

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

« » 2019 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

Проектирование технологического процесса механической обработки картера
коробки и отбора мощности автогидроподъемника ВИПО-3201

тема

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

Выпускник _____ А.Р. Панина
подпись, дата инициалы, фамилия

Абакан, 2019 г.

Продолжение титульного листа БР по теме: проектирование технологического процесса механической обработки картера коробки отбора мощности автогидроподъемника ВИПО-3201

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

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 «Автомобильный Транспорт и Машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ А.Н.Борисенко
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 2019 г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы**

Студенту Паниной Алине Руслановне

фамилия, имя, отчество

Группа 25-1 Направление 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Тема выпускной квалификационной работы: Проектирование технологического процесса механической обработки картера коробки и отбора мощности автогидроподъемника ВИПО-3201

Утверждена приказом по институту № 261 от 11.04.2019 г.

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

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР:

1. Чертеж детали;

2. Годовая программа выпуска $N = 100$ 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 зажимное – 1 лист ф. А1; 5. Приспособление контрольное – 1 лист ф. А1; 6. Технико-экономические показатели – 1 лист ф. А1

Руководитель ВКР _____

подпись

Задание принял к исполнению _____

подпись

Е.М. Желтобрюхов

инициалы и фамилия

А.Р. Панина

инициалы и фамилия студента

« _____ » _____ 2019

РЕФЕРАТ

Данная работа содержит проектирование технологического процесса механической обработки картера коробки отбора мощности автогидроподъемника ВИПО-3201.

В технологической части проанализировано служебное назначение картера, сделан анализ технологичности и технических требований, выбран способ получения заготовки, произведен расчет и выбор припусков на механическую обработку, расчет и выбор режимов резания, нормирование технологического процесса обработки картера, определено необходимое количество технологического оборудования.

В конструкторской части спроектировано специальное зажимное приспособление для установки заготовки на универсальном горизонтально-фрезерном станке 6Р82 на операции фрезерования торцов. Так же спроектировано специальное контрольное приспособление для контроля параллельности оси ступенчатого посадочного отверстия под вал $\varnothing 52/80$ относительно оси отверстия под валик $\varnothing 20$.

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

В графической части работы выполнены чертеж картера, совмещенный с заготовкой, карты технологического процесса обработки картера на универсальном оборудовании и на станках с ЧПУ, чертежи зажимного и контрольного приспособлений. Вынесены основные технико-экономические показатели.

					БР-15.03.05-2019 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Реферат	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Панина					у		
Руков.	Желтобрюхов							
Т.контр.	Желтобрюхов							
Н.контр.	Сагалакова							
Зав.каф.	Борисенко							
						ХТИ – филиал СФУ кафедра АТиМ гр. 25-1		

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1 Технологическая часть	7
1.1 Служебное назначение детали.....	7
1.2...Анализ технических требований.....	7
1.3 Анализ технологичности.....	8
1.4 Выбор метода получения заготовки	9
1.5 Выбор схем базирования и составление маршрута механической обработки картера	11
1.6 Расчет и назначение припусков.....	16
1.7 Расчет режимов резания.....	21
1.8 Расчет норм времени	27
2 Конструкторская часть	31
2.1 Проектирование расточного приспособления	31
2.2 Проектирование контрольного приспособления.....	35
3 Экономическая часть	37
3.1 Выбор необходимого оборудования участка.....	37
3.2 Перечень технологического оборудования.....	37
3.3 Определение занимаемой площади цеха и ее стоимости под оборудование.....	39
3.4 Расчет себестоимости детали	39
3.5 Технико-экономические показатели.....	44
Заключение	45
Conclusion.....	46
Список использованных источников	47
Приложения	49

					БР-15.03.05-2019 ПЗ					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Содержание					
Разраб.	Панина							Лит.	Лист	Листов
Руков.	Желтобрюхов							у		
Т.контр.	Желтобрюхов							ХТИ – филиал СФУ кафедра АТиМ гр. 25-1		
Н.контр.	Сагалакова									
Зав.каф.	Борисенко									

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.

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.

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 картера коробки отбора мощности автогидроподъемника ВИПО-3201 с применением станков с ЧПУ в условиях серийного производства.

					БР-15.03.05-2019 ПЗ		
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.	Панина				Лит.	Лист	Листов
Руков.	Желтобрюхов				у		
Т.контр.	Желтобрюхов				ХТИ – филиал СФУ кафедра АТиМ гр. 25-1		
Н.контр.	Сагалакова						
Зав.каф.	Борисенко						
Введение							

1 Технологическая часть

1.1 Анализ служебного назначения

Картер коробки отбора мощности представляет собой литую корпусную деталь коробчатого типа, которая является основной базой для монтажа всех узлов и деталей и служит резервуаром для масла. Также картер защищает детали и узлы от воздействия окружающей среды.

1.2 Анализ технических требований

Материал детали - серый чугун СЧ20 с пределом прочности $\sigma_B=200$ МПа и твердостью материала HB = 190 Н/мм². Этот материал содержит пластинчатый графит. Чугун данной марки используется для изготовления ответственных отливок с толщиной стенок $\delta_{ст} = 10-30$ мм; для изготовления деталей, требующих значительной прочности и работающих при температуре до 300°С.

Химический состав и физические свойства материала по ГОСТ 1412-85 представим в виде таблицы 1.1 и 1.2 соответственно:

Таблица 1.1 – Химический состав чугуна СЧ20

Элемент	Название	Процентное содержание, %
C	Углерод	3,3-3,5
Si	Кремний	1,4-2,4
Mn	Марганец	0,7-1,0
P	Фосфор	до 0,2
S	Сера	до 0,15

Таблица 1.2 – Физические свойства СЧ20

Плотность ρ , кг/м ³	Литейная усадка ϵ , %	Модуль упругости при растяжении $E \cdot 10^{-2}$, МПа	Удельная теплоемкость при t от 20 до 200°С, Дж	Коэффициент литейного расширения α , 1/°С	Теплопро- водность при 20°С λ , Вт/(м·°С)
$7 \cdot 10^3$	1,1	850-1100	480	$9,5 \cdot 10^{-6}$	54

Применение серого чугуна СЧ20 вполне приемлемо.

					БР-15.03.05-2019 ПЗ					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Технологическая часть					
Разраб.	Панина							Лит.	Лист	Листов
Руков.	Желтобрюхов							у		
Т.контр.	Желтобрюхов							ХТИ – филиал СФУ кафедра АТиМ гр. 25-1		
Н.контр.	Сагалакова									
Зав.каф.	Борисенко									

В технических требованиях указано покрыть наружные поверхности эмалью НЦ – 132П ГОСТ 6831-94.

На чертеже представлены все виды и разрезы, поясняющие конструкцию детали. Конструкция детали сложна по конструкции. Имеются различные выступы. В целом, конструкция детали ясна. На чертеже указаны все размеры, которые необходимы для получения заготовки и обработки детали. Предельные отклонения размеров соответствуют квалитетам и полям допусков ЕСПД. В технических требованиях оговорено на неуказанные предельные отклонения размеров принимать 14 квалитет точности. Шероховатость поверхностей указана. Допуски формы и расположения поверхностей указаны в соответствии с действующими стандартами.

Рабочий чертеж картера содержит все необходимые сведения, дающие полное представление о детали, которые совершенно четко и однозначно определяют его конфигурацию и возможные способы получения заготовки.

1.3 Анализ технологичности

С точки зрения технологичности конструкция картера является достаточно сложной с наличием различных выступов. Отливка с применением стержней для выполнения сквозных посадочных отверстий.

Проведем качественный анализ технологичности конструкции данной детали.

Картер обладает следующими достоинствами:

- материал детали СЧ20 обрабатывается стандартными инструментами;
- деталь допускает применение высокопроизводительных режимов резания;
- обеспечен свободный доступ инструмента для обработки посадочных отверстий;
- деталь оснащена хорошим комплектом базирующих поверхностей;
- соблюдается принцип единства баз;
- допускается возможность обработки базирующей поверхности на проход;

С точки зрения обработки имеет следующие недостатки:

- при обработке отверстий на основной технологической базе необходимо применение сложной схемы базирования;
- обработка торца посадочного отверстия $\varnothing 52$ невозможна на проход из-за наличия выступающих элементов картера;
- технологически сложно и трудоемко обработать отверстие под валик из-за большой длины;
- при обработке глухих резьбовых отверстий ухудшается отвод стружки и тепла из зоны резания.

Проведем количественный анализ технологичности детали по следующим показателям [1]:

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР-15.03.05-2019 ПЗ

1. Коэффициент использования материала:

$$K_{им} = \frac{m_{дет}}{m_{заг}} = \frac{6,5}{7,5} = 0,87 > 0,75, \quad (1.1)$$

где $m_{дет}$ - масса готовой детали,

$m_{заг}$ - масса заготовки.

Деталь технологична.

2. Коэффициент обрабатываемости:

$$K_{обр} = \frac{N_{он}}{N_{об}} = \frac{34}{68} = 0,5 > 0,5, \quad (1.2)$$

где $N_{он}$ - количество обрабатываемых поверхностей,

$N_{об}$ - общее количество поверхностей.

Деталь технологична по этому показателю.

3. Коэффициент унификации:

$$K_y = \frac{K_{одн}}{K_{об}} = \frac{42}{68} = 0,62 > 0,5, \quad (1.3)$$

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

$K_{об}$ - общее количество поверхностей.

Следовательно, деталь технологична по коэффициенту унификации.

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

1.4. Выбор метода получения заготовки

Материал картера – серый чугун СЧ20. Метод выполнения заготовки в значительной мере зависит от материала.

Выбрать заготовку – значит установить способ ее получения.

Заготовки из серого чугуна получают литьем. Чаще всего их получают в песчано-глинистых формах. Проведем сравнительный экономический анализ получения отливок в песчано-глинистые формы по 2 и 3 классу точности.

