

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему

Конструкторско-технологическое обеспечение обработки
крышки компрессорной установки ВКМ-786

ПТУ 15.03.02.03.03.00 ПЗ
(обозначение ВКР)

Студент гр. 163МС31

[подпись]
(подпись, дата)

Нуркин Н.Ю.
(фамилия, инициалы)

Руководитель

[подпись]
(подпись, дата)

Байшаков Т.С.
(фамилия, инициалы)

Нормоконтролер

[подпись]
(подпись, дата)

Ногетков Д.В.
(фамилия, инициалы)

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры
от 30.01.2020 № 6)

Заведующий кафедрой

[подпись]
(подпись)

Липов А.В.
(фамилия, инициалы)

Работа защищена с оценкой отлично

(протокол заседания ГЭК от 07.02.2020 № 1)

Секретарь ГЭК

[подпись]
(подпись)

Истомина Ю.В.
(фамилия, инициалы)

Пенза 2020

« 30 » 01 20 20 г.

ЗАДАНИЕ

на бакалаврскую работу

1. Студент гр. 163МС31

Политехнического института

направления 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Куркин Кирилл Юрьевич2. Руководитель бакалаврской работы Большаков Г.С., к.т.н., доцент каф. КИТО

3. Время проектирования с « 23 » декабря 20 19 г. по « 10 » февраля 20 20 г.

4. Место преддипломной практики г. Пенза, ООО НПП «Точное Машино Стреление»

5. Тема бакалаврской работы

Конструкторско-технологическое обеспечение обработкикрышки компрессорной установки ВКМ-786Тема утверждена приказом ПГУ № 1242 а/о от 20.11 20 19 г.

6. Техническое задание (цель проектирования, объект проектирования, его технические характеристики и т.п.)

Разработать для условий серийного производства
технологический процесс механической обработки
детали крышка компрессорной установки ВКМ-786
с использованием станков с ЧПУСпроектировать механизированную оснастку для
закрепления заготовки на станках

7. Объем и содержание основной части работы

7.1. Пояснительная записка (перечень вопросов, подлежащих разработке, расчеты, обоснования, описания)

1 Анализ исходных данных2 Проектирование технологического процесса2.1 Анализ конструкции детали 2.2 Определение типа производства2.3 Разработка тех. процесса 2.4 Расчет припусков2.5 Выбор оборудования и средств 2.6 Расчет режимови норм времени 3. Проектирование средств технологического оснащения3.1 Разработка пневматического трехкулачкового патрона3.2. Разработка приспособления для обработки патрубка3.3. Разработка специальной зенковки

7.2. Графическая часть (перечень и содержание чертежей, плакатов)

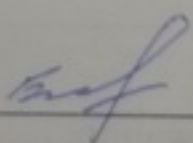
Чертеж детали Кронца
Чертеж заготовки Кронца
Патрон трехшариковый пневматический
Принадлежности для обработки патрудка
Технологические наладки
Технологические наладки
Чертеж станочная $\phi 26$

8. Особые требования по выполнению разделов:

9. Календарный график выполнения выпускной работы

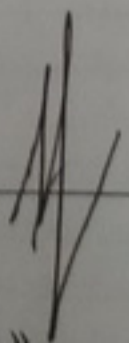
Наименование этапов работы	Объем работы, %	Срок выполнения	Подпись руководителя
1 Анализ исходных данных	15	30.12.19	Бониф
2 Проектирование технологического процесса	15	06.01.20	Бониф
3 Проектирование токарного пневматического патрона	15	13.01.20	Бониф
4 Проектирование приспособления для обработки патрудка	15	20.01.20	Бониф
5 Оформление чертежей	20	27.01.20	Бониф
6 Оформление пояснительной записки	20	03.02.20	Бониф

Дата выдачи задания «23» 12 2019 г. Задание к исполнению принял 

Руководитель работы 

«23» 12 2019 г.

Бакалаврскую работу к защите допустить

Директор Политехнического института  Г.В. Козлов

«___» ___ 20___ г.

РЕФЕРАТ

Куркин — Конструкторско-технологическое обеспечение механической обработки крышки компрессорной установки ВКМ-786.
Пояснительная записка содержит 100 листов, 9 рисунков, 20 таблиц, 30 источников, 3 приложения. Графическая часть содержит 8 листов формата А1.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ, ТИП ПРОИЗВОДСТВА, РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ, ПРИПУСК, ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ, РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ.

Объектом разработки является технологический процесс механической обработки крышки компрессорной установки ВКМ-786.

Цель работы - совершенствование технологического процесса механической обработки детали, путем применения современного оборудования с ЧПУ, и средств его оснащения, обеспечивающих требуемое качество обработки.

