text{орг}}$	$t_{\text{отд}}$	$t_{\text{шт}}$	$t_{\text{ш-к}}$
10 Фрезерная 1 фрезерование пов.1	3,38	2,39	5,77	0,17	0,09	0,33	6,36	6,44
20 Фрезерная 1 фрезерование пов.2 2 фрезерование пов.4	0,54 0,54	2,68	4,74	0,14	0,08	0,27	5,23	5,31
30 Сверлильная 1 сверлильная Ø19 2 зенкерование Ø19,8 3 развертывание Ø20	0,14 · 2 0,09 · 2 0,06 · 2	2,97	3,55	0,11	0,06	0,23	3,95	4,02

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		35

40 Расточная	3,76	13,22	44,58	0,89	0,54	1,78	47,79	47,8
1 фрезерование	5							8
2 растачивание черновое	7,6							
3 растачивание чистовое	15							
4 растачивание тонкое								
50 Сверлильная	3,64	4,95	9,43	0,28	0,15	0,55	10,41	10,4
1 сверление 14 отв.Ø6,5	0,84							8
2 нарезание М8								
60 Сверлильная	4,08	7,52	13,56	0,41	0,24	0,83	15,04	15,1
1 сверление 24 отв.Ø14,5	1,68							1
2 нарезание М14	0,19							
3 сверление отв.Ø23,5	0,09							
4 нарезание М25								
70 Сверлильная	4,08	7,17	12,93	0,39	0,23	0,79	14,34	14,4
1 сверление 24 отв.Ø14,5	1,68							1
2 нарезание М14								

Таблица 1.7 – Нормы времени на универсальном оборудовании

Таблица 1.8 – Нормы времени на станках с ЧПУ

Операция	t_0	t_B	$t_{оп}$	$t_{тех}$	$t_{орг}$	$t_{отд}$	$t_{шт}$	$t_{ш-к}$
10 Фрезерная	3,38							
1 фрезерование пов.1	3,64							
2 сверление 14 отв.Ø6,5	0,84							
3 нарезание М8	0,42							
4 фрезерование пов.2	0,54	2,08	11,48	0,12	0,07	0,25	11,92	12,06
5 фрезерование пов.4	0,14· 2							
6 сверление 2 отв.Ø19	0,09· 2							
7 зенкерование до Ø19,8	0,06· 2							
8 развертывание до Ø20								
30 Расточение	1,88							

					БР-15.03.05-2023 ПЗ			Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата				36

1 фрезерование	2,5							
2 растачивание черновое	3,8							
3 растачивание чистовое	7,5							
4 растачивание тонкое	4,08							
5 сверление 24 отв.Ø14,5	1,68		47,98	0,42	0,23	0,85	50,85	50,72
6 нарезание M14	0,19							
7 сверление отв.Ø23,5	0,09	4,68						
8 нарезание M25	1,88							
9 фрезерование	2,5							
10 растачивание черновое	3,8							
11 растачивание чистовое	7,5							
12 растачивание тонкое	4,08							
13 сверление 24 отв. Ø14,5	1,68							
14 нарезание M14								

2. Конструкторская часть

2.1. Проектирование расточного приспособления

2.1.1. Техническое задание на проектирование расточного приспособления

Назначение зажимных механизмов станочных приспособлений состоит в надежном закреплении детали на станке, предупреждающем вибрации и смещения относительно опор приспособления при обработке.

Необходимо спроектировать зажимное приспособление для установки заготовки на основной технологической операции – растачивание посадочных отверстий. К расположению этих отверстий

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		37

предъявлено требование параллельности друг к другу и перпендикулярности к торцу, поэтому необходимо спроектировать приспособление, позволяющее обработать торцы и все отверстия с одной установки.

2.1.2. Расчет необходимой силы закрепления

Заготовка устанавливается плоскостью уступов на опорные пластины приспособления, лишаящие ее трех степеней свободы и являющиеся главной технологической базой. В качестве направляющей и упорной базы служат два установочных пальца – один цельный, второй срезанный. Силовое замыкание производится двумя прихватами с винтовым зажимом.

Зажимное приспособление должно предотвратить сдвиг заготовки под действием силы резания. Это требование можно выдержать обеспечением необходимой силы зажима винтов.

