

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

по дисциплине «Технология машиностроения»

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

«Разработка технологического процесса механической обработки корпуса»

Студент

подпись, дата

Н.Р. Курбижеков
инициалы, фамилия

Руководитель

подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов
инициалы, фамилия

Абакан 2023

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

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 английском языке
наименование раздела

подпись, дата

Н.В. Чезыбаева
инициалы, фамилия

Нормоконтролер
наименование раздела

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. Торопов
подпись инициалы, фамилия
« ____ » _____ 2023 г.

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

Студенту Курбижекову Николаю Романовичу,

фамилия, имя, отчество

Группа 29-1 Направление 15.03.05
номер код

Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

наименование

Тема выпускной квалификационной работы Разработка технологического процесса механической обработки корпуса

Утверждена приказом по университету № _____ от _____

Руководитель ВКР Е.М. Желтобрюхов, к.т.н., доцент кафедры ЭМиАТ
инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР 1. чертеж детали корпус редуктора;

2. годовая программа N = 300 шт

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

Перечень графического материала 1. Чертеж детали - 1 лист ф. А1; 2. Технологический процесс - 4 листа ф. А1; 3. Приспособление контрольное – 1 лист ф. А1; 4. Приспособление фрезерное – 1 лист ф. А1; 5. Технико-экономические показатели -1 лист ф.А1.

Руководитель ВКР _____
подпись

Е.М. Желтобрюхов
инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению _____
подпись

Н.Р. Курбижеков
инициалы и фамилия

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	7
1.1. Анализ служебного назначения детали.....	7
1.2. Анализ технологичности детали.....	7
1.3. Анализ технических требований.....	9
1.4. Обоснование выбора метода получения заготовки.....	9
1.5. Составление маршрута механической обработки.....	11
1.6. Расчёт и назначение припусков.....	13
1.6.1. Расчёт припуска на растачивание отв. $\varnothing 140^{+0,04}$, шероховатость Ra2,5.....	13
1.6.2. Расчёт припуска на полустовое растачивание:.....	15
1.6.3. Расчёт припуска на чистовое растачивание:.....	15
1.6.4. Расчёт припуска на одновременное фрезерование боковых поверхностей заготовки в размер $237,5\pm 0,2$:.....	16
1.7. Расчёт режимов резания.....	18
1.7.1. Фрезерование торцевой поверхности в размер $237,5\pm 0,145$	19
1.7.2. Черновое растачивание отверстия $\varnothing 140^{+0,04}$ на длину 33 мм.....	21
1.7.4. Чистовое растачивание отверстия $\varnothing 140^{+0,04}$ на длину 33 мм.	23
1.8. Техническое нормирование технологического процесса на универсальных станках.....	25
1.9. Разработка технологического процесса для ЧПУ.....	29
1.9.1. Выбор оборудования.....	29
1.9.2. Разработка маршрута механической обработки на станке с ЧПУ.....	31
1.10. Нормирование технологического процесса на станках с ЧПУ.....	32
2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	35
2.1. Проектирование станочного приспособления.....	35
2.1.1. Техническое задание.....	35
2.1.2. Описание работы приспособления.....	35
2.1.3. Расчёт приспособления на точность.....	35
2.1.4. Расчёт сил зажима.....	36
2.2. Проектирование контрольного приспособления.....	37
2.2.1. Техническое задание.....	37
2.2.2. Описание конструкции приспособления.....	37
2.2.3. Расчёт приспособления на точность.....	38
3. ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	40
3.1. Выбор технологического оборудования.....	40
3.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАНИМАЕМОЙ ПЛОЩАДИ.....	41
3.3. Организация транспортной системы.....	41
3.5. Организация системы инструментообеспечения.....	42
3.6. Организация системы ремонтного и технического обслуживания.....	43
3.7. Расчет себестоимости детали.....	43
3.8. Техничко-экономические показатели.....	47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	49
CONCLUSION.....	50
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	51

					БР - 15.03.05.-2023 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Курбижеков			Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Желтобрюхов				5	52
Консульт.		Желтобрюхов			Оглавление ХТИ – филиал СФУ		
Н. Контр.		Сагалакова					
Зав. Каф.		Торопов					

ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение является неотъемлемой частью существования каждой страны. Большую часть машиностроительного производства занимает механическая обработка заготовок и сборка деталей и узлов. То есть эти процессы составляют основную часть общей трудоёмкости изготовления машин и механизмов.

На сегодняшний день современное производство уже невозможно представить без использования оборудования с ЧПУ; с их помощью значительно сокращается срок (время) технологической подготовки производства и механической обработки деталей. Сокращаются трудозатраты и траты на заработную плату сотрудникам. Множество рутинных операций заменяются электроникой с автоматикой.

В выпускной работе для сравнения выполнена разработка технологического процесса механической обработки детали на универсальном оборудовании и на оборудовании, оснащённом системой ЧПУ.

В организационно-экономической части рассмотрены вопросы по организации участка под изготовление детали корпуса редуктора, а также проведен экономический анализ сравнения 2-ух различных вариантов обработки детали.

					БР - 15.03.05.-2023 ПЗ		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		<i>Курбижеков</i>			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Желтобрюхов</i>				6	52
<i>Консульт.</i>		<i>Желтобрюхов</i>			ХТИ – филиал СФУ		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Сагалакова</i>					
<i>Зав. Каф.</i>		<i>Торопов</i>					
Введение							

1. Технологическая часть

1.1. Анализ служебного назначения детали

Корпус редуктора промежуточного лесопогрузчика МЛ-78.09.00.004 представляет собой отливку сложной коробчатой формы из серого чугуна марки СЧ20 ГОСТ 1412-85. Корпус является основной деталью и служит для установки и ориентации в нём комплектующих деталей. От точности изготовления корпуса зависит долговечная и безотказная работа всех остальных узлов. Так же корпус редуктора служит для защиты деталей редуктора от неблагоприятного воздействия окружающей среды, от попадания пыли и грязи, для защиты деталей от механических повреждений, для обеспечения качественной смазки и предотвращения разбрызгивания масла.

1.2. Анализ технологичности детали

Корпус насоса представляет собой отливку сложной коробчатой формы из серого чугуна СЧ20. Данная деталь получена методом литья в песчано–глинистые формы по металлическим моделям с машинной формовкой 2-го класса точности. Она относится к деталям типа «корпус» III группы сложности. Не подвергается ударным нагрузкам, действию растяжения и изгиба.

Данная заготовка получена литьём, поэтому необработанные поверхности использованы в качестве баз только на первых операциях.

В качестве технологических баз принята привалочная поверхность и два крепёжных отверстия, которые имеют достаточные размеры, чтобы обеспечить необходимую точность базирования и закрепления заготовки в приспособлениях.