В процессе работы проводилась модернизация базового технологического процесса, путем замены операций, выполняемых на универсальных станках моделей 1532, 2620, 2М57, 3Е711В на операции, выполняемые на токарно-карусельном станке с ЧПУ модели VNL1254Н, обрабатывающих центрах с ЧПУ моделей VM1506Н, HHMC800E и на продольно-шлифовальном станке модели MC353Ф10.

В процессе работы проводилась конструкторская разработка токарного и фрезерного приспособлений, с заменой ручного зажима на пневматический (гидравлический), и теоретические расчеты силовых и конструкционных

ПГУ 15.03.02.03.00.00 ПЗ

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата
Разработ		Куркин К.В.		
Провер		Большаков Г.С.		
Н. контр		Кочетков Д.В.		
Умб				

Конструкторско-технологическое обеспечение обработки крышки компрессорной установки ВКМ-786. Пояснительная записка

Лит	Лист	Листов
В К Р	3	100
Каф.КПТО, гр.163МС31		

параметров вышеуказанных приспособлений.

В результате проведенной работы разработан прогрессивный технологический процесс механической обработки крышки компрессорной установки ВКМ-786, а также спроектированы средства его оснащения. Степень внедрения - технологический процесс механической обработки крышки компрессорной установки ВКМ-786 может быть использован на любом машиностроительном предприятии, в том числе и на ОАО "ТоМаст".

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 Анализ исходных данных	10
1.1 Характеристика и служебное назначение детали	10
1.2 Анализ базового технологического процесса	11
1.3 Цель и задачи проектирования	17
2 Проектирование технологического процесса	19
2.1 Анализ конструкции детали и технологический контроль чертежа.....	19
2.2 Определение типа производства.....	20
2.3 Разработка маршрутного технологического процесса	27
2.4 Расчет припусков и межоперационных размеров.....	35
2.5 Выбор оборудования и средств технологического оснащения	41
2.6 Расчет режимов резания и норм времени	44
2.7 Выводы по разделу.....	61
3 Проектирование средств технологического оснащения	62
3.1 Назначение и принцип работы пневматического трехкулачкового патрона	62
3.2 Силовой расчет пневматического трехкулачкового патрона	63
3.3 Назначение и принцип работы приспособления для обработки патрубка.....	66
3.4 Силовой расчет приспособления для обработки патрубка	68
3.5 Проверочный расчет специальной зенковки	73
3.6 Выводы по разделу.....	76
Заключение	77
Список использованных источников	78
Приложение А Ведомость дипломного проекта	82
Приложение Б Спецификация	84
Приложение В Технологическая документация	89

ВВЕДЕНИЕ

Целью разработанного проекта является разработка высокопродуктивных методов обработки и существенное снижения себестоимости крышки компрессора.

В серийном производстве в решении данных проблем помогает один из основных факторов это приспособления для станка. Производство в наше время характеризуется высокими скоростями резания металлов, значительным повышенными точностями механической обработки и повышенной производительностью, при которой вспомогательное время должно быть снижено до минимума.

Достижения заданных высоких скоростей резания металлов и повышенной точности обработки изделий нужно обеспечить как можно более надежное закрепление обрабатываемого изделия, не допуская при этом деформации на поверхностях по которым происходит зажим заготовок.

Фиксация заготовки на столе станка — это основная роль станочного приспособления. В результате неправильный прижима, особенно если прижим осуществляется ручным способом, заготовки может деформируются, после этого производится их выгрузка с приспособления. Обнаруживаются это при контроле погрешности механической обработки, после шлифования и фрезерования плоскостей и уступов возникает неплоскостность или непараллельность плоскостей, после развертывания и расточки — эллиптичность отверстий или непараллельность осей данных отверстий.

Ручной зажим может не всегда надежно фиксировать заготовку. Поэтому ручные зажимы часто во время механических операции по снятию припуска ослабевают, и их надо подтягивать на ходу. Перечисленные причины очень сильно влияют как на качество, так и на время механической обработки заго-

ТОВКИ.								
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.					Проект производственного участка механической обработки крышки компрессорной установки ВКМ-786			
Провер.								
Н. контр.								
Утв.								
					Лит.	Лист	Листов	
						5		
					каф. 5			
					зр.			

Основным фактором уменьшения времени на механическую обработку является стремительное повышение производительности в результате внедрения в больших количествах нового оборудования и оснастки.

С этой целью в выпускной квалификационной работе сконструированы высокопроизводительные приспособления с гидравлическим и пневматическим приводами.

						Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1 Характеристика и служебное назначение детали

“Крышка” входит в состав изделия “Установка компрессорная винтовая ВКМ-786”.

Крышка является вспомогательной стационарной частью рабочего механизма изделия, закрывает внутреннюю полость камеры нагнетания, тем самым обеспечивая стабильный процесс нагнетания воздуха в компрессоре.