Стоимость заготовок, получаемых литьем в обычные земляные формы, можно определить с достаточной точностью по формуле [6]:

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР-15.03.05-2019 ПЗ

$$S_{заз} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_g \cdot k_m \cdot k_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{отх}}{1000}, \quad (1.4)$$

где C_i - базовая стоимость 1 тонны отливки (руб) из чугуна СЧ20,

$C_i = 65000$ руб.;

Q - масса заготовки (кг),

$Q = 7,5$ кг; q - масса готовой детали,

$q = 6,5$ кг;

$S_{отх}$ - цена одной тонны отходов (руб.),

$S_{отх} = 5000$ руб.

k_m, k_c, k_g, k_m, k_n - коэффициенты, зависящие от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объема производства заготовок,

Данная заготовка принадлежит ко 2 группе серийности и 4 группе сложности.

Литье в песчано – глинистую форму по 2 классу точности:

$$k_m = 1,05; k_c = 1,2; k_g = 0,91; k_m = 1,04; k_n = 0,76.$$

$$S_{заз1} = \left(\frac{65000}{1000} \cdot 7,5 \cdot 1,05 \cdot 1,2 \cdot 0,91 \cdot 1,04 \cdot 0,76 \right) - (7,5 - 6,5) \cdot \frac{5000}{1000} = 436,81 \text{ руб.}$$

Литье в песчано – глинистую форму по 3 классу точности:

$$k_m = 1; k_c = 1,2; k_g = 0,91; k_m = 1,04; k_n = 0,76.$$

$$S_{заз2} = \left(\frac{65000}{1000} \cdot 7,5 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 0,91 \cdot 1,04 \cdot 0,76 \right) - (7,5 - 6,5) \cdot \frac{5000}{1000} = 415,77 \text{ руб.}$$

Таким образом, по значениям стоимости заготовок полученных разными методами, выбираем тот способ, который дешевле. Этим способом является литье в песчано-глинистую форму по 3 классу точности.

Экономический эффект выбранного вида изготовления заготовки в денежном выражении на годовую производственную программу выпуска изделия составит:

$$\mathcal{E}_3 = (S_{заз1} - S_{заз2}) \cdot N, \quad (1.5)$$

где $S_{заз1}$ – стоимость заготовки, полученная при первом методе, руб;

$S_{заз2}$ – стоимость заготовки, полученная при втором методе, руб.

$$\mathcal{E}_3 = (S_{заз1} - S_{заз2}) \cdot N = (436,81 - 415,77) \cdot 100 = 2104 \text{ руб.}$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР-15.03.05-2019 ПЗ

1.5 Выбор схем базирования и составление маршрута механической обработки картера

Схема базирования и закрепления, технологические базы, опорные и зажимные устройства приспособления должны обеспечивать определенное положение заготовки относительно режущих инструментов, надежность ее закрепления и неизменность базирования в течение всего процесса обработки при данной установке. Поверхности заготовки, принятые в качестве баз и их относительное расположение должны быть такими, чтобы можно было использовать наиболее простую и надежную конструкцию приспособления, удобство установки, закрепления, открепления и снятия заготовки, возможность приложения в нужных местах сил зажима и подвода режущих инструментов.

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 базу, с точки зрения соблюдения данных принципов, представляются плоскость основания картера, так как от нее назначены большинство конструкторских размеров и она имеет отверстия, которые можно использовать под установочные пальцы.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР-15.03.05-2019 ПЗ

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

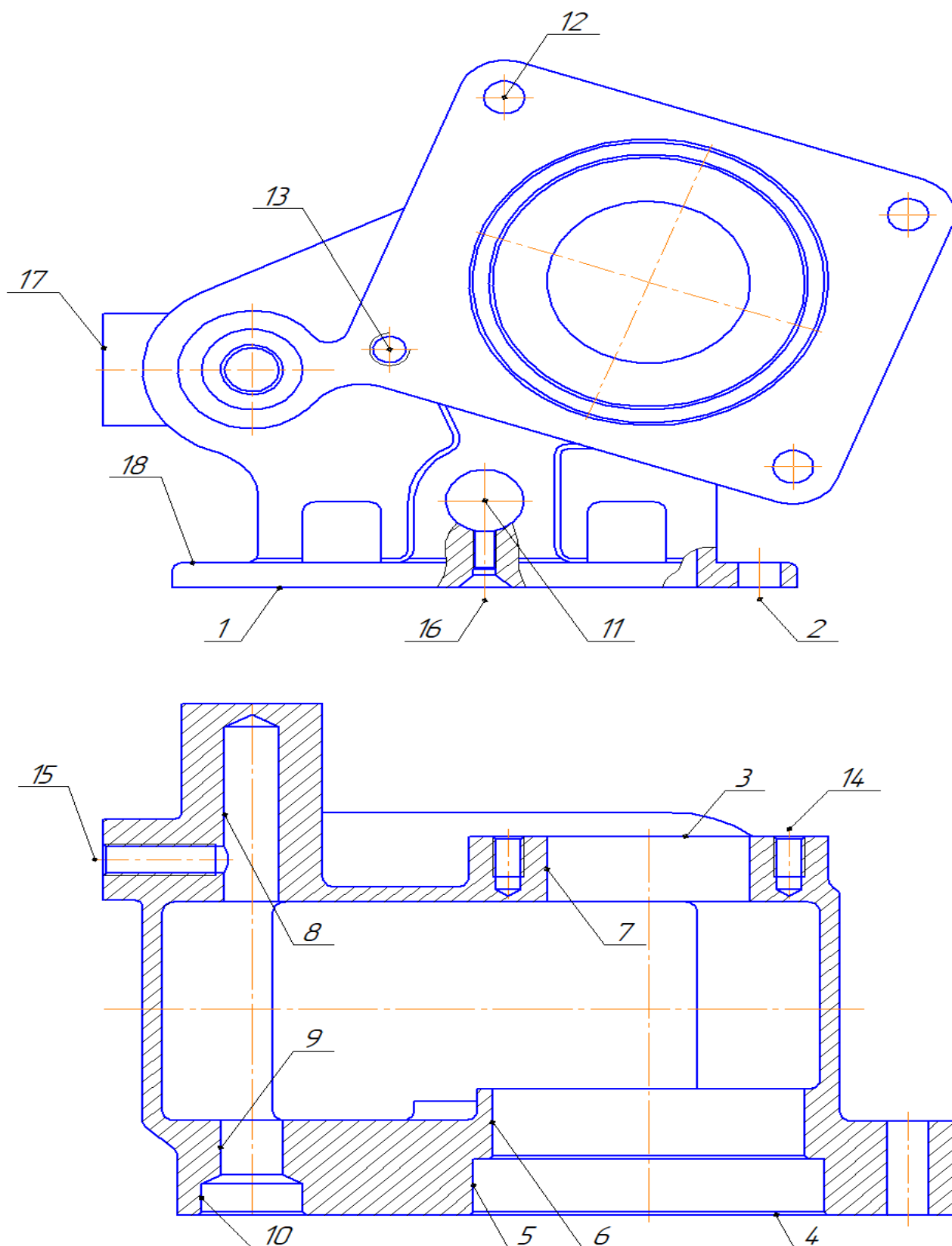


Рисунок 1.1 – Эскиз детали

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР-15.03.05-2019 ПЗ

10 Фрезерная

А. Установить заготовку.

1. Фрезеровать плоскость 1 окончательно.

База – плоскость 4 и боковая поверхность картера.

Станок горизонтально-фрезерный 6Р82, режущий инструмент – фреза торцевая по ГОСТ 9473-90 Ø200 ВК6, приспособление – специальное.

20 Сверлильная

А. Установить заготовку.

1 Сверлить 2 отверстия 2 Ø10^{+0,07} предварительно и 4 отверстия 2Ø10,8^{+0,24} окончательно.

2 Развернуть 2 отверстия 2 до Ø10,8^{+0,018} окончательно.

3 Сверлить отверстие 16 Ø5^{+0,12} предварительно.

4 Зенкеровать отверстие 16 до Ø6^{+0,18} на глубину 6 окончательно.

5 Зенковать отверстие 16 под конус окончательно.

6 Нарезать в отверстиях 16 резьбу М6х1-6Н окончательно.

База – плоскость 4 и 18.

Станок радиально-сверлильный 2М55, режущий инструмент – сверло спиральное по ГОСТ 10902-97, развертка по ГОСТ 1672-90, зенкер по ГОСТ 12489-91, зенковка коническая по ГОСТ 14953-80, метчик по ГОСТ 3266-91; приспособление – специальное.

30 Фрезерная

А. Установить заготовку.

1. Фрезеровать торец 3 окончательно.

Б. Переустановить заготовку на 180°.

2. Фрезеровать торец 4 окончательно.

В. Переустановить заготовку на 90°.

3. Фрезеровать торец 17 окончательно.

База – плоскость 1 и два отверстия 2.

Станок горизонтально-фрезерный 6Р82, режущий инструмент – фреза торцевая по ГОСТ 9473-90 Ø200 ВК6, приспособление – специальное.

40 Расточная

А. Установить заготовку.

1 Расточить отверстия 5Ø 89,5^{+0,22}, 6Ø 79,5^{+0,19}, 7Ø 51,5^{+0,19} одновременно предварительно.

2 Расточить отверстия 5Ø 89,8^{+0,087}, 6Ø79,8^{+0,074}, 7Ø 51,8^{+0,074} одновременно предварительно.

3 Расточить отверстия 5, 6, 7 окончательно со снятием 2х фасок.

4 Расточить отверстие 11Ø19,5^{+0,07}_{-0,14} на проход предварительно.

5 Расточить отверстие 11Ø19,8^{+0,028}_{-0,056} на проход предварительно.

6 Расточить отверстие 11 до Ø20^{+0,006}_{-0,040} на проход окончательно.

База – плоскость 1 и два отверстия 2.