Проведённый анализ технических требований показал отсутствие чрезмерно жёстких требований к точности выполнения размеров, расположения поверхностей и качеству поверхностей корпуса – таким образом, с этой точки зрения деталь является технологичной. Проведённый анализ показывает, что деталь в целом является технологичной. Вместе с тем необходимо отметить ряд

Изм.		№ документа			БР - 15.03.05.-2023ПЗ	7

	4. Расточить отверстие Ø182 и Ø140 мм предварительно 5. Расточить отверстие Ø182 и Ø140 мм окончательно	
035 Сверлильная	А. Установить заготовку. База 2 отв. и две лыски 1. Сверлить 6 отв. под резьбу М12 2. Сверлить 4 отв. под резьбу М16 3. Нарезать резьбу М12 4. Нарезать резьбу М16	Вертикально сверлильный станок 2Н135
040 Сверлильная	А. Установить заготовку. База 2 отв. Ø17 и торец 1. Сверлить 6 отв. под резьбу М12 2. Нарезать резьбу М12 в 6 отв. 3. Зенковать Øаску в отв. Ø140	Вертикально сверлильный станок 2Н135
045 Сверлильная	А. Установить заготовку. База боковая поверхность и отверстие Ø164 1. Сверлить 10 отв. под резьбу М8 2. Нарезать резьбу М8 в 10 отверстиях	Вертикально сверлильный станок 2Н135
050 Сверлильная	Установить заготовку. База плоскость 206x176 и торцы 1. Сверлить 4 отверстия под резьбу М16 2. Нарезать резьбу М16 в 4-х отверстиях	Вертикально сверлильный станок 2Н135

1.6. Расчёт и назначение припусков

Расчёт припусков на механическую обработку корпус редуктора производим расчётно-аналитическим методом и по справочным таблицам.

1.6.1. Расчёт припуска на растачивание отв. Ø 140^{+0,04}, шероховатость Ra2,5.

Припуск на растачивание определяется по Формуле:

$$2Z_{i\min} = 2(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{i-1}^2}) \quad (1.8)$$

где: $R_{Z_{i-1}}$ - высота микронеровностей поверхностного слоя, полученного на предшествующем переходе.

T_{i-1} – глубина дефектного слоя поверхности, полученного на предшествующем переходе.

ρ_{i-1} – суммарное значение пространственных отклонений связанных поверхностей обрабатываемой заготовки, оставшихся после выполнения предшествующего перехода.

ε_{i-1} – погрешность установки заготовки на станке при выполняемом переходе.

$$R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} = 400 \text{ мкм} \quad (1.9)$$

Суммарное значение пространственных отклонений для заготовки данного типа определяем по Формуле:

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2} \quad (1.10)$$

Коробление отверстия следует учитывать как в диаметральном, так и в осевом его сечении, поэтому:

$$\rho_{кор} = \sqrt{(\Delta k * d)^2 + (\Delta k * l)^2} \quad (1.11)$$

$$\rho_{кор} = \sqrt{(0,85 \cdot 140)^2 + (0,85 \cdot 301)^2} = 282 \text{ мкм.}$$

При определении в данном случае следует принимать во внимание точность расположения базовых поверхностей, используемых при данной схеме установки. Так как при обработке поверхности, которая является базой на данной операции, в качестве базы использовалась наружная поверхность, то следует учитывать смещение стержня, который Формирует отверстие относительно наружной поверхности. Последнее принято определять, как отклонение от номинального размера в отливке, определяемое допуском на размер соответствующего класса точности.

Учитывая, что суммарное смещение отверстия в отливке относительно наружной её поверхности представляет геометрическую сумму в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, получаем:

$$\rho_{см} = \sqrt{\left(\frac{\delta_B}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_\Gamma}{2}\right)^2} \quad (1.12)$$

где: δ_B и δ_Γ - допуски на размеры, по классу точности соответствующие данной отливке; $\delta_B = \delta_\Gamma = 1200 \text{ мкм}$ (1, т.7)

$$\rho_{см} = \sqrt{\left(\frac{1200}{2}\right)^2 + \left(\frac{1200}{2}\right)^2} = 849 \text{ мкм}$$

Таким образом, суммарное значение пространственного отклонения заготовки составит:

$$\rho_{i-1} = \sqrt{282^2 + 849^2} = 894 \text{ мкм.}$$

Погрешность установки при черновом рассверливании:

$$E_{i-1} = \sqrt{E_B^2 + E_3^2} \quad (1.13)$$

где: $E_B = 0$. Так как измерительная и технологические базы на данном переходе совпадают.

Погрешность закрепления прихватом с винтовым зажимом $E_3 = 240$ мкм

$$\text{Тогда } 2Z_{i\min} = 2\left(400 + \sqrt{894^2 + 240^2}\right) = 2651 \text{ мкм} \approx 2,6 \text{ мм.}$$

1.6.2. Расчёт припуска на получистовое растачивание:

Расчётный размер $\varnothing 140^{+0,04}$

После предварительной обработки лезвийным инструментом остаточные значения

$R_{Z_{i-1}}$ и h_{i-1} составляют:

$$R_{Z_{i-1}} = 100 \text{ мкм}; T_{i-1} = 100 \text{ мкм}; \rho_{i-1} = 35 \text{ мкм}; E_{i-1} = 0 \quad (8, \text{ т.57})$$

Минимальный припуск на зенкерование:

$$2Z_{i\min} = 2(100 + 100 + 35) = 470 \text{ мкм} = 0,47 \text{ мм.}$$

1.6.3. Расчёт припуска на чистовое растачивание:

Расчётный размер $\varnothing 140^{+0,04}$

После предварительной обработки лезвийным инструментом остаточные значения

$R_{Z_{i-1}}$ и h_{i-1} составляют:

$$R_{Z_{i-1}} = 35 \text{ мкм}; T_{i-1} = 35 \text{ мкм}; \rho_{i-1} = 0 \text{ мкм}; E_{i-1} = 0 \quad (8, \text{ т.57})$$

Изм.		№ документа			БР - 15.03.05.-2023ПЗ	15

Минимальный припуск на чистовое развёртывание:

$$2Z_{i\min} = 2(35 + 35) = 140 \text{ мкм} = 0,14 \text{ мм.}$$

Таблица 5 - Расчёт припусков на растачивание

Технолог. переходы	Элементы припуска, мкм				Расч. прип, z_{\min} мкм	Расч. разм, D_p , мм	Допуск T , мкм	Пред. знач. размера, мм		Пред. знач. припусков, мкм	
	Rz	h	Δ_{Σ}	ε				D_{\min}	D_{\max}	z_{\min}	z_{\max}
Заготовка	400		863	240		136,7	1600	137,84	139,44	-	-
Черновое растачивание	200		35	0	2651	139,39	400	139,44	139,84	400	1600
Чистовое растачивание	70		35	0	470	139,86	160	139,84	140	160	400
Тонкое растачивание	2,5		-	-	140	140	40	140	140,04	40	160

1.6.4. Расчёт припуска на одновременное \varnothing резерование боковых поверхностей заготовки в размер $237,5 \pm 0,2$:

$$2Z_{i\min} = R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + E_i \quad (1.13)$$

$$R_{Z_{i-1}} + h = 400 \text{ мкм}; \delta = 1600 \text{ мкм} \quad (1.14)$$

Цельное коробление отливки корпусных деталей: $\Delta_k = 0,7 \div 1$ мкм.