Рабочими поверхностями детали являются:

- торец с внешней стороны фланца привалки ($Ra = 0,8$ мкм). Обеспечивает точность сопряжения с плоскостью камеры нагнетания.
- поверхность $\varnothing 125H7^{(+0,04)}$ ($Ra = 3,2$ мкм). Необходима для обеспечения точности и герметичности установки упорного подшипника.

В качестве материала для изготовления детали используется серый чугун – СЧ30 ГОСТ 1412-85.

Уровень механических свойств должен соответствовать ГОСТ 1412-85.

1.2 Анализ базового технологического процесса

Таблица 1.2 -Заводской технологический процесс

№ опер.	Наименование и краткое содержание	Технологическая база	Наименование оборудования
1	2	3	4
005	<i>Литье в ПГС</i> Изготовить заготовку	-	Печь ИСТ-016

					Лист 7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

010	<i>Термическая</i> Произвести термообработку для снятия внутренних напряжений (искусственное старение).	-	Печь НК 25.28.20/3,5MT
015	<i>Токарно-карусельная Установ А</i> 1. Точить торец фланца привалки предварительно и окончательно, выдерживая размер 250 _{-0,29} . 2. Точить наружную поверхность фланца привалки окончательно до диаметра Ø720 _{-0,8} .	Торцы бобышек Ø175±1,0 и Ø160±1,0, наружная поверхность Ø600±1,0 (кулачки станочные)	Токарно-карусельный станок 1532
	<i>Установ Б</i> 3. Подрезать торцы бобышек Ø175±1,0 и Ø160±1,0 окончательно, выдерживая размер 245,2 _{-0,29} .	Торец и наружная поверхность фланца привалки Ø720 _{-0,8} (кулачки станочные)	

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4
020	<p><i>Горизонтально-расточная</i></p> <p>1. Расточить отверстие до диаметра $\varnothing 70^{+0,74}$ напроход.</p> <p>2. Расточить поверхность в размер $\varnothing 88^{+0,87}$, выдерживая размер $3 \pm 0,15$.</p> <p>3. Расточить поверхность до диаметра $\varnothing 115^{+0,87}$ напроход.</p> <p>4. Расточить поверхность до диаметра $\varnothing 125H7^{(+0,04)}$, выдерживая размер $20_{-0,2}$.</p>	<p>Торец фланца привалки с внешней стороны (плита специальная, расположенная перпендикулярно столу станка), наружная поверхность фланца привалки $\varnothing 720_{-0,8}$ (пальцы центрирующие), торец фланца привалки с тыльной стороны (зажим прихватами)</p>	<p>Горизонтально-расточной станок 2620</p>
025	<p><i>Горизонтально-расточная</i></p> <p>1. Расточить поверхность кругового сегмента окончательно с правой стороны, выдерживая размеры $55 \pm 0,37$, $126 \pm 0,2$, $12,5 \pm 0,2$, $152 \pm 0,5$, R150.</p> <p>2. Переместить стол станка вправо на расстояние $252 \pm 0,2$.</p> <p>3. Расточить поверхность кругового сегмента окончательно с левой стороны, выдерживая размеры $55 \pm 0,37$, $126 \pm 0,2$, $12,5 \pm 0,2$, $152 \pm 0,5$, R150.</p>	<p>Торцы бобышек $\varnothing 175 \pm 1,0$ и $\varnothing 160 \pm 1,0$ (плита специальная, расположенная перпендикулярно столу станка), наружная поверхность фланца привалки $\varnothing 720_{-0,8}$ (пальцы центрирующие), торец фланца привалки с внешней стороны (зажим прихватами)</p>	<p>Горизонтально-расточной станок 2620</p>

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4
030	<p><i>Горизонтально-расточная</i></p> <p>1. Фрезеровать плоскость бокового патрубка окончательно, выдерживая размер $145 \pm 0,5$.</p>	<p>Торец фланца привалки с внешней стороны (стол станка), наружная поверхность фланца привалки $\varnothing 720_{-0,8}$ (пальцы центрирующие), торец фланца привалки с тыльной стороны</p>	<p>Горизонтально-расточной станок 2620</p>
035	<p><i>Радиально-сверлильная</i></p> <p>1. Сверлить 20 отверстий диаметром $\varnothing 22^{+0,52}$ на торце фланца привалки с внешней стороны по предварительной разметке напроход, выдерживая размер $\varnothing 660 \pm 0,4$.</p>	<p>Торцы бобышек $\varnothing 175 \pm 1,0$ и $\varnothing 160 \pm 1,0$ (стол станка), наружная поверхность фланца привалки $\varnothing 720_{-0,8}$ (пальцы центрирующие), торец фланца привалки с внешней стороны</p>	<p>Радиально-сверлильный станок 2М57</p>