Станок горизонтально-расточной 2М615, режущий инструмент – резец расточной по ГОСТ 18063-92, приспособление – специальное, бор-штанги расточные.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР-15.03.05-2019 ПЗ

50 Сверлильная

А. Установить заготовку.

- 1 Сверлить отверстие $8\varnothing 14^{+0,12}$ окончательно.
- 2 Рассверлить отверстие $9\varnothing 16^{+0,12}$ окончательно.
- 3 Зенкеровать отверстие 10 до $\varnothing 25^{+0,1}$ предварительно.
- 4 Развернуть отверстие 10 до $\varnothing 26^{+0,045}$ окончательно.
- 5 Развернуть фаску.
- 6 Сверлить 3 отверстия $12\varnothing 10,5^{+0,18}$ окончательно.
- 7 Сверлить отверстие $13\varnothing 8,5^{+0,058}$ под резьбу.
- 8 Нарезать в отверстиях 13 резьбу М10х1,5-6Н.

База – плоскость 3, отверстия 7, 11.

Станок радиально-сверлильный 2М55, режущий инструмент – сверло спиральное по ГОСТ 10902-97, зенкер по ГОСТ 12489-91, развертка по ГОСТ 1672-90, метчик по ГОСТ 3266-91; приспособление – специальное.

60 Сверлильная

А. Установить заготовку.

- 1 Сверлить 6 отверстий $14\varnothing 6,75^{+0,058}$ под резьбу.
- 2 Нарезать в 6 отверстиях 14 резьбу М8х1,25-6Н.

База – плоскость 4, отверстия 6, 10.

Станок радиально-сверлильный 2М55, режущий инструмент – сверло спиральное по ГОСТ 10902-97, метчик по ГОСТ 3266-91; приспособление – специальное.

70 Сверлильная

А. Установить заготовку.

1. Сверлить отверстие $15\varnothing 8,5^{+0,058}$ под резьбу.
2. Нарезать в отверстиях 15 резьбу М10х1,5-6Н.

База – плоскость 1 и два отверстия 2.

Станок радиально-сверлильный 2М55, режущий инструмент – сверло спиральное по ГОСТ 10902-97, метчик по ГОСТ 3266-91; приспособление – специальное.

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.

Основные преимущества станков с ЧПУ:

- производительность станка повышается в 1,5...2,5 раза по сравнению с производительностью аналогичных станков с ручным управлением;
- сочетается гибкость универсального оборудования с точностью и производительностью станка-автомата;

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР-15.03.05-2019 ПЗ

- снижается потребность в квалифицированных рабочих станочниках, а подготовка производства переносится в сферу инженерного труда;
- детали, изготовленные по одной программе, являются взаимозаменяемыми, что сокращает время пригоночных работ;
- сокращаются сроки подготовки и перехода на изготовление новых деталей благодаря предварительной подготовке программ, более простой и универсальной технологической оснастке.

Составим маршрут обработки картера с применением станков с ЧПУ.

10 Горизонтально-фрезерная с ЧПУ

А Паллета 1. Установить заготовку по плоскости 4 и отверстиям 6, 11.

1 Фрезеровать плоскость 1 по контуру окончательно.

2 Сверлить 2 отверстия $2 \text{ } \varnothing 10^{+0,07}$ предварительно и 4 отверстия $2 \text{ } \varnothing 10,8^{+0,24}$ окончательно.

3 Развернуть 2 отверстия 2 до $\varnothing 10,8^{+0,018}$ окончательно.

4 Сверлить отверстие 16 $\varnothing 5^{+0,18}$ предварительно.

5 Зенкеровать отверстие 16 до $\varnothing 6^{+0,18}$ на глубину 6 окончательно.

6 Зенковать отверстие 16 под конус окончательно.

7 Нарезать в отверстиях 16 резьбу М6х1-6Н окончательно.

Б Смена паллеты. Установить заготовку по плоскости 1 и двум отверстиям 2.

1. Фрезеровать торец 3 окончательно.

2. Расточить отверстие 11 $\varnothing 19,5^{+0,07}_{-0,14}$ на проход предварительно.

3. Расточить отверстие 11 $\varnothing 19,8^{+0,028}_{-0,056}$ на проход предварительно.

4. Расточить отверстие 11 до $\varnothing 20^{+0,006}_{-0,040}$ на проход окончательно.

5. Сверлить 6 отверстий 14 $\varnothing 6,75^{+0,058}$ под резьбу предварительно.

6. Нарезать в 6 отверстиях 14 резьбу М8х1,25-6Н окончательно.

В Поворот паллеты на 180°.

1. Фрезеровать торец 4 окончательно.

2. Расточить отверстие 5 $\varnothing 89,5^{+0,22}$ 6 $\varnothing 79,5^{+0,19}$, 7 $\varnothing 51,5^{+0,19}$ одновременно предварительно.

3. Расточить отверстие 5 $\varnothing 89,8^{+0,087}$ 6 $\varnothing 79,8^{+0,074}$, 7 $\varnothing 51,8^{+0,074}$ одновременно предварительно.

4. Расточить отверстие 5,6,7 окончательно.

5. Расточить фаски в отверстиях.

6. Сверлить отверстие 8 $\varnothing 14^{+0,12}$ окончательно.

7. Рассверлить отверстие 9 $\varnothing 16^{+0,12}$ окончательно.

8. Зенкеровать отверстие 10 до $\varnothing 25^{+0,1}$ предварительно.

9. Развернуть отверстие 10 до $\varnothing 26^{+0,045}$ окончательно.

10. Развернуть фаску.

11. Сверлить 3 отверстия 12 $\varnothing 10,5^{+0,18}$ окончательно.

12. Сверлить отверстие 13 $\varnothing 8,5^{+0,058}$ под резьбу.

13. Нарезать в отверстиях 13 резьбу М10х1,5-6Н.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР-15.03.05-2019 ПЗ

Г Поворот паллеты на 90°.

1. Фрезеровать торец 17 окончательно.
2. Сверлить отверстие 15 $\varnothing 8,5^{+0,058}$ под резьбу.
3. Нарезать в отверстиях 15 резьбу M10x1,5-6H.

Горизонтальный фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ Victor VC-H400; приспособление универсальное сборное механизированное; оправки расточные.

Инструмент – фреза торцевая CoroMill[®] 365 $\varnothing 200$ (Sandvik Coromant), сверло спиральное Tungaloy $\varnothing 5, 6,75, 8,5, 10, 10,5 10,8,14,16$, развертка Karnasch $\varnothing 10,8,26$, зенкер Datron $\varnothing 6, 25$ зенковка коническая Karnasch $\varnothing 6$, метчик Yamawa M6, M10, резец расточной Tungaloy $\varnothing 19,5,19,8, 20, 51,5, 51,8, 52, 79,5, 79,8, 80, 89,5, 89,8, 90$.

1.6 Расчет и назначение припусков

Расчет припусков на механическую обработку производится расчетно-аналитическим методом и по таблицам.

Расчет припусков и их определение по таблицам могут производиться только после выбора оптимального для данных условий технологического маршрута и способа получения заготовки.

Рассчитаем припуски на наиболее ответственные поверхности.

1. Обработка посадочного отверстия $\varnothing 80^{+0,03}$

Данное отверстие растачивается до шероховатости $Ra = 2,5$ 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]:

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

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 третьего класса точности, составляет 800 мкм. После первого технологического перехода T для деталей из чугуна из расчетов исключается, поэтому для чистового растачивания находим только значения $Rz = 50$ мкм.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР-15.03.05-2019 ПЗ

Величина суммарного отклонения расположения поверхности в нашем случае равна величине коробления детали и смещения обрабатываемой поверхности относительно базовой [6]:

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

Коробление учитывается как в радиальном, так и в осевом сечении [6]:

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

Удельная кривизна для литых заготовок $\Delta_k = 1$ мкм.
Диаметр отверстия $d = 80$ мм, длина $l = 125$ мм.

$$\rho_{кор} = \sqrt{(1 \cdot 80)^2 + (1 \cdot 125)^2} = 146 \text{ мкм.}$$

Величина смещения отверстия в отливке относительно установочной поверхности представляет геометрическую сумму допусков на размеры в двух взаимно перпендикулярных плоскостях [6]:

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

Допуски на размеры по третьему классу точности отливки для соответствующего размера составляют по 1800 мкм.

$$\rho_{см} = \sqrt{\left(\frac{1800}{2}\right)^2 + \left(\frac{1800}{2}\right)^2} = 1273 \text{ мкм}$$

$$\rho_d = \sqrt{146^2 + 1273^2} = 1281 \text{ мкм}$$

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

Погрешность установки определяется по формуле [6]:

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

где ε_6 – погрешность базирования;

ε_3 – погрешность закрепления.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

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

Погрешность базирования в данном случае возникает за счет перекоса заготовки в горизонтальной плоскости при установке ее на пальцы приспособления. Перекос происходит из-за наличия зазоров между наибольшим диаметром установочных отверстий и наименьшим диаметром пальцев. Наибольший зазор можно определить [6]:

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

где δ_A – допуск на отверстие, 18 мкм;
 δ_B – допуск на диаметр пальца, 18 мкм;
 S_{\min} – минимальный зазор, 10 мкм.

$$S_{\max} = 18 + 18 + 10 = 46 \text{ мкм.}$$

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 [6]:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{\max}}{l} = \frac{0,046}{140} = 0,00033, \quad (1.12)$$

где l – расстояние между базовыми отверстиями под пальцы.

Погрешность базирования обрабатываемого отверстия в зависимости от расстояния его до установочного пальца – 70 мм:

$$\varepsilon_6 = 70 \cdot 0,00033 = 23 \text{ мкм.}$$

Погрешность закрепления при винтовом зажиме и чистой базе:

$$\varepsilon_3 = 160 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_1 = \sqrt{23^2 + 160^2} = 162 \text{ мкм}$$

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.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР-15.03.05-2019 ПЗ

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. Обработка установочной плоскости картера

Конструкторский размер $28 \pm 0,08$. Данная плоскость фрезеруется до шероховатости $Rz40$. Для достижения такой точности необходимо выполнить черновое фрезерование.