принимаем $\Delta_k = 1$

Тогда: $\rho_{i-1} = \Delta_k * L = 1 * 206 = 206$ мкм.

Принимаем $\rho_{i-1} = 206$ мкм,

где: L - наибольшая длина.

Погрешность установки:

$$E_i = \sqrt{E_B^2 + E_3^2} \quad (1.15)$$

где: E_B - погрешность базирования, равная в данном случае допуску на размер:

$$E_B = 1600 \text{ мкм.}$$

E_3 - погрешность закрепления, при поперечном размере 260

$$E_3 = 280 \text{ мкм (8, т.7, с.14)}$$

$$E_i = \sqrt{1600^2 + 280^2} = 1612 \text{ мкм,}$$

$$\text{Тогда: } 2 Z_{i\min} = 2 \cdot (400 + 206 + 1612) = 4436 \approx 4,4 \text{ мм.}$$

Расчётный размер (d_p) получаем последовательным вычитанием для плоскости минимального припуска, начиная с окончательного расчётного размера.

Величины допусков на промежуточные размеры детали принимаем по (8, т.12).

- для заготовки – по 14 качеству
- для предварительной обработки по IT 13
- для чистовой обработки по IT 10.

Принятые размеры заготовок:

- наименьший – путём округления до знака соответствующего допуска на переход, расчётного минимального размера детали на переходе.

Предельные размеры припусков определяются:

- максимальный – разность наибольших предельных размеров выполняемого и предшествующего переходов;
- минимальный – разность наименьших предельных размеров.

Все данные о припусках и о размерах заносим в таблицу 6.

Припуски и допуски на обрабатываемые поверхности корпуса насоса назначаем по ГОСТ 26645-85 «Отливки из металлов и сплавов» и заносим в таблицу 7.

Таблица 6 - Расчёт припусков на Øрезерование

Технолог. переходы	Элементы припуска, мкм				Расч. прип, $2z_{min}$ мкм	Расч. разм, D_p , мм	Допуск T , мкм	Пред.знач. размера, мм		Пред. знач. припусков, мкм	
	R_z	h	Δ_Σ	ε				D_{min}	D_{max}	z_{min}	z_{max}
Черновое Øрезерование	63	60	-	4436	237,5	290	237,355	237,645	0,29	1600	

Таблица 7 - Припуски и допуски на обрабатываемые поверхности

Наименование операции/перехода	Размер, мм	Припуски, мм	Допуск, мкм
005 Орезерная			
1. Орезеровать торец	304	2,2	480
2. Орезеровать торец оконч.	303,4	0,6	320
010 Орезерная			
1. Орезеровать торец	301	2,4	320
2. Орезеровать лыски	50	2,4	1000
015 Сверлильная			
1. Сверлить 2 отв Ø16	16	8	120
2. Зенкеровать 2 отв Ø 16,6	16,6	8,3	43
3. Развернуть 2 отв Ø17	17	8,5	18
020 Расточная			
1. Орезеровать торец отв.Ø164	164	2,4	480
2. Расточить отв. Ø164	164	2,6	480
025 Орезерная			
1. Орезеровать 2 торца в разм. 275,5	275,5	2,2	290
030 Расточная			
1. Расточить отв Ø235	235	2,6	460
2. Подрезать торец	36	2,4	520
3. Расточить отв. Ø182 и Ø140	178	2,6	460
4. Расточить отв. Ø182 и Ø140	181,85	0,47	120
5. Расточить отв. Ø182 и Ø140 оконч.	182	0,14	45
035 Сверлильная			
1. Сверлить 6 отв. под М12	10	5	120
2. Сверлить 4 отв под М16	14	7	120
3. Нарезать резьбу М12 в 6 отв.	12	1	
4. Нарезать М16 в 4 отв.	16	1	
040 Сверлильная			
1. Сверлить 6 отв. под М12	10	5	120
2. Нарезать М12	12	1	
3. Зенкеровать Øаску Ø140	140	2	
045 Сверлильная			
1. Сверлить 10 отв. под М8	6,8	6,8	120
2. Нарезать М8 в 10 отв.	8	0,6	
050 Сверлильная			
1. Сверлить 4 отв. под М16	14	7	120
2. Нарезать М16		1	

1.7. Расчёт режимов резания

Режимы резания имеют решающее значение в обработке металлов, так как от них зависит качество поверхности, расход инструмента, время обработки и многое другое. Для снижения себестоимости продукции необходимо стремиться

$$C_v = 455 ; x = 0,15 ; u = 0,2 ; m = 0,32 ;$$

$$q = 0,2 ; y = 0,35 ; p = 0.$$

$$V_p = (445 * 300^{0,2}) / (240^{0,32} * 4,4^{0,15} * 0,05^{0,35} * 206^{0,2} * 21^0) * 1 = 190 \text{ м/мин.}$$

где: K_{MV} - коэффициент учитывающий качество обрабатываемой поверхности.

K_{nV} – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки.

K_{UV} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента

$$K_{MV} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{nV} \quad (4, \text{ т.2, стр. 261})$$

nV – показатель степени

Для серого чугуна твёрдость по Бринеллю (HB) составляет 143..255 Мпа.

$$K_{MV} = \frac{190^{0,8}}{190} = 1$$

$$K_{nV} = 0,8 ; \quad (4, \text{ т.2, табл.5})$$

$$K_{UV} = 1 \quad (4, \text{ т.2, табл.6})$$

$$K_V = K_{MV} * K_{nV} * K_{UV} = 1 * 1 * 1 = 1$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = (1000 * V_p) / (\pi * D) = (1000 * 190) / (3,14 * 300) = 202 \text{ об/мин}$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по оборудованию:

$$n_o = 200 \text{ об/мин}$$

Действительная скорость резания будет равна:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 200}{1000} = 188,4 \text{ мм/мин} \quad (1.17)$$

Минутная подача:

$$S_h = S_Z * Z * n_o = 0,05 * 21 * 200 = 210 \text{ мм/мин;} \quad (1.18)$$

Определяем окружную силу резания: (4, т.2, с.791)