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4
040	<p><i>Радиально-сверлильная</i></p> <p>1. Зенковать 20 поверхностей диаметром $\varnothing 45^{+0,62}$ на глубину $2 \pm 0,1$.</p> <p>2. Сверлить четыре отверстия диаметром $\varnothing 14,5^{+0,43}$ на торце бобышки $\varnothing 160 \pm 1,0$ по предварительной разметке на глубину $28 \pm 0,26$, выдерживая размер $125 \pm 0,3$.</p> <p>3. Зенковать фаски $2 \times 45^\circ$ в четырех отверстиях.</p> <p>4. Нарезать резьбу М16-6Н в четырех отверстиях на глубину $22 \pm 0,26$.</p> <p>5. Сверлить шесть отверстий диаметром $\varnothing 9^{+0,36}$ на торце бобышки $\varnothing 175 \pm 1,0$ по предварительной разметке на глубину $20 \pm 0,26$, выдерживая размер $150 \pm 0,2$.</p> <p>6. Зенковать фаски $1,6 \times 45^\circ$ в шести отверстиях.</p> <p>7. Нарезать резьбу М10-6Н в шести отверстиях на глубину $15 \pm 0,22$.</p>	<p>Торец фланца привалки с внешней стороны (стол станка), наружная поверхность фланца привалки $\varnothing 720_{-0,8}$ (пальцы центрирующие), торец фланца привалки с тыльной стороны</p>	<p>Радиально-сверлильный станок 2М57</p>

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4
045	<p><i>Радиально-сверлильная</i></p> <p>1. Сверлить четыре отверстия диаметром $\varnothing 14,5^{+0,43}$ на плоскости бокового патрубка по предварительной разметке на глубину $28 \pm 0,26$, выдерживая размер $150 \pm 0,3$.</p> <p>2. Зенковать фаски $2 \times 45^\circ$ в четырех отверстиях.</p> <p>3. Нарезать резьбу М16-6Н в четырех отверстиях на глубину $22 \pm 0,26$.</p> <p>4. Повернуть обрабатываемую деталь</p> <p>5. Сверлить отверстие диаметром $\varnothing 9^{+0,36}$ на глубину $26 \pm 0,26$, выдерживая размер $50 \pm 0,3$.</p>	<p>Торец фланца привалки с внешней стороны (плита специальная, расположенная перпендикулярно столу станка), наружная поверхность фланца привалки $\varnothing 720_{-0,8}$ (пальцы центрирующие), торец фланца привалки с тыльной стороны (зажим прихватами)</p>	<p>Радиально-сверлильный станок 2М57</p>

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4
045	<p>11. Зенковать фаску $1,6 \times 45^\circ$ в отверстии.</p> <p>12. Нарезать резьбу $M16 \times 1,5-6H$ в отверстии напроход.</p> <p>13. Повернуть обрабатываемую деталь на 45°</p> <p>14. Сверлить отверстие диаметром $\varnothing 18,5^{+0,52}$ напроход, выдерживая размер $88 \pm 0,44$.</p> <p>15. Зенковать поверхность диаметром $\varnothing 20,5^{+0,52}$ на глубину $5,5 \pm 0,2$.</p> <p>16. Зенковать поверхность диаметром $\varnothing 26^{+0,52}$ на глубину $1,5 \pm 0,1$.</p> <p>17. Зенковать фаску, выдерживая размер $\angle 90^\circ$.</p> <p>18. Зенковать фаску, выдерживая размеры $\varnothing 21,8^{+0,52}$, $\angle 60^\circ$.</p> <p>19. Нарезать резьбу $M20 \times 1,5-6H$ на глубину $17 \pm 0,22$.</p>	<p>Торец фланца привалки с внешней стороны (плита специальная, расположенная перпендикулярно столу станка), наружная поверхность фланца привалки $\varnothing 720_{-0,8}$ (пальцы центрирующие), торец фланца привалки с тыльной стороны (зажим прихватами)</p>	<p>Радиально-сверлильный станок 2М57</p>
050	<p><i>Плоскошлифовальная</i></p> <p>1. Шлифовать торец фланца привалки с внешней стороны окончательно, выдерживая размер $245_{-0,2}$.</p>	<p>Торцы бобышек $\varnothing 175 \pm 1,0$ и $\varnothing 160 \pm 1,0$ (магнитный стол станка)</p>	<p>Плоскошлифовальный станок 3Е711В</p>

Заводской технологический процесс не является актуальным в современных условиях по следующим причинам:

- использование универсальных станков
- наличие большого количества разметочных операций (на обработку плоскостей и отверстий) в технологическом процессе приводит к значительному увеличению времени изготовления детали, следовательно, неприемлемо в условиях серийного производства.
- практически все операции механической обработки производятся с использованием технологической оснастки с ручным зажимом,

В результате можно сделать вывод, что заводской технологический процесс изготовления крышки пригоден для использования в условиях единичного производства и не может использоваться в серийном производстве.