Рассчитаем необходимые силы зажима, предотвращение сдвиг заготовки.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ					
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата	Конструкторская часть					
Разраб.	Парасюк							Лит.	Лист	Листов
Провер.	Желтобрюхов								38	64
Н. Контр.	Сагалакова							ХТИ-филиал СФУ Кафедра ЭМиАТ		
Зав. Каф.	Торопов							Группа 29-1		

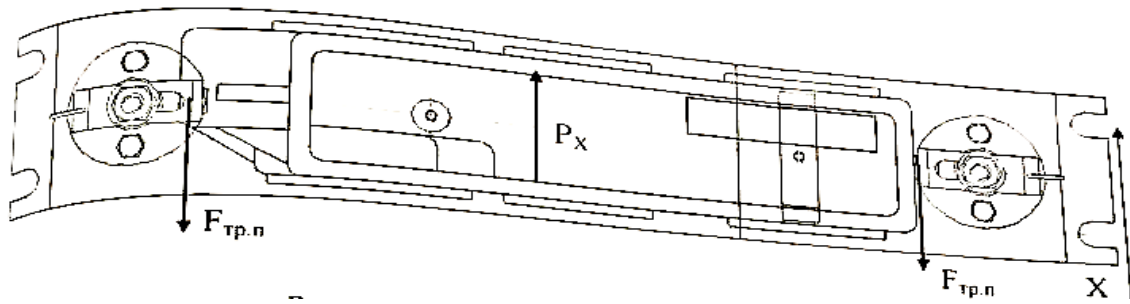


Рисунок 2.1- Схема приспособления

По схеме приспособления (рисунок 2.1), составим уравнение равновесия сил, относительно оси X. Примем черновой переход растачивания.

$$\sum F_X = P_X - 2F_{тр.п} = 0$$

(2.1)

где P_X -осевая сила при растачивании, Н;

$F_{тр}$ -сила трения прихвата о заготовку, Н;

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

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

Q-сила действия прихвата на заготовку.

Сила резания рассчитывается по формуле

$$P_S = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

(2.3)

где постоянная C_p и показатели степени возьмем из таблицы 22 [14]

$C_p = 46$; $x = 1$; $y = 0,4$; $n = 0$.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		39

$$C_p=46; x=1; y=0,4; n=0.$$

$K_p=1,15$ – поправочный коэффициент, учитывает фактические условия резания.

Примем переход черного растачивания, так как при этом сила наибольшая.

$$P_s=10 \cdot 46 \cdot 1,7^1 \cdot 0,6^{0,4} \cdot 100^0 \cdot 1,15=733\text{Н}$$

После преобразований получим

$$733=2Q \cdot 0,16$$

$$Q=2,3\text{кН}.$$

2.1.3 Расчет силового привода

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

Прихват (рисунок 2.2) представляет собой двух плечевой рычаг с осью вращения на одном конце. На другом конце развивается сила прихвата, а между ними действует сила болта.

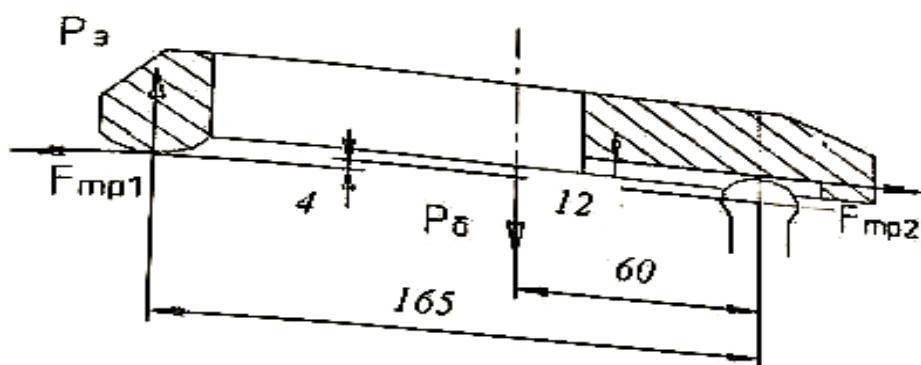


Рисунок 2.2-Схема прихвата

На прихват кроме привода действует сила трения о заготовку, сила трения о привод и сила, с которой заготовка действует на прихват, по модулю равна силе действия прихвата -3180Н

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

$$P_3 \cdot 165 + F_{\text{тр}1} \cdot 4 - P_6 \cdot 60 + F_{\text{тр}2} \cdot 12 = 0$$

(2.4)

где $F_{\text{тр}1} = P_3 \cdot k_{\text{тр}}$ - сила трения прихвата о заготовку;

$F_{\text{тр}2} = P_6 \cdot K_{\text{тр}}$ - сила трения прихвата об упор.

Произведем следующие преобразования:

$$P_3(165 + K_{\text{тр}} \cdot 4) = P_6(60 - K_{\text{тр}} \cdot 12)$$

Отсюда можно определить силу, которую должен развить болт

$$P_6 = 2300 \cdot \frac{165 + 0,16 \cdot 4}{60 - 0,16 \cdot 12} = 650 \text{Н}$$

В качестве силового привода в данном зажимном приспособлении используем винтовой зажим. Гайка должна создавать силу не менее 20200Н.