Припуски на обработку плоскости можно рассчитать по формуле [6]:

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

Суммарное значение Rz и T также составляет 800 мкм. После первого технологического перехода $Rz = 50$ мкм.

Суммарное значение пространственных отклонений для обработки плоскости при установке по перпендикулярной [6]:

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

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

Длина плоскости $L = 160$ мм.

$$\rho_{кор} = 1 \cdot 160 = 160 \text{ мкм}$$

Погрешность установки на пластинки приспособления по черной базе:

$$\varepsilon_y = 600 \text{ мкм.}$$

Результаты расчетов сведем в таблицу 1.4.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР-15.03.05-2019 ПЗ

На остальные поверхности припуски назначим [6] и оформим в виде таблицы 1.5.

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 - плоскость	28±0,08	1 черновое фрезерование	1,6	2	30±0,5
3, 4 - торцы	121,4 ^{+0,2}	1 черновое фрезерование		2·1,8	125±1
5 - отверстие	∅90 ^{+0,035}	1 черновое растачивание 2 чистовое растачивание 3 тонкое растачивание		2·2,25 2·0,15 2·0,1	∅85,2 ∅89,5 ^{+0,22} ∅89,8 ^{+0,087}
6 - отверстие	∅80 ^{+0,03}	1 черновое растачивание 2 чистовое растачивание 3 тонкое растачивание	2·2,1 2·0,12 2·0,08	2·2,25 2·0,15 2·0,1	∅75,1,8 ∅79,5 ^{+0,19} ∅79,8 ^{+0,074}
7 - отверстие	∅52 ^{+0,03}	1 черновое растачивание 2 чистовое растачивание 3 тонкое растачивание		2·2,25 2·0,15 2·0,1	∅47,1,8 ∅51,5 ^{+0,19} ∅51,8 ^{+0,074}
10 - отверстие	∅26 ^{+0,045}	1 рассверливание 2 зенкерование 3 развертывание		2·1 2·4,5 2·0,5	∅14 ^{+0,12} ∅16 ^{+0,12} ∅25 ^{+0,084}
11 - отверстие	∅20 ^{+0,006 -0,04}	1 черновое растачивание 2 чистовое растачивание 3 тонкое растачивание		2·2,25 2·0,15 2·0,1	∅15,1,0 ∅19,5 ^{+0,07 -0,14} ∅19,8 ^{+0,028 -0,056}

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР-15.03.05-2019 ПЗ

1.7 Расчет режимов резания

Произведем расчет режимов резания для наиболее характерных поверхностей.

1 Растачивание посадочного отверстия $\varnothing 80^{+0,03}$

Обработка ведется с точностью по 7-му качеству в три перехода – черновой, чистовой и тонкий.

1.1 Черновое растачивание.

Глубина резания по таблице 1.5 $t = 2,25$ 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]: $S = 0,5$ мм/об.

Скорость резания при растачивании рассчитывают по эмпирической формуле [14]:

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

где значения коэффициента C_v и показателей степени берутся из таблицы 17 [13]: $C_v = 243$; $x = 0,15$; $y = 0,4$; $m = 0,2$;

K_v - общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания, равен [14]:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}, \quad (1.16)$$

где K_{mv} - коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала, по таблице 1 [14] для чугуна СЧ20 с твердостью по Бринеллю $HВ=190$ Н/мм²; $K_{mv} = 1$;

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

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

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

0,9 - поправочный коэффициент на растачивание.

$$V = \frac{243}{60^{0,2} \cdot 2,25^{0,15} \cdot 0,5^{0,4}} \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 90 \text{ м/мин}$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР-15.03.05-2019 ПЗ

Частота вращения определяется по формуле [14]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 90}{3,14 \cdot 80} = 358 \text{ об / мин} \quad (1.17)$$

Принимаем по паспорту станка $2M615n = 315$ об/мин.

Уточним скорость резания [14]:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 500}{1000} = 80 \text{ м / мин} \quad (1.18)$$

Сила резания рассчитывается по формуле [14]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (1.19)$$

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 [14]:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (1.20)$$

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

$K_{\varphi p}$ – 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 $r = 0,5$ мм - $K_{rp} = 0,93$.

$$K_p = 1 \cdot 1,08 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 1,15$$

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 2,25^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 80^0 \cdot 1,15 = 1415 \text{ Н}$$

Мощность резания рассчитывают по формуле [14]:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1415 \cdot 80}{1020 \cdot 60} = 2 \text{ кВт} \quad (1.21)$$

Полученное значение мощности не превышает мощность принятых нами горизонтально-расточного станка 26M15 $N_e = 4,5$ кВт и станка с ЧПУ - 18,5 кВт.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР-15.03.05-2019 ПЗ

1.2 Чистовое растачивание.

Глубина резания по таблице 1.5 $t = 0,15$ мм.

Подача при чистовом растачивании принимается в зависимости от требуемых параметров шероховатости обрабатываемой поверхности и радиуса при вершине резца. По таблице 14 [14] при $Ra_{3,2}$ и $r = 0,5$ мм, $S=0,25$ мм/об.

Расчеты производим по следующим формулам (1.15-1.21):

Скорость резания (1.15):

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 0,15^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 1 \cdot 0,9 = 118 \text{ м/мин}$$

Частота вращения (1.17):

$$n = \frac{1000 \cdot 118}{3,14 \cdot 80} = 470 \text{ об/мин}$$

Принимаем по паспорту станка $n = 400$ об/мин.

Уточним скорость резания (1.18):

$$V = \frac{3,14 \cdot 52 \cdot 400}{1000} = 100 \text{ м/мин}$$

Сила резания (1.19):

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 0,15^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 100^0 \cdot 1,15 = 80 \text{ Н}$$

Мощность резания (1.21):

$$N_e = \frac{80 \cdot 100}{1020 \cdot 60} = 0,13 \text{ кВт}$$

Полученное значение мощности не превышает мощности принятых нами универсального станка $N_e = 4,5$ кВт и станка с ЧПУ - 18,5 кВт.

1.3 Тонкое растачивание.

Глубина резания по таблице 1.5 $t = 0,1$ мм.

Подача при тонком растачивании по таблице 19 [14] при $Ra_{2,5}$, $S=0,1$ мм/об.

Скорость резания находим по той же таблице $V = 125$ м/мин.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР-15.03.05-2019 ПЗ

Частота вращения (1.17):

$$n = \frac{1000 \cdot 125}{3,14 \cdot 80} = 507 \text{ об / мин}$$

Уточним скорость резания (1.18):

$$V = \frac{3,14 \cdot 52 \cdot 500}{1000} = 125 \text{ м / мин}$$

Сила резания (1.19):

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 0,1^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 125^0 \cdot 1,15 = 19 \text{ Н}$$

Мощность резания (1.21):

$$N_e = \frac{19 \cdot 125}{1020 \cdot 60} = 0,05 \text{ кВт}$$

Полученное значение мощности не превышает мощность принятых нами горизонтально-расточного станка $N_e = 4,5$ кВт и станка с ЧПУ - 18,5 кВт.

2 Фрезерование установочной плоскости

Обработка ведется в один переход – черновой.

Режущий инструмент – торцевая фреза $\varnothing 200$ с числом зубьев $z = 20$.

2.1 Черновое фрезерование.

Глубина резания по табл. $1.5t = 2$ мм.

Подача на один зуб фрезы по таблице 33 [14] для торцевых фрез с пластинами из твердого сплава $S_z = 0,15$ мм.

Скорость резания – окружная скорость фрезы [14]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} K_v, \quad (1.22)$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР-15.03.05-2019 ПЗ

$$V = \frac{445 \cdot 200^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,15^{0,35} \cdot 126^{0,2} \cdot 20^0} 0,8 = 128 \text{ м/мин}$$

Частота вращения (1.17):

$$n = \frac{1000 \cdot 128}{3,14 \cdot 200} = 203 \text{ об/мин}$$

Принимаем по паспорту станка 6P82 $n=200$ об/мин.

Уточним скорость резания (1.18):

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

Сила резания при фрезеровании – окружная сила [14]:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} K_{MP}, \quad (1.23)$$

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

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

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 2^{0,9} \cdot 0,15^{0,74} \cdot 126^1 \cdot 20}{200^1 \cdot 200^0} 1 = 3155 \text{ Н}$$

Крутящий момент на шпинделе:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{3155 \cdot 200}{200} = 3,2 \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (1.24)$$

Мощность резания (1.21):

$$N_e = \frac{3155 \cdot 125}{1020 \cdot 60} = 6,5 \text{ кВт}$$

Полученное значение мощности не превышает мощности принятого горизонтально-фрезерного станка 6P82 $N_e = 7,5$ кВт и станка с ЧПУ – 18,5 кВт.