1.3 Цель и задачи проектирования

Целью выпускной квалификационной работы является улучшение технологического процесса изготовления крышки и средств его оснащения.

Для этого нужно решить следующие задачи:

1. Проанализировать принцип и назначение изделия
2. Определить наиболее ответственные элементы конструкции.
3. Произвести анализ заводского технологического процесса, выявить основные недостатки в маршруте изготовления крышки.
4. Предложить усовершенствованный вариант технологического процесса, для актуального типа производства, рассчитать режимов резания и норм времени на наиболее важных операции.
5. В конструкторском разделе спроектировать для обработки детали технологической оснастки.

					14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	14

2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

2.1 Анализ конструкции детали и технологический контроль чертежа

По типу конструкции крышку можно охарактеризовать следующим образом:

а) “Крышка” изготовлена из СЧ30 ГОСТ 1412-85, который обрабатывается резанием, хрупок, средняя износостойкость и восприимчивостью к переменным нагрузкам.

б) Наиболее высокие требования предъявляются к следующим поверхностям:

1) *Торец с внешней стороны фланца привалки ($Ra = 0,8$ мкм)* – предусматривается три стадии механической обработки: черновое точение, чистовое точение, шлифование окончательное.

2) $\varnothing 125H7^{(+0,04)}$ ($Ra = 3,2$ мкм) – составляет две стадии обработки детали : черновое растачивание, чистовое растачивание.

Вывод: “Крышка” достаточно технологична в изготовлении, в процессе механической обработки требуется применения специальных приспособлений на наиболее ответственных операциях, необходимо использовать станки с ЧПУ.

Предложения по улучшению технологического процесса:

- замена универсальных станков на станки с ЧПУ, что приведет к повышению точности обработки;
- замена универсальной станочной оснастки на приспособления с механизированным приводом, что позволит уменьшить вспомогательное время и повысить точность обработки

					15/лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15

- использование прогрессивного режущего инструмента на всех этапах механической обработки детали.

2.2 Определение типа производства

Исходные данные:

Годовая программа: $N = 1000$ шт.

Количество деталей в изделии: $m = 1$.

Процент запасных частей [1]: $B = 5\%$.

Режим работы предприятия: 2 смены в сутки.

1. Определяем годовую программу запуска деталей [1]

$$N_{\text{зап.}} = N \cdot m \cdot \left(1 + \frac{B}{100}\right), \quad (1)$$

$$N_{\text{зап.}} = N \cdot m \cdot \left(1 + \frac{B}{100}\right) = 1000 \cdot 1 \cdot \left(1 + \frac{5}{100}\right) = 1050 \text{ шт.}$$

2. Определяем основное и штучно-калькуляционное время [1]

050 Токарно-карусельная с ЧПУ

Установ А

Подрезка пов. ($D = 730$ мм; $d = 600$ мм) :

$$T_o = 0,000037 \cdot (D^2 - d^2) = 0,000037 \cdot (730^2 - 600^2) = 6,4 \text{ мин.}$$

Подрезка пов. ($D = 730$ мм; $d = 600$ мм) :

$$T_o = 0,000052 \cdot (D^2 - d^2) = 0,000052 \cdot (730^2 - 600^2) = 8,99 \text{ мин.}$$

Обработка пов. ($d = 720$ мм, $\ell = 65$ мм):

$$T_o = 0,00017 \cdot d \cdot \ell = 0,00017 \cdot 720 \cdot 65 = 7,96 \text{ мин.}$$

Установ Б

Подрезка пов. ($D = 160$ мм; $d = 60$ мм) :

					16	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

$$T_o = 0,000037 \cdot (D^2 - d^2) = 0,000037 \cdot (160^2 - 60^2) = 0,81 \text{ мин.}$$

Подрезка пов. ($D = 175 \text{ мм}$; $d = 105 \text{ мм}$):

$$T_o = 0,000037 \cdot (D^2 - d^2) = 0,000037 \cdot (175^2 - 105^2) = 0,73 \text{ мин.}$$

Сумма времени: $\sum T_o = 24,89 \text{ мин.}$

Штучно-калькуляционное время на операцию:

$$T_{\text{шт.к.}} = \varphi \cdot \sum T_o = 1,36 \cdot 24,89 \approx 33,85 \text{ мин.}$$

065 Вертикально-расточная с ЧПУ

Обработка круговых сегментов окончательно ($d = 2 \cdot R = 2 \cdot 150 = 300 \text{ мм}$; $\ell = 152 \text{ мм}$; $n = 2$): $T_o = 0,00018 \cdot d \cdot \ell \cdot n = 0,00018 \cdot 300 \cdot 152 \cdot 2 = 16,42 \text{ мин.}$