Номинальный диаметр гайки можно рассчитать по формуле[1].

$$d = C \sqrt{P_6 / \sigma} = 1,4 \sqrt{6560 / 80} = 12,68 \text{мм}$$

(2.5)

где $C=1,4$ -коэффициент запаса для основной метрической резьбы;

P_6 – сила болта, необходимая для закрепления заготовки ,Н;

σ – напряжение растяжения для винтов из стали 45 с учетом износа резьбы 80Мпа.

Конструктивно, соизмеримо с размерами детали, и с учетом других факторов примем диаметр резьбы М36.

Рассчитаем момент, который необходимо развить на рукоятке ключа для получения заданной силы закрепления.

$$M=r_{cp} \cdot P_6 \cdot \operatorname{tg}(\alpha+\rho)+M_{\text{тр}}$$

(2.6)

Где $r_{cp}=0,45d$ –средний радиус резьбы;

α - угол подъема резьбы (для М36 $\alpha= 630'$);

ρ - $1030'$ - угол трения в резьбе;

$M_{\text{тр}}$ –момент трения на опорном торце гайки

$$M_{\text{тр}}=\frac{1}{3}f \cdot P_6 \frac{D_H^3-d_B^3}{D_H^2-d_B^2} \quad (2.7)$$

$$D_H = 1,7d; d_B = d; f = 0,16.$$

После всех преобразований и подстановок формула примет вид

$$M=0,2d \cdot P_6=0,25 \cdot 6560=59\text{Нм}$$

(2.8)

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		41

При откреплении приходится преодолеть трения покоя, и поэтому значения ρ и f нужно брать на 30-50% больше, чем при закреплении. После преобразований получим формулу для определения момента открепления

$$M' = 0,25d \cdot P_6 = 0,25 \cdot 36 \cdot 6560 = 59 \text{ Нм} \quad (2.9)$$

Такие условия может развить гайковерт.

2.1.4. Расчет зажимного приспособления на точность

К точности расположения обрабатываемого и базового отверстия предъявлен допуск перпендикулярности.

Проведем расчет зажимного приспособления на точность. Чтобы определить точность приспособления для выдерживаемого на операции параметра, необходимо суммировать все погрешности, влияющие на точность этого размера. Распределение большинства погрешностей, составляющих суммарную, подчиняется закону нормального распределения и поэтому при расчетах можно воспользоваться уравнением [4]

$$E_{\text{пр}} = [T - K_T \cdot [(K_{T1} \cdot \varepsilon_6) + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{\text{и}}^2 + \varepsilon_{\text{п}}^2 + [(K_{T2} \cdot W)^2]]^{0.5} \quad (2.10)$$

где $T = 140$ мкм – допуск параллельности осей обрабатываемых на приспособлении отверстий;

$K_T = 1,2$ – 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;

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		42

$K_{T2} = 0,7$ – 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;

$\varepsilon_{и}$ – погрешность положения заготовки, возникающая в результате изнашивания элементов приспособления;

$\varepsilon_{п}$ – погрешность от перекоса инструмента.

Погрешность базирования в данном случае возникает за счет поворота заготовки в горизонтальной плоскости при установке ее на пальцы приспособления. Поворот происходит из-за наличия зазора между наибольшим диаметром установочного отверстия и наименьшим диаметром пальца. Эта погрешность была рассчитана при расчете припусков.

$$\varepsilon_6 = 51 \text{ мкм.}$$

Для рассматриваемого случая $\varepsilon_3 = 0$, т.к. силы закрепления действуют перпендикулярно установочной плоскости и на выдерживаемый допуск влияния не оказывают.

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

Погрешность положения в данном случае имеет вид

$$\varepsilon_{и} = B_2 \cdot N \tag{2.11}$$

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

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		43

N – количество контактов заготовки с опорой в год. Так как каждая деталь устанавливается в данное приспособление один раз, то фактически количество контактов равно 15000 раз.

$$\varepsilon_{и} = 0,002 \cdot 15000 = 30 \text{ мкм.}$$

В связи с тем, что в приспособлении отсутствуют направляющие элементы, $\varepsilon_{п} = 0$,

$$\text{Экономическая точность } W = 60 \text{ мкм.}$$

$$E_{пр} = 140 - 1,2 \cdot [(0,6 \cdot 51)^2 + 30^2 + (0,7 \cdot 60)^2]^{0,5} = 140 - 72 = 68 \text{ мкм.}$$

Отсюда видно, что допуск параллельности перекрывает все возникающие погрешности и спроектированное приспособление при обработке позволит выдержать заданное требование.