Сила резания

$$P_Z = (10 * C_p * t^x * S_Z^y * B^n * Z) / (D^q * n^w) * K_{mp} = \quad (1.19)$$

Изм.		№ документа						БР - 15.03.05.-2023ПЗ	20

$$= (10 * 54,5 * 4,4^{0,9} * 0,05^{0,74} * 206^{1,1} * 21) / (300^1 * 120^0) * 1 = 5534 \text{ Н}$$

Из (4, т.2, стр. 38,39) выписываем коэффициенты:

$$C_p = 54,5 ; y = 0,74 ; q = 1 ; x = 0,9 ; n = 1,1 ; w = 0.$$

$$K_{MP} = (HB/190)^n = (190/190)^{1,0} = 1$$

Определяем крутящий момент: (4, т.2, с.885)

$$M_{кр} = (P_z * D) / (2 * 100) = (5534 * 300) / 200 = 8301 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (1.20)$$

Определяем мощность резания:

$$N_e = (P_z * V_o) / (1020 * 60) = (5534 * 188,4) / (1020 * 60) = 17 \quad (1.21)$$

кВт

1.7.2. Черновое растачивание отверстия $\varnothing 140^{+0,04}$ на длину 33 мм.

Глубина резания: $t = 2,6$ мм;

По справочнику (4, т.1) выбираем материал инструмента: твёрдый сплав ВК6.

Нормативным путём по справочнику (4, т.2, с.269): $T = 45$ мин; подача для обработки чугуна с радиусом при вершине резца $r = 1,0$ мм; $S = 0,25$ мм/об.

Необходимая скорость резания рассчитывается по формуле: (4, т.2, с.267)

$$V = C_v / (T^m * t^x * S^y) * K_v \quad (1.22)$$

где: $C_v = 292$; $x = 0,15$; $y = 0,2$; $m = 0,2$; $K_v = 1$

$$V_p = 292 / (45^{0,2} * 2,6^{0,15} * 0,25^{0,2}) * 1,0 = 155,9 \text{ мм/мин}$$

Частота вращения шпинделя: (4, т.2)

$$n = (1000 * V_p) / (\pi * D) = (1000 * 155,9) / (3,14 * 140) = 354 \text{ об/мин}$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по стандарту:

$$n_o = 315 \text{ об/мин}$$

Действительная скорость резания:

Изм.		№ документа						БР - 15.03.05.-2023ПЗ	21

$$V_{\partial} = (\pi * D * n_{\partial}) / 1000 = (3,14 * 140 * 315) / 1000 = 138,5 \text{ м/мин} \quad (1.23)$$

Сила резания: (4, т.2)

$$P_Z = 10 * C_p * t^x * S_Z^y * V^n * K_p = 10 * 92 * 2,6^{1,0} * 0,25^{0,75} * 138,5^0 * 0,84 = 710,4 \text{ Н} \quad (1.24)$$

Выписываем из (4, т.2, с.274, т.22) значения коэффициентов:

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

$$K_p = K_{MP} * K_{\phi P} * K_{\gamma P} * K_{\lambda P} * K_{rP} = 0,9 * 1,0 * 1 * 1,0 * 0,93 = 0,84 \quad (1.25)$$

где: $K_{MP} = (HB/190)^n = (190/190)^{0,4} = 1$

$$n = 0,4 ; HB = 190$$

$$K_{\phi P} = 1,0 ; K_{\gamma P} = 1,1 ; K_{\lambda P} = 1,0 ; K_{rP} = 0,93.$$

Мощность резания: (4, т.2, с.270)

$$N_{\partial} = (P_Z * V_{\partial}) / (1020 * 60) = (710,4 * 138,5) / (1020 * 60) = 1,6 \text{ кВт} \quad (1.26)$$

1.7.3. Полуцистовое растачивание отверстия $\Phi 140^{+0,04}$ на длину 33 мм.

Глубина резания: $t = 0,47$ мм

Назначаем режимы резания:

По справочнику (4, т.2, с.277) нормативным путём назначаем подачу

$S = 0,2$ мм/об; период стойкости резца $T = 45$ мин;

Необходимая скорость резания рассчитывается по формуле:

$$V_p = 292 / (45^{0,2} * 0,47^{0,15} * 0,2^{0,2}) * 1,0 = 210,7$$

Частота вращения шпинделя: (4, т.2)

$$n = (1000 * V_p) / (\pi * D) = (1000 * 210,7) / (3,14 * 140) = 479,3 \text{ об/мин}$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по станку:

$$n_{\partial} = 400 \text{ об/мин}$$

Действительная скорость резания:

$$V_{\partial} = (\pi * D * n_{\partial}) / 1000 = (3,14 * 140 * 400) / 1000 = 175,84 \text{ м/мин}$$

Сила резания: (4, т.2)

Изм.		№ документа				БР - 15.03.05.-2023ПЗ
						22

$$P_z = 10 * C_p * t^x * S_z^y * V^n * K_p = 10 * 92 * 0,47^{1,0} * 0,2^{0,75} * 175,84^0 * 0,84 = 108,6 \text{ Н}$$

Мощность резания: (4, т.2, с.270)

$$N_d = (P_z * V_d) / (1020 * 60) = (108,6 * 175,84) / (1020 * 60) = 0,31 \text{ кВт}$$

1.7.4. Чистовое растачивание отверстия $\varnothing 140^{+0,04}$ на длину 33 мм.

Глубина резания: $t = 0,14$ мм

Назначаем режимы резания:

По справочнику (4, т.2, с.277) нормативным путём назначаем подачу

$S = 0,15$ мм/об; период стойкости резца $T = 45$ мин;

Необходимая скорость резания рассчитывается по Формуле:

$$V_p = 292 / (45^{0,2} * 0,14^{0,15} * 0,15^{0,2}) * 1,0 = 267,7$$

Частота вращения шпинделя: (4, т.2)

$$n = (1000 * V_p) / (\pi * D) = (1000 * 267,7) / (3,14 * 140) = 609 \text{ об/мин}$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по станку:

$$n_d = 500 \text{ об/мин}$$

Действительная скорость резания:

$$V_d = (\pi * D * n_d) / 1000 = (3,14 * 140 * 500) / 1000 = 219,8 \text{ м/мин}$$

Сила резания: (4, т.2)

$$P_z = 10 * C_p * t^x * S_z^y * V^n * K_p = 10 * 92 * 0,14^{1,0} * 0,15^{0,75} * 219,8^0 * 0,84 = 26,1 \text{ Н}$$

Мощность резания: (4, т.2, с.270)

$$N_d = (P_z * V_d) / (1020 * 60) = (26,1 * 219,8) / (1020 * 60) = 0,1 \text{ кВт}$$

Режимы резания на остальные виды обработки назначаем нормативным путём по справочнику общемашиностроительных нормативов и режимов резания и сведём в таблицу 8.