Отверстия - сверление ($d = 22 \text{ мм}$, $\ell = 40 \text{ мм}$, $n = 20$):

$$T_o = 0,00052 \cdot d \cdot \ell \cdot n = 0,00052 \cdot 22 \cdot 40 \cdot 20 = 9,15 \text{ мин.}$$

Сумма времени: $\sum T_o = 25,57 \text{ мин.}$

Штучно-калькуляционное время на операцию:

$$T_{\text{шт.к.}} = \varphi \cdot \sum T_o = 2,25 \cdot 25,57 \approx 57,53 \text{ мин.}$$

080 Вертикально-расточная с ЧПУ

Обработка внутренней поверхности ($d = 70 \text{ мм}$, $\ell = 245,2 \text{ мм}$) окончательно: $T_o = 0,00018 \cdot d \cdot \ell = 0,00018 \cdot 70 \cdot 245,2 = 3,09 \text{ мин.}$

Обработка внутренней поверхности ($d = 88 \text{ мм}$, $\ell = 3 \text{ мм}$) окончательно:

$$T_o = 0,00018 \cdot d \cdot \ell = 0,00018 \cdot 88 \cdot 3 = 0,05 \text{ мин.}$$

Обработка внутренней поверхности ($d = 115 \text{ мм}$, $\ell = 35 \text{ мм}$) окончательно: $T_o = 0,00018 \cdot d \cdot \ell = 0,00018 \cdot 115 \cdot 35 = 0,72 \text{ мин.}$

Обработка внутренней поверхности ($d = 124 \text{ мм}$, $\ell = 20 \text{ мм}$) предварительно: $T_o = 0,00018 \cdot d \cdot \ell = 0,00018 \cdot 124 \cdot 20 = 0,45 \text{ мин.}$

Обработка внутренней поверхности ($d = 125 \text{ мм}$, $\ell = 20 \text{ мм}$) окончательно: $T_o = 0,00018 \cdot d \cdot \ell = 0,00018 \cdot 125 \cdot 20 = 0,45 \text{ мин.}$

					17/лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	17

Поверхности - зенкование ($d = 45$ мм, $\ell = 2$ мм, $n = 20$):

$$T_o = 0,00031 \cdot d \cdot \ell \cdot n = 0,00031 \cdot 45 \cdot 2 \cdot 20 = 0,56 \text{ мин.}$$

сверление ($d = 14,5$ мм, $\ell = 28$ мм, $n = 4$):

$$T_o = 0,00052 \cdot d \cdot \ell \cdot n = 0,00052 \cdot 14,5 \cdot 28 \cdot 4 = 0,84 \text{ мин.}$$

нарезка резьбы ($d_{\text{ном}} = 16$ мм, $\ell = 22$ мм, $n = 4$):

$$T_o = 0,0004 \cdot d_{\text{ном}} \cdot \ell \cdot n = 0,0004 \cdot 16 \cdot 22 \cdot 4 = 0,56 \text{ мин.}$$

сверление ($d = 9$ мм, $\ell = 20$ мм, $n = 6$):

$$T_o = 0,00052 \cdot d \cdot \ell \cdot n = 0,00052 \cdot 9 \cdot 20 \cdot 6 = 0,56 \text{ мин.}$$

нарезка резьбы ($d_{\text{ном}} = 10$ мм, $\ell = 15$ мм, $n = 6$):

$$T_o = 0,0004 \cdot d_{\text{ном}} \cdot \ell \cdot n = 0,0004 \cdot 10 \cdot 15 \cdot 6 = 0,36 \text{ мин.}$$

Сумма времени: $\sum T_o = 7,64$ мин.

Штучно-калькуляционное время на операцию:

$$T_{\text{шт.к.}} = \varphi \cdot \sum T_o = 2,25 \cdot 7,64 \approx 17,19 \text{ мин.}$$

095 Горизонтально-расточная с ЧПУ

Обработка плоскости бокового патрубка окончательно ($\ell_{\text{обр}} = 140$ мм):

$$T_o = 0,006 \cdot \ell_{\text{обр}} = 0,006 \cdot 140 = 0,84 \text{ мин.}$$

сверление ($d = 14,5$ мм, $\ell = 28$ мм, $n = 4$):

$$T_o = 0,00052 \cdot d \cdot \ell \cdot n = 0,00052 \cdot 14,5 \cdot 28 \cdot 4 = 0,84 \text{ мин.}$$

нарезка резьбы ($d_{\text{ном}} = 16$ мм, $\ell = 22$ мм, $n = 4$):

$$T_o = 0,0004 \cdot d_{\text{ном}} \cdot \ell \cdot n = 0,0004 \cdot 16 \cdot 22 \cdot 4 = 0,56 \text{ мин.}$$

Сумма времени: $\sum T_o = 2,24$ мин.