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 установочных отверстий производят двумя калибрпробками – 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

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		44

Конструктором, на посадочные отверстия корпуса, установлен допуск перпендикулярности к торцу. В соответствии с этим, в данной работе спроектируем специальное приспособление для контроля перпендикулярности.

Описание конструкции и расчет на точность приведены ниже.

2.2.2. Описание конструкции приспособления для контроля перпендикулярности

Для осуществления контроля ось посадочного отверстия необходимо материализовать.

Для этого в деталь по посадочному отверстию устанавливаем оправку приспособления 2 (рисунок 2.3), которая опирается на торец детали упором 5. Контроль производим индикаторной головкой часового типа 10, установленной на оправке 2 таким образом, чтобы ее наконечник соприкасается с контролируемым торцом. Показания снимаем при повороте оправки с индикатором вокруг оси отверстия.

Оправка центрируется в отверстии корпуса двумя рядами подпружиненных шариков 7.

Для удобства осуществления контроля на оправке предусмотрена ручка 1.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		45

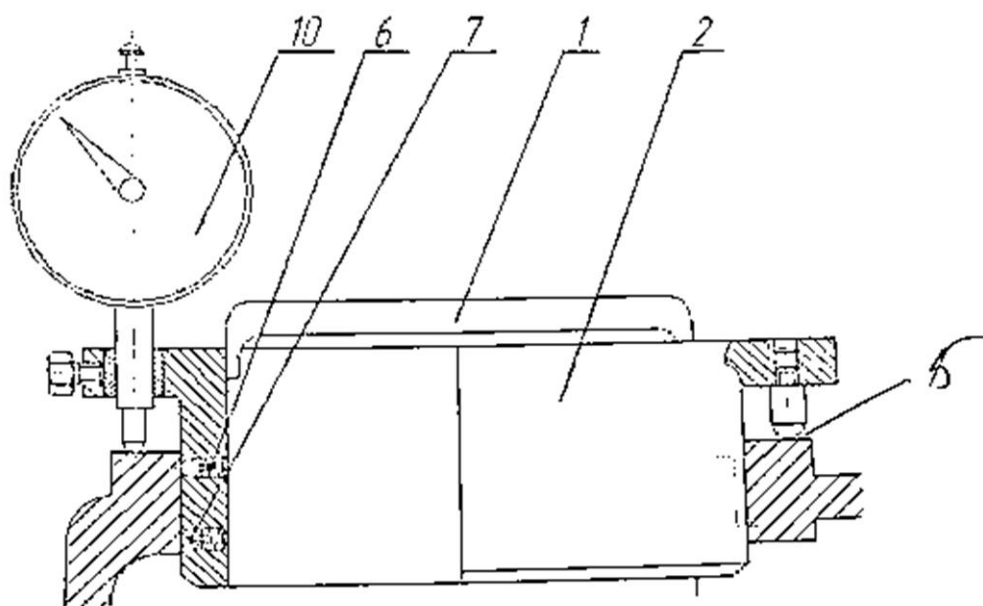


Рисунок 2.3 – Схема контрольного приспособления

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 [4]

$$\Delta_{\text{изм}} = \sqrt{\Delta_{\text{уст}}^2 + \Delta_{\text{изн}}^2 + \Delta_m^2 + \Delta_{\text{инд}}^2} \quad (2.12)$$

где $\Delta_{\text{уст}}$ – погрешность установки детали на приспособление, зависит от точности установочной поверхности.

Погрешность установки оправки в корпус определим из условия подобных треугольников – угол наклона оправки в отверстии равен углу наклона индикатора

$$\frac{S}{50} = \frac{\Delta_{уст}}{20} \quad (2.13)$$

где S – максимально возможный зазор между оправкой и отверстием корпуса, 0,1 мм;

50 – длина контакта оправки и детали;

20 – вылет планки индикатора.

$$\Delta_{уст} = \frac{0,1 \cdot 20}{50} = 0,004 \text{ мм}$$

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

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

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

$$\Delta_{изм} = \sqrt{0,004^2 + 0,001^2 + 0,002^2 + 0,005^2} = 0,007 = 7 \text{ мкм} < 15 \text{ мкм}.$$

Из расчета видно, что данное приспособление обладает достаточной точностью и с его помощью можно производить контроль требуемого параметра.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		48

3. Экономическая часть

3.1. Выбор необходимого оборудования участка

Для обработки корпуса нами было разработано два технологических процесса. В базовом варианте производим обработку детали на широкоуниверсальном 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
Вертикально-фрезерный 6A56	1	22	26	5,3x3,9	931000	931000
Горизонтально-расточный 2636	3	19	24	8,2x5,1	2169000	6507000
Радиально-сверлильный 2M57	3	7,5	30	3,5x1,6	793500	2380500
ИТОГО	7	101,5	188	288		9818500