По результатам расчетов можно сделать вывод о том, что универсальные станки 2M55 и 6P82 и горизонтальный фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ Victor Vcentr-H400 подходят для выполнения данных операций.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР-15.03.05-2019 ПЗ

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	3	125	200	3155	6,5
Растачивание черновое Ø80	2,25	0,5	80	315	1415	2
Растачивание чистовое Ø80	0,15	0,25	100	400	80	0,13
Растачивание тонкое Ø80	0,1	0,1	125	500	19	0,03
Растачивание черновое Ø20	2,25	0,5	40	630	1415	2
Растачивание чистовое Ø20	0,15	0,25	50	800	80	0,13
Растачивание тонкое Ø20	0,1	0,1	63	1000	19	0,05
Сверление отв.Ø5	2,5	0,16	10	500	2600	0,4
Сверление отв.Ø6,25	3,125	0,2	10	500	2720	0,4
Сверление отв.Ø8,5	4,25	0,25	12,5	500	2830	0,7
Сверление отв.Ø10	5	0,32	12,5	400	2960	0,9
Сверление отв.Ø14	7	0,35	16	400	3120	1
Рассверливание отв.Ø16	1	0,5	20	400	560	0,2
Зенкерование Ø6	0,5	0,8	20	630	472	0,2
Зенкерование Ø25	4,5	1	25	315	647	0,3
Развертывание Ø10,8	0,4	1,6	20	630	356	0,12
Развертывание Ø26	0,5	2	31,5	400	432	0,22
Нарезание резьбы М6	0,5	1	3,15	200	420	0,02
Нарезание резьбы М8	0,625	1,25	5	200	460	0,04
Нарезание резьбы М10	0,75	1,5	5	160	480	0,04

БР-15.03.05-2019 ПЗ

1.8. Расчет норм времени

Структуру нормы штучного времени можно представить следующей формулой [13]:

$$T_{шт} = t_o + t_в + t_{тех} + t_{орг} + t_{отд}, \quad (1.25)$$

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

$t_в$ - 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 [13]:

$$T_{оп} = t_o + t_в, \quad (1.26)$$

где $t_{тех}$, $t_{орг}$ 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 четвертую операцию – Расточную – обработки основных посадочных отверстий.

Эта операция содержит 6 технологических переходов:

1 Растачивание черновое.

Обработка ведется на проход оправкой с тремя расточными резцами.

Основное время при растачивании [13]:

$$t_o = \frac{L}{S \cdot n}, \quad (1.27)$$

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

S - подача;

n - частота вращения.

Длина отверстия 22 мм. Длина врезания равна длине перебега – по 5 мм. При растачивании врезание равно перебегу и составляет по 5 мм.

Длина обработки $L = 22 + 5 + 5 = 32$ мм.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР-15.03.05-2019 ПЗ

Подачу и частоту вращения шпинделя берем из расчетов резания.

$$S = 0,5 \text{ мм/об}; n = 315 \text{ об/мин}$$

$$t_o = \frac{32}{0,5 \cdot 315} = 0,21 \text{ мин}$$

2 Растачивание чистовое.

$$t_o = \frac{32}{0,25 \cdot 400} = 0,32 \text{ мин}$$

3 Растачивание тонкое.

$$t_o = \frac{32}{0,1 \cdot 500} = 0,64 \text{ мин}$$

4 Растачивание черновое $\varnothing 20$.

Обработка ведется на проход оправкой с двумя расточными резцами.

Фактическая длина обработки равна $L_o = 22$ мм.

Длина врезания равна длине перебега – по 5 мм.

Длина обработки $L = 22 + 5 + 5 = 32$ мм.

Подачу и частоту вращения шпинделя берем из расчетов резания.

$$S = 0,5 \text{ мм/об}; n = 630 \text{ об/мин.}$$

$$t_o = \frac{32}{0,5 \cdot 630} = 0,1 \text{ мин}$$

5 Растачивание чистовое $\varnothing 20$.

$$t_o = \frac{32}{0,25 \cdot 800} = 0,16 \text{ мин}$$

6 Растачивание тонкое $\varnothing 20$.

$$t_o = \frac{32}{0,1 \cdot 1000} = 0,32 \text{ мин}$$

Основное время всей операции:

$$t_o = 0,21 + 0,32 + 0,64 + 0,1 + 0,16 + 0,32 = 1,75 \text{ мин.}$$

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР-15.03.05-2019 ПЗ

Таблица 1.7 – Нормы времени на универсальном оборудовании

Операция	t _о	t _в	T _{оп}	t _{тех}	t _{орг}	t _{отд}	T _{шт}	T _{ш-к}
10 Фрезерная								
1 фрезерование черновое	0,62	1,76	2,38	0,07	0,04	0,15	2,64	2,87
20 Сверлильная								
1 сверление 6 отв. Ø10	0,78							
2 развертывание Ø10,2	0,04							
3 сверление Ø5	0,38	3,48	4,87	0,15	0,08	0,29	5,39	5,61
4 зенкерование Ø6	0,02							
5 развертывание	0,02							
6 нарезание М6х1-6Н	0,15							
30 Фрезерная								
1 фрезерование черновое	0,42	2,14	3,56	0,11	0,06	0,24	3,97	4,2
2 фрезерование черновое	0,72							
3 фрезерование черновое	0,28							
40 Расточная								
1 растачивание черновое	0,21							
2 растачивание чистовое	0,32							
3 растачивание тонкое	0,64	4,14	5,89	0,21	0,11	0,35	6,56	6,80
4 растачивание черновое	0,10							
5 растачивание чистовое	0,16							
6 растачивание тонкое	0,32							
50 Сверлильная								
1 сверление Ø14	1,22							
2 рассверливание Ø16	0,24							
3 зенкерование Ø25	0,05							
4 развертывание Ø26	0,03	3,82	6,83	0,21	0,12	0,41	7,57	7,79
5 развертывание фаски	0,02							
6 сверление 3 отв. Ø10,5	0,96							
7 сверление Ø8,5	0,32							
8 нарезание М10х1,5-6Н	0,17							
60 Сверлильная								
1 сверление 6 отв. Ø6,25	1,5	2,06	3,04	0,09	0,05	0,17	3,35	3,57
2 нарезание М8х1,25-6Н	0,48							
70 Сверлильная								
1 сверление отв. Ø8,5	0,32	1,72	2,21	0,07	0,04	0,13	2,45	2,67
2 нарезание М10х1,5-6Н	0,17							

БР-15.03.05-2019 ПЗ

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Таблица 1.8 – Нормы времени на оборудовании с ЧПУ

Операция	t _о	t _в	T _{оп}	t _{тех}	t _{орг}	t _{отд}	T _{шт}	T _{ш-к}
10 Фрезерная Паллета 1.	0,91	0,65						
1 фрезерование черновое по контуру	0,78	0,37						
2 сверление 6 отв. Ø10	0,04							
3 развертывание Ø10,2	0,38							
4 сверление Ø5	0,02							
5 зенкерование Ø6	0,02							
6 развертывание	0,15	0,14						
7 нарезание М6х1-6Н	0,38							
Смена паллеты	0,21							
1 фрезерование черновое	0,32							
2 растачивание черновое	0,64							
3 растачивание чистовое	0,09	0,48						
4 растачивание тонкое	0,13							
5 растачивание черновое	0,26							
6 растачивание чистовое	1,5							
7 растачивание тонкое	0,48							
8 сверление 6 отв. Ø6,25		0,14						
9 нарезание М8х1,25-6Н	1,02		15,68	0,54	0,28	1,12	17,62	19,57
Поворот паллеты на 180°								
1 фрезерование черновое по контуру	0,21							
2 растачивание черновое	0,32							
3 растачивание чистовое	0,64							
4 растачивание тонкое	0,11							
5 растачивание черновое	0,16							
6 растачивание чистовое	0,32	0,73						
7 растачивание тонкое	1,22							
8 сверление Ø14	0,24							
9 рассверливание Ø16	0,05							
10 зенкерование Ø25	0,03							
11 развертывание Ø26	0,02							
12 развертывание фаски	0,96							
13 сверление 3 отв. Ø1	0,32							
14 сверление Ø8,5	0,17							
15 нарезание М10х1,5-6Н	0,28	0,14						
Поворот паллеты на 90°	0,31							
1 фрезерование черновое	0,17	0,17						
2 сверление отв. Ø8,5								
3 нарезание М10х1,5-6Н								

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР-15.03.05-2019 ПЗ

2. Конструкторская часть

2.1 Проектирование зажимного приспособления

Техническое задание на проектирование

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

Необходимо спроектировать зажимное приспособление для установки заготовки на технологической операции фрезерования торцов. Базирование производится по установочной плоскости. Базовая поверхность предварительно обработанная и имеет отверстия под пальцы.

Описание работы приспособления

Заготовка устанавливается в приспособление плоскостью на опорные пластинки 8 (см. БР-15.03.05-2019 СБ), лишаящие ее трех степеней свободы и являющиеся главной технологической базой. В качестве направляющей и упорной баз служат два установочных пальца 9 и 10. Силовое замыкание производится двумя прихватами 3 с пневмоприводами 1, посредством клина 8 и ролика 7 происходит движение штока 5, который передает усилие на прихват 3 и происходит силовой зажим заготовки. После стравливания воздуха, под действием пружины пневмоцилинда происходит разжим заготовки. Прихваты вручную сдвигаются в сторону, и заготовка снимается с установочных пальцев.

Расчет силы привода

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

Прихват представляет собой двух плечевой рычаг с осью вращения, на одном конце, которого приложена сила привода, а на другом - развивается необходимая сила закрепления.

На прихват кроме силы привода действуют сила трения о заготовку, сила трения о привод и сила, с которой заготовка действует на прихват, по модулю равная силе закрепления $Q' = |Q|$.

Силу привода определим из условия равновесия этого рычага, то есть сумма моментов относительно оси вращения рычага должна быть равна нулю (рисунок 2.1).