Штучно-калькуляционное время на операцию:

$$T_{\text{шт.к.}} = \varphi \cdot \sum T_o = 2,25 \cdot 2,24 \approx 5,04 \text{ мин.}$$

110 Горизонтально-расточная с ЧПУ

сверление ($d = 9$ мм, $\ell = 26$ мм):

$$T_o = 0,00052 \cdot d \cdot \ell = 0,00052 \cdot 9 \cdot 26 = 0,12 \text{ мин.}$$

зенкование ($d = 15$ мм, $\ell = 6$ мм):

$$T_o = 0,00031 \cdot d \cdot \ell = 0,00031 \cdot 15 \cdot 6 = 0,03 \text{ мин.}$$

нарезка резьбы ($d_{\text{ном}} = 10$ мм, $\ell = 22$ мм):

$$T_o = 0,0004 \cdot d_{\text{ном}} \cdot \ell = 0,0004 \cdot 10 \cdot 22 = 0,09 \text{ мин.}$$

сверление ($d = 14,5$ мм, $\ell = 25$ мм):

$$T_o = 0,00052 \cdot d \cdot \ell = 0,00052 \cdot 14,5 \cdot 25 = 0,19 \text{ мин.}$$

зенкование ($d = 25$ мм, $\ell = 2$ мм):

$$T_o = 0,00031 \cdot d \cdot \ell = 0,00031 \cdot 25 \cdot 2 = 0,02 \text{ мин.}$$

нарезка резьбы ($d_{\text{ном}} = 16$ мм, $\ell = 23$ мм):

$$T_o = 0,0004 \cdot d_{\text{ном}} \cdot \ell = 0,0004 \cdot 16 \cdot 23 = 0,15 \text{ мин.}$$

Сумма времени: $\sum T_o = 0,6$ мин.

Штучно-калькуляционное время на операцию:

$$T_{\text{шт.к.}} = \varphi \cdot \sum T_o = 2,25 \cdot 0,6 \approx 1,35 \text{ мин.}$$

125 Горизонтально-расточная с ЧПУ

сверление ($d = 18,5$ мм, $\ell = 25$ мм):

$$T_o = 0,00052 \cdot d \cdot \ell = 0,00052 \cdot 18,5 \cdot 25 = 0,24 \text{ мин.}$$

зенкование ($d = 20,5$ мм, $\ell = 5,5$ мм):

$$T_o = 0,00031 \cdot d \cdot \ell = 0,00031 \cdot 20,5 \cdot 5,5 = 0,03 \text{ мин.}$$

зенкование ($d = 26$ мм, $\ell = 1,5$ мм):

$$T_o = 0,00031 \cdot d \cdot \ell = 0,00031 \cdot 26 \cdot 1,5 = 0,01 \text{ мин.}$$

нарезка резьбы ($d_{\text{ном}} = 20$ мм, $\ell = 17$ мм):

					19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	19

$$T_o = 0,0004 \cdot d_{\text{ном}} \cdot \ell = 0,0004 \cdot 20 \cdot 17 = 0,14 \text{ мин.}$$

$$\text{Сумма времени: } \sum T_o = 0,42 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время на операцию:

$$T_{\text{шт.к.}} = \varphi \cdot \sum T_o = 2,25 \cdot 0,42 \approx 0,95 \text{ мин.}$$

140 Продольно-шлифовальная

Обработка плоскости окончательно ($\ell_{\text{обр}} \approx 720 \text{ мм}$):

$$T_o = 0,004 \cdot \ell_{\text{обр}} = 0,004 \cdot 720 = 2,88 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время на операцию:

$$T_{\text{шт.к.}} = \varphi \cdot \sum T_o = 1,55 \cdot 2,88 \approx 4,46 \text{ мин.}$$

3. Определяем количество станков [1]

$$m_p = \frac{N_{\text{зап}} \cdot T_{\text{шт.к.}}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{\text{зн}}}, \quad (2)$$

где $\eta_{\text{зн}}$ - нормативный коэффициент загрузки [1], $\eta_{\text{зн}} = 0,8$.