Изм.		№ документа				

Таблица 8 - Режимы резания

№ операции	№ перехода	Размер		Число проходов i	Глубина Резания t	Подача S		Число оборотов n	Скорость Резания V
		D,B	L			мм/зуб	мм/об		
005	1	300	300	1	2,2	300		200	238,6
	2	30	300	1	0,6	236		315	375,8
010	1	195	195	1	2,4	210		200	157
	2	100	40	1	2,4	130		200	62,8
015	1	16	50	2	8		0,5	125	6,28
	2	16,6	50	2	0,3		0,7	315	16,4
	3	17	50	2	0,2		0,9	400	21,3
020	1	195	164	1	2,4		0,25	315	192,8
	2	164	27,5	1	2,6		0,25	315	162,2
025	1	206	176	1	2,2	210		200	184
030	1	235	36	1	2,4		0,25	315	232,4
	2	235	27	1	2,6		0,25	315	232,4
	3	182	37	1	2,6		0,25	315	180
	4	182	37	1	0,47		0,2	400	175,8
	5	182	37	1	0,14		0,15	500	219,8
035	1	10	40	6	5		0,5	250	7,85
	2	14	40	4	7		0,5	250	10,99
	3	12	30	6	1		1,0	315	11,9
	4	16	30	4	1		1,0	315	15,8
040	1	10	25	6	5		0,5	250	7,85
	2	12	20	6	1		1,0	315	11,9
	3	140	1,6	1	1,6		0,25	315	138,5
045	1	6,8	22	10	3,4		0,5	250	5,33
	2	8	10	10	1		0,6	315	7,9
050	1	14	22	4	7		0,5	250	10,99
	2	16	15	4	1		1,0	315	15,8

1.8. Техническое нормирование технологического процесса на универсальных станках

Технические нормы времени устанавливаются расчётно-аналитическим методом. Норма штучного времени определяется по Формуле: [1, с.101]

$$T_{шт} = T_o + T_в + T_{об} + T_{отд} \quad (1.27)$$

где: T_o - основное время, мин

$T_{об}$ - время на обслуживание рабочего места, мин

$T_в$ - вспомогательное время, мин

$T_{отд}$ - время на отдых и личные надобности, мин.

$$T_в = T_{yc} + T_{зо} + T_{уп} + T_{из} \quad (1.28)$$

где: T_{yc} - время на установку и снятие детали, мин.

$T_{зо}$ - время на закрепление и открепление детали, мин.

$T_{уп}$ - время на приёмы управления, мин.

$T_{из}$ - время на измерения, мин.

$$T_{об} = T_{тех} + T_{орг} \quad (1.29)$$

где: $T_{тех}$ - время на техническое обслуживание рабочего места, мин.

$T_{орг}$ - время на организационное обслуживание, мин.

$$T_{он} = T_o + T_в \quad (1.30)$$

где: $T_{он}$ - оперативное время, мин.

Проведём расчёт технической нормы времени для сверлильной операции:

операция №020

1 переход [9, с.415]

$$T_o = (l + l_1 + l_2) * i / S * n \quad (1.31)$$

где: l - длина обрабатываемой поверхности

l_1 - запас на врезание и перебег инструмента

	5	3,60						
035	1	2,16	2,19	0,17	0,09	0,28	7,44	7,51
	2	1,44						
	3	0,67						
	4	0,44						
040	1	1,44	2,19	0,17	0,09	0,28	4,66	4,73
	2	0,48						
	3	0,01						
045	1	1,04	1,95	0,1	0,09	0,25	3,91	3,99
	2	0,48						
050	1	0,42	1,95	0,1	0,09	0,25	3,06	3,13
	2	0,25						

Исходя из примененного оборудования общее время на обработку детали на каждом станке:

для операции 005, 010 - один станок 6P13 с $T_{шт.к.} = 13,73$ мин;

для операций 015, 035, 040, 045, 050 - один станок 2Н135 с $T_{шт.к.} = 24,41$ мин;

для операций 020 - один станок 2М615 с $T_{шт.к.} = 4,37$ мин.

для операции 025 - один станок 6605 с $T_{шт.к.} = 3,41$ мин

для операций 030 - один станок 2Е78П с $T_{шт.к.} = 14,74$ мин.

Время обработки программы деталей определим по Формуле:

$$T_N = \frac{T_{шт.маx} \cdot N}{F_d \cdot 60} = \frac{24,41 \cdot 300}{4029 \cdot 60} = 0,0303 \text{ года} \quad (1.34)$$

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

N – годовая программа выпуска деталей, 300 шт;

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



Рисунок 1 – Вертикальный обрабатывающий центр IRONMAC IMV-10.55

Так как оборудование с ЧПУ значительно сложнее универсального, приведем его некоторые характеристики в таблице 10.

Таблица 10 – Характеристики Орзерного обрабатывающего центра IRONMAC IMV-10.55.

Характеристика	Значение
Размер стола (Д x Ш), мм	1000x550
Промежуток (мм) x Ширина (мм)x Количество Т-образных пазов (шт)	18x90x5
Наибольшая нагрузка на стол, кг	500
Расстояние от оси шпинделя до направляющих колонны, мм	550
Расстояние от торца шпинделя до поверхности рабочего стола, мм	150~700
X/Y/Z/A Скорость быстрых перемещений, м/мин	30/30/24
Скорость рабочей подачи, мм/мин	1~10000
Конус шпинделя	BT40
Точность позиционирования, мкм	±5

Таблица 12 – Нормирование технологического процесса на стаке с ЧПУ

Наименование операций и переходов	To	Tв	Tтех	Tорг	Tотд	Tшт	Tшт.к
005 Орезерно-сверлильно-расточная							
1 Орезеровать торец Ø300 предвар-но	2	0,62	0,18	0,09	0,36	42,86	43,4
2 Орезеровать торец Ø300 окончательно	2,54						
3 Сверлить 2 отв. Ø16 на проход	1,92						
4 Развернуть 2 отв. Ø17	0,83						
Переустановить		0,16					
5 Орезеровать поверхность в р-р 127,5	1,9	1,8					
6 Расточить отв. Ø164	0,44						
7 Сверлить 4 отв. под резьбу М16	0,42						
8 Нарезать резьбу М16 в 4-х отв.	0,25						
<i>Повернуть заготовку на 90 градусов</i>		0,05					
9 Орезеровать поверхность в размер 124	1,71	0,72					
10 Сверлить 10 отв. по резьбу М8	1,04						
11 Нарезать резьбу М8 в 10-ти отв.	0,48						
<i>Повернуть заготовку на 180 градусов</i>		0,05					
12 Орезеровать поверхность в размер 237,5	1,71	0,7					
Переустановить		0,16					
13 Орезеровать торец Ø195 в размер 301	1,9	1,91					
14 Сверлить 6 отв. под резьбу М12	1,44						
15 Нарезать резьбу М12 в 6-ти отв.	0,48						
16 Расточить отв. Ø140 предварительно	1,71						
17 Расточить отв. Ø140 окончательно	1,6						
18 снять Оаску на отверстия Ø140	0,01						
19 Орезеровать 2 лыски	3,08						
<i>Повернуть заготовку на 180 градусов</i>		0,05					
20 Расточить отв. Ø182 предварительно	1,71	2,01					
21 Расточить отв. Ø182 окончательно	1,6						
22 Расточить отв. Ø235	0,51						
23 Подрезать торец отв. Ø235	0,5						
24 Сверлить 4 отв. под резьбу М16	1,44						
25 Нарезать резьбу М16 в 4-х отв.	0,44						
26 Сверлить 6 отв. под резьбу М12	2,16						
27 Нарезать резьбу М12 в 6-ти отв.	0,67						