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

					БР-15.03.05-2023 ПЗ		
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата			
Разраб.	Парасюк				Лит.	Лист	Листов
Провер.	Желтобрюхов					49	64
Н. Контр.	Сагалакова				ХТИ-филиал СФУ Кафедра ЭМиАТ Группа 29-1		
Зав. Каф.	Торопов						
Экономическая часть							

Таблица 3.2 – Перечень оборудования с ЧПУ

Тип оборудования	Кол-во	Мощность, кВт	Единицы ремонтной сложности R _М	Занимаемая площадь, м ²	Стоимость единицы обор, руб	Суммарная стоимость, руб
Горизонтальный обрабатывающий центр с ЧПУ DugardНВМ – 110-2000	4	26	62	5,2х7,5	5471200	21884800
ИТОГО	4	104	248	216		

3.2. Планировка участка с универсальным оборудованием

Для планировки необходимо определить площадь участка и произвести расстановку оборудования по типам станков. На участке механической обработки расположены 7 универсальных станков.

Согласно требованиям техники безопасности, расстояния между соседними станками для средних станков: при расположении их боковыми сторонами друг к другу – не менее 0,9 м; при расположении «в затылок» - не менее 1,5 м; при расположении лицом к друг другу и многостаночном обслуживании - не менее 1,3 м; расстояние от стен и колонн до тыльной или боковой стороны станка – 0,9 м [14].

Для движения погрузчиков и уборочных машин, по середине цеха, необходим магистральный проезд шириной 2 м. Произведя расстановку оборудования, примем унифицированную ширину пролета 12 м. Он расположен в 4 стандартных секциях с шагом колонн – 6 м. Станки расположены в два ряда с двух сторон проезда.

Следовательно, площадь участка $S = 12 \cdot 6 \cdot 4 = 288 \text{ м}^2$.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		50

3.3. Планировка участка с оборудованием ЧПУ

При обработке на станках с ЧПУ требуется 4 станка.

Так как основное время значительное, применим многостаночное обслуживание – на участке будет в смену работать один рабочий.

Ширина пролета так же 12 м. После расстановке станков, участок займет 3 стандартные секции с шагом колонн – 6 м.

Станки так е расположены с двух сторон от проезда.

Площадь участка $S = 12 \cdot 6 \cdot 3 = 216 \text{ м}^2$.

3.4. 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 транспортного участка, поэтому произведем только выбор межоперационного транспорта и транспорта по доставке заготовок на участок и отправки с него.

Детали, обрабатываемые на участке, относятся к тяжелым металлическим твердым деталям с плоской базой транспортируемым поштучно. Для таких деталей в качестве межоперационного транспорта целесообразно применять поворотные краны. Они устанавливаются около стен и не требуют широких проездов, просты в управлении. Кран-укосина имеет вылет стрелы до 5 м и грузоподъемность до 500 кг. Для транспортирования корпуса через проезд применим монорельсы. [5]

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

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		51

3.5. 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.

При обработке на станках с ЧПУ контроль производится самим станком при помощи встроенной системы контроля.

3.6. Организация системы инструментального обеспечения

Система инструментального обеспечения 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.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		52

3.7. Организация систем 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 чистота 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 значению, содержанию и объему виды работ.

Структура ремонтного цикла имеет вид [5]

К-О-О-Т-О-О-Т-О-О-С-О-О-Т-О-О-Т-О-О-К

Где К-капитальный ремонт; Т-текущий ремонт;

С-средний ремонт; О-осмотр.

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

3.8. Расчет себестоимости делали

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 – 9997,42 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 [9]

$$C_{\text{обр}} = \sum C_{\text{обр}}^{di} \quad (3.1)$$

где i – порядковый номер операции;

m – число рассматриваемых операций;

$C_{\text{обр}}^{di}$ – 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

$$З = C^{\text{н}} \cdot k_p \cdot k_c \cdot k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{п}} \cdot k_d \cdot k_{\text{соц}} \cdot T_{\text{шт}}^{di} \quad (3.2)$$

где $C^{\text{н}}$ – часовая тарифная ставка первого разряда, 52,2 руб./ч;

k_p – коэффициент разряда,

$k_c, k_{\text{пр}}, k_{\text{п}}, k_d, k_{\text{соц}}$ – коэффициенты, учитывающие соответственно, районную и северную надбавку к заработной плате (1,3), приработок

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		53

рабочего (1), доплату по премиальной системе (1,4), дополнительную заработную плату (1,095), отчисления на социальные нужды (1,3);