					БР-15.03.05-2019 ПЗ					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Конструкторская часть					
Разраб.	Панина							Лит.	Лист	Листов
Руков.	Желтобрюхов							у		
Т.контр.	Желтобрюхов							ХТИ – филиал СФУ кафедра АТиМ гр. 25-1		
Н.контр.	Сагалакова									
Зав.каф.	Борисенко									

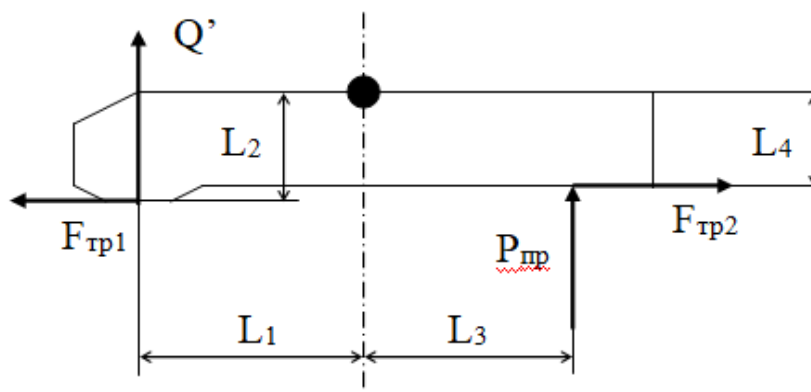


Рисунок 2.1 - Схема действия сил прихвата

$$Q' \cdot L_1 + F_{тр1} \cdot L_2 - 2P_{пр} \cdot L_3 - F_{тр2} \cdot L_4 = 0 \quad (2.1)$$

где L_1, L_2, L_3, L_4 - плечи соответствующих сил;

$$F_{тр1} = Q' \cdot k_{мп} - \text{сила трения прихвата о заготовку};$$

$$F_{тр2} = P_{пр} \cdot k_{мп} - \text{сила трения прихвата о привод.}$$

Произведем следующие преобразования:

$$Q' \cdot (L_1 + k_{мп} \cdot L_2) = P_{пр} \cdot (L_3 + k_{мп} \cdot L_4) \quad (2.2)$$

Необходимое усилие закрепления примем равной силе резания при черновом фрезеровании торцов $P_z = 3155 \text{ Н}$.

Отсюда можно выразить и определить силу привода [9]:

$$P_{пр} = Q' \cdot \frac{L_1 + f \cdot L_2}{L_3 + f \cdot L_4}, \quad (2.3)$$

где $L_1 = 22 \text{ мм}$; $L_2 = 24 \text{ мм}$; $L_3 = 50 \text{ мм}$; $L_4 = 8 \text{ мм}$; $f = 0,16$.

Подставив данные в формулу, получим:

$$P_{пр} = 3155 \cdot \frac{22 + 0,16 \cdot 24}{50 + 0,16 \cdot 8} = 1590 \text{ Н}$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР-15.03.05-2019 ПЗ

Расчет силового привода

В качестве силового привода в данном зажимном приспособлении используем пневмопривод, соединенный с плунжером, который должен действовать на прихват с силой $P_{пр}$ не менее 1590 Н. Воздействие осуществляется через клиновую передачу с роликовыми опорами.

Рассчитаем необходимую силу $P_{шт}$ на штоке и через нее определим диаметр пневмоцилиндра [7]:

$$P_{np} = \frac{1 - \operatorname{tg} \left(\alpha_1 + \frac{d}{D} \cdot f \right) \cdot \operatorname{tg} \phi_3}{\operatorname{tg} \left(\alpha_1 + \frac{d}{D} \cdot f \right) + \frac{d}{D} \cdot f} \cdot P_{шт}, \quad (2.4)$$

где $\alpha_1 = 10^\circ$ - угол клина;

$\phi_3 = 30^\circ$ - угол трения в направляющей плунжера;

$f = 0,2$ - коэффициент трения в шарнире;

$d = 3$ мм - диаметр оси ролика;

$D = 10$ мм - диаметр ролика.

Преобразуя формулу и подставив данные, получим $P_{шт} = 1590$ Н.

Сила действия штока преобразуется из силы давления подаваемого воздуха через следующее соотношение [7]:

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

где $P_{сж} = 6$ атм - давление сжатого воздуха, подаваемого в камеру пневмоцилиндра;

D - диаметр штока пневмоцилиндра;

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

Отсюда выразим диаметр пневмоцилиндра [7]:

$$D = \sqrt{\frac{4 P_{шт}}{\pi \cdot P_{сж} \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1590}{3,14 \cdot 6 \cdot 0,95}} = 18,9 \text{ мм} = 19 \text{ мм}. \quad (2.6)$$

Полученное значение округлим до ближайшего большего стандартного и примем цилиндр с диаметром поршня $D = 25$ мм.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР-15.03.05-2019 ПЗ

Расчет зажимного приспособления на точность

К точности расположения друг относительно друга обрабатываемых отверстий и расположения относительно базовой плоскости предъявлен допуск параллельности 0,08 мм.

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 [5]:

$$E_{np} = \leq T \cdot K_m \cdot [(K_{m1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_u^2 + \varepsilon_n^2 + [(K_{m2} \cdot W)^2]^{0,5}, \quad (2.7)$$

где $T = 80$ мкм – допуск параллельности оси обрабатываемых посадочных отверстий и установочной плоскости;

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

$K_{m1} = 0,6$ - коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках;

$K_{m2} = 0,7$ - коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами, независимыми от приспособления;

W - экономическая точность обработки;

ε_{δ} - погрешность базирования заготовки в приспособлении;

ε_3 - погрешность закрепления заготовки, возникающая в результате действия сил зажима;

ε_y - погрешность установки приспособления на станке;

ε_u - погрешность положения заготовки, возникающая в результате изнашивания элементов приспособления;

ε_n - погрешность от перекоса инструмента.

Погрешность базирования из пункта 1.7 $\varepsilon_{\delta} = 23$ мкм.

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

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР-15.03.05-2019 ПЗ

Погрешность положения имеет вид:

$$\varepsilon_u = B_2 \cdot N, \quad (2.8)$$

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, то $N = 100$ раз.

$$\varepsilon_u = 0,002 \cdot 100 = 0,2 \text{ мкм}$$

В связи с тем, что в приспособлении отсутствуют направляющие элементы, $\varepsilon_n = 0$.

Экономическая точность $W = 50$ мкм.

$$E_{np} = 80 - 1,2 \cdot [(0,6 \cdot 23)^2 + 0,2^2 + (0,7 \cdot 50)^2]^{0,5} = 80 - 38 = 42 \text{ мкм.}$$

Из расчета следует, что допуск параллельности перекрывает все возникающие погрешности и назначенную точность можно получить в условиях серийного производства.

2.2. Проектирование контрольного приспособления

Контроль точности линейных размеров в основном производится стандартным мерительным инструментом – штангенциркулем и штангенрейсмасом ГОСТ 166-89. Контроль посадочных отверстий производят нутромером ГОСТ 868-82.

Контроль установочных отверстий производят двумя калибр-пробками – проходной и непроходной.

Контроль установочных отверстий производят двумя калибр-пробками – проходной и непроходной.

Контроль качества обработанной поверхности производят с помощью образцов шероховатости ГОСТ 9378-93 путем их сравнения.

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

Техническое задание на проектирование

Для точной установки вала коробки и валика переключения друг относительно друга, к картеру предъявлено требование параллельности осей этих отверстий не более 0,08 мм.

Это требование выдерживается обработкой указанных отверстий с одной установки на одной операции 40 Расточная.

Для контроля указанного параметра спроектируем специальное приспособление.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР-15.03.05-2019 ПЗ

Описание конструкции и расчет на точность приведены ниже.

Описание конструкции приспособления

Для контроля параллельности оси отверстий необходимо материализовать. Для этого в деталь устанавливаем по посадочным отверстиям две оправки 1 и 3 типа вал, упирающиеся в торцы картера приливами. Контроль производим индикаторной головкой часового типа 6, установленной на вставке 4 в верхней оправке 3, наконечник которой соприкасается с нижней оправкой 1.

Слегка покачивая индикатор, находим наименьшее расстояние между оправками и выводим индикатор на ноль. Показания снимаем при перемещении вставки 4 с индикатором 6 вдоль оси отверстий.

Чтобы оправки небыли слишком длинными, перемещение производим только на 40 мм. Так как ширина корпуса 120 мм, полученные показания необходимо домножить на 3. Чтобы перемещение произошло именно на 40 мм, на свободном конце выдвигной вставки 4 предусмотрена ограничительная шайба.

Для облегчения вставка 4 полая.

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 параллельности составляет 80 мкм, следовательно, погрешность измерения не должна превышать 20 мкм.

Погрешность измерения определяется по формуле [5]:

$$\Delta_{изм} = \sqrt{\Delta_{уст}^2 + \Delta_{изн}^2 + \Delta_m^2 + \Delta_{инд}^2}, \quad (2.9)$$

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

Погрешность установки равна нулю, так как оправки под собственным весом точно ориентируются по осям контролируемых отверстий.

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

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

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

$$\Delta_{изм} = \sqrt{0,001^2 + 0,002^2 + 0,005^2} = 0,006 = 6 \text{ мкм} < 20 \text{ мкм}$$

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР-15.03.05-2019 ПЗ

3 Экономическая часть

3.1 Выбор необходимого оборудования участка

Проанализировав нормирование, примем следующее универсальное оборудование:

для операций 10 и 30 – один станок 6P82 с $T_{ум-к} = 7,07$ мин;

для операции 20 и 70 – один станок 2M55 с $T_{ум-к} = 8,28$ мин;

для операции 40 – один станок 2M615 с $T_{ум-к} = 6,8$ мин;

для операции 50 и 60 – один станок 2M55 с $T_{ум-к} = 11,36$ мин;

Время обработки программы деталей определим по формуле [7]:

$$T_N = \frac{T_{ум.маx} \cdot N}{F_{\partial} \cdot 60} = \frac{11,36 \cdot 100}{1946 \cdot 60} = 0,0097 \text{ года}, \quad (3.1)$$

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

N – годовая программа выпуска деталей, 100 шт,

F_{∂} – годовой действительный фонд времени работы оборудования, 1946 ч.

Для оборудования с ЧПУ примем 1 станок горизонтальный фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ Victor Vcentr-H400 $T_{ум-к} = 19,57$ мин.