Время обработки программы деталей на ЧПУ определим по Формуле:

При обработке на станках с ЧПУ:

$$T_N = \frac{T_{шт.маx} \cdot N}{F_d \cdot 60} = \frac{43,4 \cdot 300}{4029 \cdot 60} = 0,0539 \text{ года.}$$

Где: $T_{шт.маx}$ – наибольшая продолжительность операции, мин;

N – годовая программа выпуска деталей, 300 шт;

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

					БР - 15.03.05.-2023ПЗ	
Изм.		№ документа				34

2. Конструкторская часть

2.1. Проектирование станочного приспособления

2.1.1. Техническое задание

Спроектировать приспособление для Орезерования боковых поверхностей детали в размер $237,5 \pm 0,145$ мм Обработка ведётся на продольно-Орезерном двухшпиндельном станке 6605

2.1.2. Описание работы приспособления

Деталь устанавливается в приспособление по двум отверстиям на 2 установочных пальца, один цилиндрической Оормы, а другой элемент срезанный. Они служат для базирования заготовки при обработке. Зажим детали производится прижатием двумя прихватами по средствам резьбового соединения. Для снятия детали, необходимо ослабить две гайки и сместить прихваты в сторону от детали, далее можно снять деталь с установочных пальцев.

В корпусе (плите) приспособления предусмотрены направляющие шпонки и пазы для установки и закрепления приспособления на столе станка. Базирование на станке осуществляется двумя направляющими, предусмотренными на основании нижней плиты.

2.1.3. Расчёт приспособления на точность

Необходимо выдержать допуск равный допуску на размер, т.е. 0,29 мм

1. Определяем погрешность базирования

$$\varepsilon'_{\text{баз}} = \arctg \frac{S_{\text{max}}}{L} \quad (2.1)$$

где:

S_{max} - зазор максимальный;

$$S_{\text{max}} = \delta_{\text{отв}} + \delta_{\text{ист}} + S_{\text{ист}} \quad (2.2)$$

					БР - 15.03.05.-2023 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Курбижеков			Конструкторская часть	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Желтобрюхов					35	52
Консульт.		Желтобрюхов				ХТИ – филиал СФУ		
Н. Контр.		Сагалакова						
Зав. Каф.		Торопов						

L - расстояние между пальцами;

$$S_{\max} = 0,005 + 0,005 + 0,01 = 0,02 \text{ мм}$$

$$L = 260 \text{ мм}$$

$$\varepsilon'_{\text{баз}} = \arctg \frac{0,02}{260} = 0,004 \text{ м}$$

2. Погрешность закрепления;

$$\varepsilon_3 = 0,001 \text{ мкм};$$

3. Погрешность установку $\varepsilon_y = 0$ мкм;

4. Погрешность от изнашиваемых установочных пластин $\varepsilon_u = 0,002$ мм;

5. Экономическая точность обработки $\omega = 0,035$ мм;

6. Принимаем значения:

$$K_T = 1,2;$$

$$K_{T2} = 0,1;$$

$$K_{T1} = 1;$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{np} &= 0,004 - 1,2 \sqrt{1 * 0,02^2 + 0,001^2 + 0^2 + 0,002^2 + (0,2 * 0,035)^2} \\ &= 0,01 \text{ мм} \end{aligned}$$

Таким образом, погрешность зажимного приспособления составляет $\varepsilon_{np} = 0,01$ мм, что меньше допуска размера $\delta_0 = 0,29$.

2.1.4. Расчёт сил зажима

Для определения силы зажима W необходимо знать максимальную силу, возникающую при обработке.

$$P_z = 553,4 \text{ Н (коэффициенты и расчёт сил резания см. выше.)}$$

Сила зажима:

$$W = K \cdot P_{рез},$$

где: K - коэффициент запаса, учитывающий нестабильность силовых воздействий на заготовку (2.1.3.2).

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (2.3)$$

где: $K_0 = 1,5$ - гарантированный коэффициент запаса;

K_1 - учитывает увеличение сил резания из-за случайных неровностей, при рассверливании $K_1=1,2$;

K_2 - учитывает увеличение сил резания вследствие затупления режущего инструмента, $K_2=1,4$;

K_3 - учитывает увеличение сил резания при прерывистом резании, $K_3 = 1,2$;

K_4 - характеризует постоянство силы, развиваемой зажимным механизмом, для механического зажима $K_4=1,2$;

$$W = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 553,4 = 2008 \text{ Н} = 200,8 \text{ кг}$$

В качестве зажима в приспособлении используем два механический зажима гайками, которые должны действовать на шайбу с силой не менее 100,4 кг на каждый.

2.2. Проектирование контрольного приспособления

2.2.1. Техническое задание

Требуется спроектировать контрольное приспособление для контроля непараллельности оси отв. Ø140 мм относительно поверхности К.

2.2.2. Описание конструкции приспособления

Для контроля параллельности ось отверстия необходимо материализовать. Для этого в отверстие детали устанавливаем оправку приспособления с подпружиненными шариками. Шарика служат для правильной установки и центровки оправки в отверстии. В отверстие Ø164 мм вставляется разжимная оправка. Она опирается на торцовую поверхность, относительно которой осуществляется контроль параллельности. На ось цанги надевается рычаг 5. Цанговый механизм приводится в зажатое состояние завинчиванием гайки 6. После чего в отверстие рычага устанавливается индикаторная головка. Создаётся предварительный натяг индикатора и установка его значения на ноль.

Изм.		№ документа			БР - 15.03.05.-2023 ПЗ	37

Контроль совершается поворотом рычага с индикатором вокруг своей оси на 360 градусов и снятие максимальных и минимальных показаний непараллельности.