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

При использовании универсального оборудования все рабочие третьего разряда. Коэффициент разряда 1,21. Общее время обработки на универсальном оборудовании 103,65 мин или 1,7275 ч; на станках с ЧПУ – 64,28 мин или 1,0714 ч.

$$Z_{\text{ун}} = 52,2 \cdot 1,21 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,095 \cdot 1,3 \cdot 1,7275 = 282,69 \text{ руб/дет}$$

При использовании станков с ЧПУ применяется многостаночное обслуживание и на участке в смене работает только один рабочий третьего разряда. Он одновременно обрабатывает четыре детали, поэтому, фактическое время, затрачиваемое на одну деталь, будет 0,2679 ч. Доплата за многостаночное обслуживание составляет 25%. Также необходимо учесть зарплату наладчиков, как 15% от зарплаты станочника.

$$Z_{\text{ЧПУ}} = 52,2 \cdot 1,21 \cdot 1,25 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,095 \cdot 1,3 \cdot 0,2679 \cdot 1,15 = 63,02 \text{ руб/дет}$$

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 для универсальных станков и 1% - для станков с ЧПУ. Стоимость инструмента рассчитывается как 1% от стоимости технологического оборудования. Стоимость инвентаря

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		54

рассчитывается как 0,5% от суммарной стоимости технологического оборудования и здания.

Амортизацию ОПФ, приходящуюся на одну деталь, определим делением на годовую программу выпуска (15000 шт).

Таблица 3.3- Основные производственные фонды при использовании универсального оборудования

ОПФ	Кол-во	Стоимость единицы ОПФ, руб.	Суммарная стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Годовые амортизот числ, руб.	Амортиз отчисл. На деталь, руб
1.Здание	288м ²	72000	207360000	3	622080	41,47
2.Оборудование	7шт		9818500	12	1178220	78,55
3.Транспорт			294555	8	23565	1,57
4.Инструмент			98185	15	14728	0,98
5.Инвентарь			152773	15	22916	1,53
ИТОГО			31100013		1861509	124,1

Таблица 3.4 – Основные производственные фонды при использовании станков с ЧПУ

ОПФ	Кол-во	Стоимость единицы ОПФ, руб.	Суммарная стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Годовые амортизацио тчисл, руб.	Амортизацио тчисл. На деталь, руб
1.Здание	216м ²	72000	15552000	3	466560	31,11
2.Оборудование	4 шт		21884800	12	2626176	175,08
3.Транспорт			218848	8	17508	1,17
4.Инструмент			218848	15	32827	2,19
5.Инвентарь			187184	15	28078	1,87
ИТОГО			38061680		3171149	211,41

Затраты на силовую электроэнергию рассчитываются по формуле

$$\mathcal{E} = (N \cdot k_N \cdot k_B \cdot k_{од} \cdot k_w / \eta) \cdot T_{шт}^{di} \cdot \mathcal{C}_э \quad (3.3)$$

где N – мощность оборудования, кВт;

$k_N, k_B, k_{од}$ – средние коэффициенты загрузки электродвигателей по мощности, по времени, средний коэффициент одновременности работы всех двигателей (0,7);

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

η - КПД электродвигателей оборудования (0,7);

$\Pi_э$ – тариф на электроэнергию (1,52 кВт· ч).

$\mathcal{E}_{ун} = (101,5 \cdot 0,75 \cdot 0,89 \cdot 0,7 \cdot 1,06/0,7) \cdot 1,7275 \cdot 1,52 = 188,58$
руб/дет

$\mathcal{E}_{чпу} = (104 \cdot 0,75 \cdot 0,95 \cdot 0,7 \cdot 1,06/0,7) \cdot 1,0714 \cdot 1,52 = 127,92$
руб/дет

Затраты на ремонт оборудования определим по формуле

$$P = \frac{W_M \cdot R_M \cdot T_{шт}}{T_{р \cdot ц}} \quad (3.4)$$

где W_M – затраты на все виды планово-предупредительного ремонта за ремонтный цикл, приходящийся на единицу ремонтной сложности данного оборудования – 12000 руб.