Время обработки программы деталей определим по формуле:

$$T_N = \frac{T_{ум.маx} \cdot N}{F_{\partial} \cdot 60} = \frac{19,57 \cdot 100}{1946 \cdot 60} = 0,017 \text{ года}.$$

3.2 Перечень технологического оборудования

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

					БР-15.03.05-2019 ПЗ					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Экономическая часть					
Разраб.	Панина							Лит.	Лист	Листов
Руков.	Желтобрюхов							у		
Т.контр.	Желтобрюхов							ХТИ – филиал СФУ кафедра АТиМ гр. 25-1		
Н.контр.	Сагалакова									
Зав.каф.	Борисенко									

Таблица 3.1 – Перечень универсального оборудования

Тип оборудования	Кол-во	Мощность, кВт	Единицы ремонтной сложности R _м	Занимаемая площадь, м ²	Стоимость единицы обор, руб	Суммарная стоимость, руб
Горизонтально-фрезерный 6P82	1	7,5	22	2,3x1,95	930000	930000
Радиально-сверлильный 2M55	2	5,5	21	2,7x1,0	1100000	2200000
Горизонтально-расточной 2M615	1	4,5	24	4,3x2,6	3072000	3072000
Итого	4	23	88	21,07		6202000

Для повышения производительности 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 _м	Занимаемая площадь, м ²	Стоимость единицы обор, руб	Суммарная стоимость, руб
Горизонтальный фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ Victor Vcentr-N400	1	18,5	41	2,6x5,3	5267000	5267000
Итого	1	18,5	41	13,78		5267000

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

БР-15.03.05-2019 ПЗ

3.3 Определение занимаемой площади цеха и ее стоимости под оборудование

Площадь, занимаемую оборудованием, определим по формуле [7]:

$$S = f \cdot k_f, \quad (3.2)$$

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 картера нам потребуется 4 универсальных станка с общей площадью $21,07 \text{ м}^2$.

$$S_{\text{унв}} = 21,07 \cdot 2,5 = 52,68 \text{ м}^2$$

Стоимость одного квадратного метра производственного здания составляет 5000 руб. Соответственно стоимость площади под универсальное оборудование составит $S_{\text{унв}} = 263400 \text{ руб.}$

При обработке на станках с ЧПУ требуется 1 станок площадью $13,78 \text{ м}^2$.

$$S_{\text{ЧПУ}} = 13,78 \cdot 2,5 = 34,45 \text{ м}^2$$

Стоимость одного квадратного метра производственного здания составляет 5000 руб. Соответственно стоимость площади под оборудование с ЧПУ составит $S_{\text{ЧПУ}} = 172250 \text{ руб.}$

3.4 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 – 415,77 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]:

$$C_{\text{обр}} = \sum C_{\text{обр}}^{di}, \quad (3.3)$$

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.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР-15.03.05-2019 ПЗ

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 [5]:

$$Z = C^{ri} \cdot k_p \cdot k_c \cdot k_{np} \cdot k_n \cdot k_d \cdot k_{соц} \cdot T_{шт}^{di}, \quad (3.4)$$

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

k_p – коэффициент разряда,

$k_c, k_{np}, k_n, k_d, k_{соц}$ – 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 все рабочие третьего разряда. Коэффициент разряда 1,21. Общее время обработки на универсальном оборудовании 33,5 мин или 0,58 ч; на станках с ЧПУ – 19,57 мин или 0,3262 ч.

$$Z_{унв} = 52,2 \cdot 1,21 \cdot 1,3 \cdot 1,4 \cdot 1,095 \cdot 1,3 \cdot 0,58 = 94,91 \text{ руб./дет.}$$

При использовании станков с ЧПУ применяется многостаночное обслуживание и на участке в смене работает только один рабочий третьего разряда. Так как основное время работы станка в 4 раза больше вспомогательного времени, рабочий может обслуживать еще 3 станка, занятые обработкой других деталей коробки. Поэтому, фактическое время, затрачиваемое на картер, будет 0,0816 ч. Доплата за многостаночное обслуживание составляет 25%. Также необходимо учесть зарплату наладчиков, как 15% от зарплаты станочника.

$$Z_{ЧПУ} = 52,2 \cdot 1,21 \cdot 1,25 \cdot 1,3 \cdot 1,4 \cdot 1,095 \cdot 1,3 \cdot 0,0816 \cdot 1,15 = 19,19 \text{ руб./дет.}$$

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Амортизацию ОПФ, приходящуюся на одну деталь, определим [5]:

$$A_{дет} = \frac{A_z \cdot T_N}{N}, \quad (3.5)$$

где A_z - годовые амортизационные отчисления, руб.,

T_N – время обработки программы, год,

N – годовая программа выпуска, 100 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	52,68 м ²	75000	3951000	3	118530	11,50
2 Оборудование	4 шт.		6202000	12	744240	72,19
3 Транспорт			224610	8	17969	1,74
4 Инструмент			74870	15	11231	1,09
5 Инвентарь			57190	15	8579	0,83
Итого			10509670		900549	87,35

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	34,45 м ²	75000	2583750	3	77513	13,18
2 Оборудование	1 шт.		5267000	12	632040	107,45
3 Транспорт			52670	8	4214	0,72
4 Инструмент			52670	15	7901	1,34
5 Инвентарь			39254	15	5888	1,00
Итого			7995344		727556	123,69

БР-15.03.05-2019 ПЗ

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Затраты на силовую электроэнергию рассчитываются по формуле [5]:

$$\mathcal{E} = (N \cdot k_N \cdot k_{\theta} \cdot k_{od} \cdot k_w / \eta) \cdot T_{um.max} \cdot \mathcal{C}_{\mathcal{E}}, \quad (3.6)$$

где N – мощность оборудования, кВт;

k_N, k_{θ}, k_{od} – 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);

$\mathcal{C}_{\mathcal{E}}$ – тариф на электроэнергию (3,75 кВт·ч).

$$\mathcal{E}_{унв} = (23 \cdot 0,84 \cdot 0,62 \cdot 0,7 \cdot 1,06 / 0,7) \cdot 0,58 \cdot 3,75 = 27,61 \text{ руб./дет.}$$

$$\mathcal{E}_{ЧПУ} = (18,5 \cdot 0,52 \cdot 0,97 \cdot 0,7 \cdot 1,06 / 0,7) \cdot 0,3045 \cdot 3,75 = 11,29 \text{ руб./дет.}$$

Затраты на ремонт оборудования определим по формуле [5]:

$$P = \frac{W_m \cdot R_m \cdot T_{um}}{T_{p.ц}}, \quad (3.7)$$

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;

$T_{p.ц}$ – длительность ремонтного цикла 6 лет или 24174 часа;

T_{um} – штучное время на определенном типе оборудования – на фрезерном – 0,1178 ч, на сверлильном – 0,3273 ч, на расточном – 0,1133 ч, на фрезерном с ЧПУ – 0,3262 ч.

$$P_{унв} = \frac{12500 \cdot (22 \cdot 0,1178 + 42 \cdot 0,3273 + 24 \cdot 0,1133)}{24174} = 9,85 \text{ руб./дет}$$

$$P_{ЧПУ} = \frac{12500 \cdot 41 \cdot 0,3262}{24174} = 6,92 \text{ руб./дет}$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР-15.03.05-2019 ПЗ

Себестоимость механической обработки определим по формуле [7]:

$$C_{унв} = Z + A_{дет.} + Э + P, \quad (3.8)$$

где Z - заработная плата основных производственных рабочих, руб.,

$A_{дет.}$ - амортизация основных производственных фондов, приходящихся на одну деталь, руб.;

$Э$ - затраты на силовую электроэнергию, руб.,

P - затраты на ремонт оборудования.

Себестоимость механической обработки на универсальном оборудовании:

$$C_{унв} = 94,91 + 87,35 + 27,61 + 9,85 = 219,72 \text{ руб./дет.}$$

Себестоимость механической обработки на станках с ЧПУ:

$$C_{ЧПУ} = 19,19 + 123,69 + 11,29 + 6,92 = 161,09 \text{ руб./дет.}$$

Суммарные затраты на заготовку и дальнейшую механическую обработку детали определим по формуле [7]:

$$C = S_{заг} + C, \quad (3.9)$$

где $S_{заг}$ - стоимость заготовки, руб.,

C - Себестоимость механической обработки, руб.

$$C_{унв} = 415,77 + 219,72 = 635,49 \text{ руб./дет.}$$

$$C_{ЧПУ} = 415,77 + 161,09 = 576,86 \text{ руб./дет.}$$

Данный расчет показал, что обработка на станках с ЧПУ экономически выгодней и снизит себестоимость механической обработки на 10,2 %. К тому же точность обработки на станках с ЧПУ выше.

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

$$Э_2 = (C_{o2} - C_{o1}) \cdot N, \quad (3.10)$$

где C_{o1} - суммарные затраты на заготовку и дальнейшую механическую обработку детали на станке с ЧПУ, руб.,

C_{o2} - суммарные затраты на заготовку и дальнейшую механическую обработку детали на универсальных станках, руб.,

N - годовая производственная программа выпуска изделия, 100 шт.

$$Э_2 = (C_{o2} - C_{o1}) \cdot N = (635,49 - 576,86) \cdot 100 = 5863 \text{ руб.}$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР-15.03.05-2019 ПЗ

3.5 Техничко-экономические показатели

1 Годовая программа выпуска задана и неизменна при обоих вариантах механической обработки – 100 шт.

2 Стоимость заготовки так же не зависит от варианта механической обработки и по пункту 1.6 составляет 415,77 руб.

3 Основные производственные фонды берем по таблицам 3.3, 3.4.

4 Площади участка берем по таблицам 1.1, 1.2.

5 Количество рабочих мест есть количество принятого оборудования – таблицам 1.1, 1.2.

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

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

7 Среднемесячную зарплату рабочего при обслуживании универсального оборудования рассчитаем по формуле [7]:

$$Z_{\text{ср.унив}} = \frac{Z_{\text{унв}} \cdot N}{n \cdot m \cdot 12 \cdot T_N} = \frac{94,91 \cdot 100}{4 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 0,0097} = 20384 \text{ руб}, \quad (3.8)$$

где $Z_{\text{унв}}$ – 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 [7]:

$$Z_{\text{ср.ЧПУ}} = \frac{Z_{\text{ЧПУ}} \cdot N}{n \cdot m \cdot 12 \cdot T_N} = \frac{19,19 \cdot 100}{0,25 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 0,017} = 37627 \text{ руб}, \quad (3.9)$$

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР-15.03.05-2019 ПЗ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе представлена технология изготовления картера коробки отбора мощности автогидроподъемника ВИПО-3201 с годовой программой выпуска 100 шт.