2.2.3. Расчёт приспособления на точность

При измерении возникает ряд погрешностей, которые необходимо учесть для правильной настройки. Для определения пригодности приспособления необходимо рассчитать общую погрешность приспособления по Формуле

$$\varepsilon_{np} = \delta - k_T \cdot \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_{II}^2 + \varepsilon_{II}^2 + \varepsilon_{изм}^2 + (k_{T2} \omega)^2} \quad (2.4)$$

где: $\delta = 50$ мкм – допуск выдерживаемого параметра;

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

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

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

$\varepsilon_3 = 0$ мкм – погрешность закрепления, вызванная проседанием опор под действием сил зажима;

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

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

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

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

$\omega = 80$ мкм – экономическая точность обработки, т.е. такая точность, затраты на которую при выбранном способе обработки будут меньше, чем при других способах.

$$\varepsilon_{np} = 50 - 1,2 \cdot \sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0^2 + 0^2 + 10^2 + 5^2 + (0,8 \cdot 80)^2} = 27,9 \text{ мкм}$$

Таким образом, погрешность приспособления 0,028 мм, что меньше контролируемого допуска а именно $0,028 \text{ мм} < 0,05 \text{ мм}$.

					БР - 15.03.05.-2023 ПЗ	
Изм.		№ документа				39

3. Организационно-экономическая часть

3.1. Выбор технологического оборудования

Для обработки корпуса редуктора было разработано два технологических процесса. В базовом варианте с универсальным оборудованием (таблица 12) и в варианте с оборудованием с ЧПУ (таблица 13)

Таблица 12: Перечень универсального технологического оборудования

Оборудование	Кол-во	Мощность, кВт	Единица ремонтной сложности R _м	Размеры оборудования	Стоимость ед. оборудования руб.
Вертикально-Орезерный 6P13	1	10,0	23	2,56*2,26	1 210 000
Вертикально-сверильный 2Н135	1	4,0	21	0,82*1,3	450 000
Горизонтально расточной 2М615	1	6,0	26	4,3*2,59	1 620 000
Вертикально расточной 2Е78П	1	2,2	26	1,75*1,56	1 530 000
Продольно Орезерный двухшпиндельный 6605	1	15,0	23	5,4*3,52	1 420 000
ИТОГО	4	37,2			6 230 000

Таблица 13: Перечень оборудования с ЧПУ

Оборудование	Кол-во	Мощность, кВт	Единица ремонтной сложности R _м	Занимаемая площадь, м ²	Стоимость ед. оборудования, руб
Орезерный обрабатывающий центр IRONMAC IMV-10.55	1	15	41	2,55*2,3	4 800 000
ИТОГО	1	15	41	5,865	4 800 000

					БР - 15.03.05.-2023 ПЗ		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		<i>Курбижеков</i>			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Желтобрюхов</i>				40	52
<i>Консульт.</i>		<i>Желтобрюхов</i>			ХТИ – филиал СФУ		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Сагалакова</i>					
<i>Зав. Каф.</i>		<i>Торопов</i>					
Организационно Экономическая часть							

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

3.4. Организация технического контроля

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

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

3.5. Организация системы инструментообеспечения

Система инструментообеспечения 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	42
Изм.		№ документа				

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

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 1-ой операции состоит из затрат на заработную плату, амортизацию ОПО, затрат на силовую электроэнергию и ремонт оборудования.

Заработная плата основных производственных — рабочих определяется по формуле

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

где C^{ri} - часовая тарифная ставка первого разряда, 150 руб./ч.

k_p - коэффициент разряда;

k_c , $k_{пр}$, $k_{п}$, 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 60,66 мин или 1,011 ч. на станке с ЧПУ – 43,4 мин или 0,723 ч.

$$З_{ун} = 150 \cdot 1,21 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,095 \cdot 1,3 \cdot 0,6818 = 475,4 \text{ руб/дет};$$

При использовании станков с ЧПУ применяется многостаночное обслуживание и на участке работает один рабочий, тратящий на обработку корпуса только половину своего рабочего времени. Доплата за многостаночное обслуживание 1,25. Необходимо так же учесть зарплату наладчика через коэффициент 1,15.

$$З_{чпу} = 150 \cdot 1,21 \cdot 1,25 \cdot 1,15 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,095 \cdot 1,3 \cdot 0,5078 \cdot 0,5 = 244,35 \text{ руб/дет};$$

Основные производственные Фонды (таблицы 14, 15) — 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 как 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.

Амортизацию ОПФ, приходящуюся на одну деталь, определим по Формуле

$$A_{\text{дет}} = \frac{A_{\text{г}} \cdot T_{\text{N}}}{N} \quad (3.4)$$

T_{N} - время обработки программы деталей

N - годовая программа выпуска, 300 шт.

Таблица 14 - Основные производственные Фонды при использовании универсального оборудования

ОПФ	Кол-во	Стоимость единицы ОПФ, руб	Суммарная стоимость, руб	Норма амортизации, %	Годовые амортизац. отчисления, руб	Амортизац. отчисления на деталь, руб
1. Здание	99,3	75 000	7 447 500	3	223 425	22,57
2. Оборудование	5 шт		6 230 000	12	747 600	75,5
3. Транспорт			186 900	8	14 952	1,51
4. Инструмент			62 300	15	9 345	0,94
5. Инвентарь			68 387,5	15	10 258,13	1,04
ИТОГО			13 995 087,5		1 005 580,13	101,56

Таблица 15 - Основные производственные фонды при использовании оборудования с ЧПУ

ОПØ	Кол-во	Стоимость единицы ОПØ, руб	Суммарная стоимость, руб	Норма амортизации, %	Годовые амортизац. отчисления, руб	Амортизац. отчисления на деталь, руб
1. Здание	14,7	75 000	1 102 500	3	33 075	5,94
2. Оборудование	1 шт		4 800 000	12	576 000	103,49
3. Транспорт			48 000	8	3 840	0,69
4. Инструмент			48 000	15	7 200	1,29
5. Инвентарь			29 515,5	15	4 427,3	0,79
ИТОГО			6 028 015,5		624 542,3	112,2

Затраты на силовую электроэнергию рассчитываются по Формуле

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

где N – мощность оборудования, кВт;

k_N, k_B – средний коэффициент загрузки электродвигателей по мощности и по времени;

$k_{од}$ – 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);

$\mathcal{C}_э$ – тариф на электроэнергию (3,4 кВт·ч).

$$\mathcal{E}_{ун} = (37,9 \cdot 0,75 \cdot 0,89 \cdot 0,7 \cdot 1,06 / 0,7) \cdot 1,011 \cdot 3,4 = 92,18 \text{ руб/дет};$$

$$\mathcal{E}_{чпу} = (15 \cdot 0,75 \cdot 0,62 \cdot 0,7 \cdot 1,06 / 0,7) \cdot 0,723 \cdot 3,4 = 18,17 \text{ руб/дет}.$$

Затраты на ремонт оборудования определим по Формуле

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

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

R_M - единицы ремонтной сложности;

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

$T_{шт}$ - штучное время на определенном типе оборудования на Резервном станке - 0,2288 ч, на вертикально сверлильном – 0,4068 ч, на продольно

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной работе был спроектирован технологический процесс изготовления корпуса редуктора массой 53 кг с годовой программой выпуска 300 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 применено высокопроизводительное оборудование с ЧПУ, быстродействующая технологическая оснастка, рационально использовался стандартный и специальный режущий инструмент.