R_M – единицы ремонтной сложности;

$T_{р \cdot ц}$ – длительность ремонтного цикла 6 лет или 24174 часа;

$T_{шт}$ – штучное время на определенном типе оборудования – на фрезерном станке – 0,1958 ч, на сверлильных – 0,7337 ч, на расточных – 0,798 ч, на станках с ЧПУ – 1,0714 ч.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		56

$$P_{\text{ун}} = \frac{12000 \cdot (26 \cdot 0,1958 + 90 \cdot 0,7337 + 72 \cdot 0,798)}{24174} = 86,79 \text{ руб/дет}$$

$$P_{\text{ЧПУ}} = \frac{12000 \cdot 248 \cdot 1,0714}{24174} = 131,9 \text{ руб/дет}$$

Себестоимость механической обработки

$$C_{\text{ун}} = 282,69 + 124,1 + 188,58 + 86,79 = 682,16 \text{ руб/дет}$$

$$C_{\text{ЧПУ}} = 63,02 + 211,41 + 127,92 + 131,9 = 534,25 \text{ руб/дет}$$

Суммарные затраты на заготовку и дальнейшую механическую обработку детали

$$C_{\text{ун}} = S_{\text{заг}} + C_{\text{ун}} = 9997,42 + 682,16 = 10679,58 \text{ руб/дет}$$

$$C_{\text{ЧПУ}} = S_{\text{заг}} + C_{\text{ЧПУ}} = 9997,42 + 534,25 = 10531,67 \text{ руб/дет}$$

Данный расчет показал, что обработка на станках с ЧПУ экономически выгодней и снизит себестоимость механической обработки на 22%. К тому же точность обработки на станках с ЧПУ выше. При этом, приведенная годовая экономия (экономический эффект на программу) составит

$$\Theta_z = (C_{02} - C_{01}) \cdot N = (10679,58 - 10531,67) \cdot 15000 = 2\,218\,650 \text{ руб} \quad (3.5)$$

3.9. Техничко-экономические показатели

1. Годовая программа выпуска задана и неизменна при обоих вариантах механической обработки – 15 000 шт.

2. Стоимость заготовки так же не зависит от варианта механической обработки и по пункту 1.6 составляет 9997,42 руб.

3. Основные производственные фонды берем по таблицам 3.3, 3.4.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		57

4. Площади участка берем по таблицам 3.1, 3.2.

5. Количество рабочих мест есть количество принятого оборудования – таблицам 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

$$Z_{\text{ср.ун}} = \frac{Z_{\text{ун}} \cdot N}{n \cdot m \cdot 12} = \frac{282,69 \cdot 15000}{7 \cdot 2 \cdot 12} = 25240 \text{ руб} \quad (3.6)$$

где $Z_{\text{ун}}$ – 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.

Среднемесячную зарплату рабочего при обслуживании станков с ЧПУ рассчитаем по формуле

$$Z_{\text{ср.ЧПУ}} = \frac{Z_{\text{ЧПУ}} \cdot N}{n \cdot m \cdot 12} = \frac{54,8 \cdot 15000}{1 \cdot 2 \cdot 12} = 34250 \text{ руб} \quad (3.7)$$

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		58

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 выпускной работе был спроектирован технологический процесс механической обработки корпуса редуктора лебедки машины трелевочной МТ8 весом 130 кг с годовой программой выпуска 15000 шт.

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 использовано высокопроизводительное оборудование ЧПУ, быстродействующая технологическая оснастка, рационально использовался стандартный и специальный режущий инструмент.

Для обработки посадочных отверстий на горизонтально-расточном станке 2636, нами было спроектировано специальное зажимное приспособление с винтовым зажимом.

Для контроля перпендикулярности торцов посадочных отверстий относительно их осей нами было спроектировано специальное контрольное приспособление с индикаторной головкой.

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

подтверждается технико-экономическими показателями

БР-15.03.05-2023 ПЗ

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата			
Разраб.	Парасюк				Лит.	Лист	Листов
Провер.	Желтобрюхов					60	64
Заключение					ХТИ-филиал (Ф.И.О.)		
БР-15.03.05-2023 ПЗ					Уфа, кафедра ЭМ и АТ		
Н. Контр.	Сагалакова				Группа 29-1		
Зам. К.ф.л.	Лист	№ документа	Подпись	Дата			

Conclusion

The graduation thesis deals with the technological process of mechanical processing of the winch gearbox housing of the MT8 skidding machine weighing 130 kg with an annual production program of 15.000 pieces.

The engineering part of the project calculations of processing allowances, cutting modes and time standards for all operations of the basic technological process and the designed one.

To reduce the processing time, high-performance CNC equipment has been used; high-speed technological equipment and standard and special cutting Tools have been rationally implemented.

To process the landing holes on the horizontal boring machine 2636, we have designed a special clamping device with a screw clamp.

To control the perpendicularity of the ends of the landing holes relative to their axes, there has been suggested a special control device with an indicator head.

The economic calculations have made it possible to prove the effectiveness of the developed technological process into production, it is verified by technical and economic indicators.