В ходе проектирования отработана рациональная структура технологических процессов механической обработки, рассчитаны оптимальные режимы, выбрано высокопроизводительное оборудование и металлорежущий инструмент, а также спроектированы быстродействующие зажимное (для фрезерной операции) и контрольное приспособления (для контроля параллельности осей отверстий $\varnothing 52/80$ и $\varnothing 20$).

Разработаны высокоэффективные, за счет перечисленных мероприятий, варианты технологических процессов механической обработки, как для универсального металлорежущего оборудования, так и современного оборудования с ЧПУ.

Проведенный технико-экономический анализ разработанных вариантов технологических процессов показал, что применение оборудования с ЧПУ обеспечивает снижение в 4 раза количества используемого оборудования и рабочих мест, уменьшение в 1,5 раза площадей под оборудование, уменьшение фонда заработной платы за счет снижения количества рабочих. В целом, экономический расчет показал, что обработка на станках с ЧПУ экономически выгодней по сравнению с обработкой на универсальном оборудовании и снизит себестоимость механической обработки на 10,2 %, что подтверждается технико-экономическими показателями процесса. При этом экономический эффект составит 5863 рубля на годовую программу выпуска.

					БР-15.03.05-2019 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Заключение	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Панина				у		
Руков.		Желтобрюхов						
Т.контр.		Желтобрюхов						
Н.контр.		Сагалакова						
Зав.каф.		Борисенко				ХТИ – филиал СФУ кафедра АТиМ гр. 25-1		

CONCLUSION

This graduate qualification work presents the manufacturing technology of crankcase of power takeoff attachment for autohydraulic hoist VIPO-3201 with the annual programme of 100 pieces.

When designing the rational structure of technological processes of machining job was worked out, the optimal modes were calculated, the high-performance equipment and metal-cutting tools were selected, and the high-speed fixing (for milling operation) and control devices (for controlling parallelism of bores $\varnothing 52/80$ and $\varnothing 20$) were developed.

High-performance variants of technological processes of machining job were developed both for the universal metal-cutting equipment and the modern equipment with CNC.

The technical and economic analysis of the developed variants of technological processes performed has shown that the use of CNC equipment provides a 4-fold reduction in the number of used equipment and workplaces, a 1.5-fold reduction in the area for equipment, decreasing the payroll due to reducing the number of workers. On the whole, the economic calculation has shown that machining on CNC machines is more cost-effective than machining on universal equipment and will reduce the cost of machining by 10.2 %, which is confirmed by the technical and economic indicators of the process. At the same time, the economic effect will be 5,863 rubles for the annual output program.

					БР-15.03.05-2019 ПЗ								
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Conclusion								
Разраб.	Панина									Лит.	Лист	Листов	
Руков.	Желтобрюхов									у			
Т.контр.	Танков									ХТИ – филиал СФУ кафедра АТиМ гр. 25-1			
Н.контр.	Сагалакова												
Зав.каф.	Борисенко												

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Амиров Ю. Д. Технологичность конструкции изделия: справочник / Ю.Д. Амиров, Т.К. Алферова, П.Н. Волков и др. / Ю.Д. - М.: Машиностроение, 2006. - 768 с.
2. Ансеров, М. А. Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – Л.: Машиностроение, 2004. – 656 с.
3. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. / В. И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 2003. – 1846 с.
4. Балабанов, А.Н. Краткий справочник технолога машиностроителя / А. Н. Балабанов. – М.: Издательство стандартов, 2012. – 518 с.
5. Болотин, Х. Л. Станочные приспособления / Х. Л. Болотин, Ф. П. Костромин. – М.: Машиностроение, 2013. – 315 с.
6. Великанов, К. М. Экономика и организация производства в дипломных проектах / К. М. Великанов. – Л.: Машиностроение, 1983. – 256 с.
7. Гамрат-Курек, Л. И. Экономическое обоснование дипломных проектов: учебное пособие для ВУЗов / Л. И. Гамрат-Курек. – М.: Высшая школа, 2005. – 156 с.
8. Горбацевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – Минск.: Вышэйшая школа, 2007. – 255 с.
9. Горошкин, А. К. Приспособления для металлорежущих станков: справочник / А. К. Горошкин. – М.: Машиностроение 2001. – 303 с.
10. Допуски и посадки: справочник: В 2 т. / В. Д. Мягков. – Л.: Машиностроение, 2003. – 1026 с.
11. Корсаков В.С. Приспособления для металлорежущих станков: справочник/ Горошкин А.К. – М.: Машиностроение, 2003. – 277 с.
12. Нормирование труда и сметы: учебник для техникумов. / Сост. К. Г. Романова и др. – М.: Стройиздат, 2008. – 165 с.
13. Общетехнический справочник / Сост. Е. А. Скороходов, В. П. Законников, А. Б. Пакнис и др. – М.: Машиностроение, 2010. – 511 с.
14. Общемашиностроительные нормативы режимов резания: справочник. В 2 т. / Сост. А. Д. Локтев и др. – М.: Машиностроение, 2011. – 98 с.
15. Силантьева, Н. А. Техническое нормирование труда в машиностроении / Н. А. Силантьева, В. Р. Малиновский. – М., Машиностроение, 2010. – 186 с.
16. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. / Сост. А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков, Ю. А. Абрамов и др. – М., Машиностроение, 2005. – 988 с.

					БР-15.03.05-2019 ПЗ					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Список использованных ИСТОЧНИКОВ					
Разраб.	Панина							Лит.	Лист	Листов
Руков.	Желтобрюхов							у		
Т.контр.	Желтобрюхов							ХТИ – филиал СФУ кафедра АТиМ гр. 25-1		
Н.контр.	Сагалакова									
Зав.каф.	Борисенко									

17. Каталог станков. [Электронный ресурс]. М., 2009-2016. Режим доступа: [http:// www.abamet.ru](http://www.abamet.ru) Горизонтальные обрабатывающие центры с ЧПУ.

18. Станочный мир (каталог станков). Режим доступа: <https://stanok-kpo.ru>

Стандарты

ГОСТ 2.106-96 Единая система конструкторской документации (ЕСКД)
ГОСТ-25347-2013 Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Ряды допусков, предельные отклонения отверстий и валов.

ГОСТ 1412-85 Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Марки – внедрен, Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 24 сентября 1985 г. N 3009, дата введения установлена 01.01.87-Переиздание. 2004 г.

ГОСТ 26358-84 Отливки из чугуна. Общие технические условия. - Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 14 декабря 1984 г. № 4431 срок введения установлен с 01.01.86.-Взамен общетехнических требований к отливкам ГОСТ 1215-79, ГОСТ 1412-79, ГОСТ 1585-79, ГОСТ 7293-79, ГОСТ 7769-82.Настоящий стандарт распространяется на отливки, полученные любым способом из нелегированного и легированного чугуна с пластинчатым, вермикулярным или шаровидным графитом, а также из ковкого чугуна.

ГОСТ 9378-93.Образцы шероховатости поверхности (сравнения). Общие технические условия. Взамен ГОСТ 9378-75. Разработан Российской Федерацией, внесен Техническим секретариатом Межгосударственного Совета по стандартизации, метрологии и сертификации; принят Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол N 4-93 от 21 октября 1993 г.) и введен в действие Постановлением Комитета Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации от 7 февраля 1996 г. N 54.

ГОСТ 164-89 Штангенциркули. Технические условия. Взамен ГОСТ 164-80-утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 30.10.89 № 3253.

ГОСТ 868-82.Нутромеры индикаторные с ценой деления 0,01 мм (с Изменениями №1-3). Технические условия. Взамен ГОСТ 868-82- утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 04.06.82 № 2305.

ГОСТ 3.1118-82 Единая система технологической документации (ЕСТД). Формы и правила оформления маршрутных карт - внедрен, Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 30 декабря 1982 г. N 5311 дата введения установлена 01.01.84-Переиздание. Февраль 2012 г.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР-15.03.05-2019 ПЗ

ПРИЛОЖЕНИЯ


					БР-15.03.05-2019 ПЗ		
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Приложения		
Разраб.	Панина						
Руков.	Желтобрюхов						
Т.контр.	Желтобрюхов						
Н.контр.	Сагалакова						
Зав.каф.	Борисенко				ХТИ – филиал СФУ кафедра АТиМ гр. 25-1		

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 2019 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

Проектирование технологического процесса механической обработки
картера коробки и отбора мощности автогидроподъемника ВИПО-3201

тема

Руководитель


подпись, дата

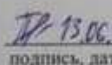
к.т.н., доц. каф. АТиМ

должность, ученая степень

Е.М. Желтобрюхов.

инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата

А.Р. Панина

инициалы, фамилия

Абакан, 2019 г.

Продолжение титульного листа БР по теме: проектирование технологического процесса механической обработки картера коробки отбора и мощности автогидроподъемника ВИПО-3201

Консультанты по разделам:

Технологическая часть
наименование раздела

Е.М. 13.06.19
подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов
инициалы, фамилия

Конструкторская часть
наименование раздела

Е.М. 13.06.19
подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов
инициалы, фамилия

Организационно-экономическая часть
наименование раздела

Е.М. 13.06.19
подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов.
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

М.М. 13.06.19
подпись, дата

М.М. Сагалакова
инициалы, фамилия

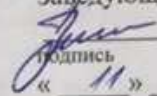
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

Кафедра «Автомобильный Транспорт и Машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 А.Н.Борисенко
подпись инициалы, фамилия

« 11 » 04 2019 г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы**