Для Орезерования боковых поверхностей детали в размер $237,5 \pm 0,145$ мм, на продольно-Орезерном двухшпиндельном станке 6605 было спроектировано зажимное приспособление.

Для контроля непараллельности оси отв. $\varnothing 140$ мм относительно поверхности К было спроектировано 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			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Курбижеков</i>			Заключение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Желтобрюхов</i>					49	52
<i>Консульт.</i>		<i>Чезыбаева</i>				ХТИ – филиал СФУ		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Сагалакова</i>						
<i>Зав. Каф.</i>		<i>Торопов</i>						

CONCLUSION

The graduation thesis deals with a technological process of manufacturing a gearbox housing weighing 53 kg with an annual production program of 300 pcs.

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

To reduce the processing time, there has been applied the high-performance CNC equipment, high-speed technological equipment, standard and special cutting tools.

For milling the flank surface of the detail in the size of 237.5 ± 0.145 mm, a clamping device has been designed on the longitudinal milling duplex machine of 6605.

To control the inclination error of the holes of $\varnothing 140$ mm relative to the surface K, a gauging fixture with a detecting head has been designed.

The economic calculation has made it possible to observe the effectiveness of the introduction of the developed technological process into production; it is verified by technical and economic indicators.

					БР - 15.03.05.-2023 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Курбижеков</i>			Conclusion	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Желтобрюхов</i>					50	52
<i>Консульт.</i>		<i>Чезыбаева</i>				ХТИ – филиал СФУ		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Сагалакова</i>						
<i>Зав. Каф.</i>		<i>Торопов</i>						

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. М., Машиностроение, 1985г.
2. Краткий справочник конструктора-станкостроителя. М.: Машиностроение, 1968.
3. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и на обслуживание рабочего места на работы, выполняемые на металлорежущих станках. М.: Экономика, 1988.
4. Общетехнический справочник. Под ред. Е.А. Скороходова, М.: Машиностроение, 1990.
5. Ансеров, М.А. Приспособление для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – Л.: Машиностроение, 2004. – 656с.
6. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. / В. И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 2013 – 1846с.
7. Харламов Г. А., Тарапанов А. С. Припуски на механическую обработку: Справочник. – М.: Машиностроение, 2006. – 256 с.
8. Болотин, Х. Л. Станочное приспособления / Х. Л. Болотин, Ø. П. Костромин. – М.: Машиностроение, 2003 – 315 с.
9. Великанов, К. М. Экономика и организация производства в дипломных проектах / К.М. Великанов. – Л.: Машиностроение, 2003 – 256 с.
10. Горбачевич, А. Ø. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ø. Горбачевич, В. А. Шкред. – Минск.: Высшая школа, 2007 – 255 с.
11. Горохов, В. А. Проектирование и расчет приспособлений / В. А. Горохов. – Минск.: Высшая школа, 2003 – 312 с.
12. Горошкин, А. К. Приспособления для металлорежущих станков: справочник / А. К. Горошкин. – М.: Машиностроение 2011 – 303 с.
13. Гамрат-Курек, Л. И. Экономическое обоснование дипломных проектов: учебное пособие для ВУЗов / Л. И. Гамрат-Курек. – М.: Высшая школа, 2005 – 156 с.
14. Долматовский, Г. А. Справочник технолога по обработке металлов резанием / Г.А. Долматовский. – М.: Машиностроение, 2014 354 с.
15. Допуски и посадки: справочник: В 2 т. / В. Д. Мягков. – Л.: Машиностроение, 2013 – 1026 с.

					БР - 15.03.05.-2023 ПЗ		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		<i>Курбижеков</i>			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Желтобрюхов</i>				51	52
<i>Консульт.</i>		<i>Чезыбаева</i>			Список использованных источников ХТИ – филиал СФУ		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Сагалакова</i>					
<i>Зав. Каф.</i>		<i>Торопов</i>					

БР - 15.03.05.-2023 ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Курбижеков			Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Желтобрюхов				51	52
Консульт.		Чезыбаева			ХТИ – филиал СФУ		
Н. Контр.		Сагалакова					
Зав. Каф.		Торопов					
					Список использованных источников		

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
«20» 06 2023 г.

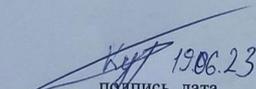
БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

по дисциплине «Технология машиностроения»

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

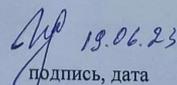
«Разработка технологического процесса механической обработки корпуса»

Студент


подпись, дата

Н.Р. Курбижеков
инициалы, фамилия

Руководитель


подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов
инициалы, фамилия

Абакан 2023

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

Консультанты по
разделам:

Технологическая часть
наименование раздела

 19.06.23
подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов
инициалы, фамилия

Конструкторская часть
наименование раздела

 19.06.23
подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов
инициалы, фамилия

Организационно-экономическая часть
наименование раздела

 19.06.23
подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов
инициалы, фамилия

Заключение на английском языке
наименование раздела


подпись, дата

Н.В. Чезыбаева
инициалы, фамилия

Нормоконтролер
наименование раздела


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. Торопов

подпись инициалы, фамилия

« 14 » 04 2023 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту Курбижекову Николаю Романовичу,

фамилия, имя, отчество

Группа 29-1

номер

Направление 15.03.05

код

Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

наименование

Тема выпускной квалификационной работы Разработка технологического процесса механической обработки корпуса

Утверждена приказом по университету № 229 от 14.04.2023

Руководитель ВКР Е.М. Желтобрюхов, к.т.н., доцент кафедры ЭМиАТ

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР 1. чертеж детали корпус редуктора;

2. годовая программа N = 300 шт

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

Перечень графического материала 1. Чертеж детали - 1 лист ф. А1; 2. Технологический процесс - 4 листа ф. А1; 3. Приспособление контрольное - 1 лист ф. А1; 4. Приспособление фрезерное - 1 лист ф. А1; 5. Технико-экономические показатели - 1 лист ф.А1.

Руководитель ВКР



подпись

Е.М. Желтобрюхов
инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению



подпись

Н.Р. Курбижеков
инициалы и фамилия