Список использованных источников

- 1 Ансеров, М. А. Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. - Л.: Машиностроение, 2004 - 656 с.
- 2 Ануриев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. в. И. Ануриев. - М.: Машиностроение, 2003 - 1846 с.
- 3 Балабанов, А.Н. Краткий справочник технолога машиностроителя А. Н. Балабанов. - М.: Издательство стандартов, 2012 - 518 с.
- 4 Болотин, Х. Л. Станочные приспособления / Х. Л. Болотин, Ф. П. Костромин. - М.: Машиностроение, 2013 - 315 с.
- 5 Великанов, К. М. Экономика и организация производства в дипломных проектах / К. М. Великанов, - Л.: Машиностроение, 1983 - 256 с
- 6 Горбачевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред.- Минск.:Вышэйшая школа, 2007 - 255 с.

		7	Горошкин, А. К. Приспособления для металлорежущих станков					
Изм	Лист	Справочник для А. К. Горошкин. - М.: Машиностроение 2001 - 303 с.						
Разраб.	Парасюк					Лит.	Лист	Листов
Провер.	Желтобрюхов						62	64
Н. Контр.	Сагалакова					ХТИ-филиал СФУ Кафедра ЭМиАТ Группа 29-1		
Зав. Каф.	Торопов							

Список использованных источников

8 Гамрат-Курек, Л. И. Экономическое обоснование дипломных проектов: учебное пособие для ВУЗов / Л. И. Гамрат-Курек. - М.: Высшая школа, 2005 - 156 с.

9 Допуски и посадки: справочник: В 2 т. / В. Д. Мягков. - Л.: Машиностроение, 2003 - 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, 2010 - 511 с.

12 Общемашиностроительные нормативы режимов резания: справочник. В 2 т. / Сост. А. Д. Локтев и др. - М.: Машиностроение, 2011 - 98 с.

13 Силантьева, Н. А. Техническое нормирование труда в машиностроении / Н. А. Силантьева, В. Р. Малиновский. - М., Машиностроение, 2010 - 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 Электронный источник - www.dugardrus.ru


					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		63

Приложения

					БР-15.03.05-2023 ПЗ		
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата	Приложения		
Разраб.	Парасюк						
Провер.	Желтобрюхов						
Н. Контр.	Сагалакова						
Зав. Каф.	Торопов				Лит.	Лист	Листов
						64	64
					ХТИ-филиал СФУ Кафедра ЭМиАТ Группа 29-1		

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Электроэнергетика, Машиностроение и Автомобильный Транспорт»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
 А.С. Горопов
подпись инициалы, фамилия
« 20 » 06 2023 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

Технологический процесс механической обработки корпуса
редуктора лебедки машины трелевочной МТ8

тема

Руководитель


подпись, дата

к.т.н., доц. каф. ЭМиАТ Е.М. Желтобрюхов.
должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата

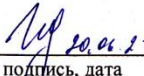
А.В Парасюк
инициалы, фамилия

Абакан, 2023 г.

Продолжение титульного листа БР по теме: Технологический процесс механической обработки корпуса редуктора лебедки машины трелевочной МТ8.

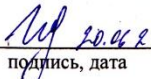
Консультанты по разделам:

Технологическая часть
наименование раздела


подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов
инициалы, фамилия

Конструкторская часть
наименование раздела


подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов
инициалы, фамилия

Организационно-экономическая часть
наименование раздела


подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов.
инициалы, фамилия

Заключение на иностранном языке
наименование раздела


подпись, дата

Н.В. Чезыбаева
инициалы, фамилия

Нормоконтролер


подпись, дата

М.М. Сагалакова
инициалы, фамилия

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

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

Кафедра «Электроэнергетика, Машиностроение и Автомобильный Транспорт»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 А.С. Горопов
подпись инициалы, фамилия

« 14 » 04 2023 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту Парасюк Андрею Вячеславовичу

фамилия, имя, отчество

Группа 29-1 Направление 15.03.05 Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных производств

Тема выпускной квалификационной работы: Технологический процесс
механической обработки корпуса редуктора лебедки машины трелевочной МТ8.

Утверждена приказом по институту № 229 от 14.04.2023 г.

Руководитель ВКР Е.М. Желтобрюхов, канд. техн. наук, доцент кафедры
ЭМиАТ, ХТИ – филиал СФУ

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР:

1. Чертеж детали;

2. Годовая программа выпуска N = 15000 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 зажимное –
1 лист ф. А1; 5. Приспособление контрольное – 1 лист ф. А1; 6. Техничко-
экономические показатели – 1 лист ф. А1

Руководитель ВКР


подпись

Е.М. Желтобрюхов

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению


подпись

А.В Парасюк

инициалы и фамилия студента

« 14 » 04 2023 г.