F_d - действительный годовой фонд времени работы оборудования [1],

$$F_d = 4029 \text{ часов.}$$

Таким образом требуемое количество станков на операции 050

$$m_{p050} = \frac{1050 \cdot 33,85}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,184; P_1 = 1$$

На операции 065

$$m_{p065} = \frac{1050 \cdot 57,53}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,312; P_2 = 1$$

На операции 080

$$m_{p080} = \frac{1050 \cdot 17,19}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,093; P_2 = 1$$

На операции 095

$$m_{p095} = \frac{1050 \cdot 5,04}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,027; P_3 = 1$$

На операции 110

$$m_{p110} = \frac{1050 \cdot 1,35}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,007; P_3 = 1$$

На операции 125

$$m_{p125} = \frac{1050 \cdot 0,95}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,005; P_3 = 1$$

На операции 140

$$m_{p140} = \frac{1050 \cdot 4,46}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,024; P_4 = 1$$

4. Рассчитываем коэффициент загрузки оборудования [1]

$$\eta_{зф} = \frac{m_p}{p}, \quad (3)$$

$$\eta_{зф050} = \frac{0,184}{1} = 0,184; \eta_{зф065,080} = \frac{0,312 + 0,093}{1} = 0,405;$$

$$\eta_{зф095,110,125} = \frac{0,027 + 0,007 + 0,005}{1} = 0,039, \eta_{зф140} = \frac{0,024}{1} = 0,024.$$

5. Рассчитываем количество **всех** операций **сделанных** за один год на рабочем месте [1]

$$O = \frac{\eta_{зн}}{\eta_{зф}}, \quad (4)$$

Подставив значения получаем:

$$O_{050} = \frac{0,8}{0,184} \approx 5;$$

$$O_{065,080} = \frac{0,8}{0,405} \approx 2;$$

$$O_{095,110,125} = \frac{0,8}{0,039} \approx 20;$$

$$O_{140} = \frac{0,8}{0,024} \approx 33.$$

					21	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

6. Рассчитываем коэффициент закрепления операций [1]

$$K_{30} = \frac{\sum_{i=1}^7 O_i}{\sum_{i=1}^4 P_i}, \quad (5)$$

$$K_{30} = \frac{5 + 2 + 20 + 33}{4} = 15$$

Вывод: полученное **число** K_{30} соответствует *среднесерийному* типу производства ($10 < K_{30} < 20$).

7. Рассчитываем объем производственной партии [1]

$$n = \frac{N_{\text{зап}} \cdot t}{D_{\text{раб}}}, \quad (6)$$

где t – нормативный запас хранения грузов на складе. Для **больших** деталей:
 $t = 2$ дня (в условиях среднесерийного производства).

$D_{\text{раб}}$ - **количество** рабочих дней в году, $D_{\text{раб}} = 251$ дней.

Следовательно: $n = \frac{1050 \cdot 2}{251} = 8,37$ шт.

Принимается: $n = 9$ шт.

Результаты по определению типа производства приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Результаты по определению типа производства

№	Операция	$T_{шт.к.}$	m_p	P	$\eta_{зф}$	O
050	Токарно-карусельная с ЧПУ	33,85	0,184	1	0,184	5
065	Вертикально-расточная с ЧПУ	57,53	0,312	1	0,405	2
080	Вертикально-расточная с ЧПУ	17,19	0,093			
095	Горизонтально-расточная с ЧПУ	5,04	0,027	1	0,039	20
110	Горизонтально-расточная с ЧПУ	1,35	0,007			
125	Горизонтально-расточная с ЧПУ	0,95	0,005			
140	Продольно-шлифовальная	4,46	0,024	1	0,024	33
Σ		120,37		4		60

2.3 Разработка маршрутного технологического процесса

Я предлагаю следующие мероприятия по совершенствованию тех процесса: а) В токарной обработки торца фланца с внешней стороны, торцов бобышек $\varnothing 175 \pm 1,0$ и $\varnothing 160 \pm 1,0$, а также наружной поверхности фланца в разработанном мною варианте тех процесса предлагаю использовать токарно-карусельный станок с ЧПУ мод. VNL1254H, который оснащен шестипозиционной инструментальной головкой. Обработка крышки будет осуществляться по УП, что приведет к большому снижению трудоемкости токарных операций, а также сокращению расходов на эксплуатацию оборудования и технологическую оснастку.

б) В процессе фрезерования плоскости патрубка, также при сверлении, зенковании поверхностей, а так же фасок, нарезании резьбы в четырех отверстиях М16-6Н, отверстия М10-6Н, отверстия М16×1,5-6Н, отверстия М20×1,5-6Н предлагается использовать горизонтальный обрабатывающий центр с ЧПУ

мод. ННМС800Е, который обеспечивает высокую точность мех обработки в горизонтальной плоскости.

Ожидаемый эффект от внедрения - обработка будет производиться по управляющим программам, без каких-либо затрат времени на замену инструмента, а также с автоматической уборкой стружки, по этому значение машинного (основного) и вспомогательного времени сокращается в 4÷5 раз.

в) В процессе мех обработки внутренних поверхностей и отверстий $\varnothing 70^{+0,74}$, $\varnothing 88^{+0,87}$, $\varnothing 115^{+0,87}$, $\varnothing 125H7^{(+0,04)}$, растачивании поверхностей сегментов R150, сверлении отверстий диаметром $\varnothing 22^{+0,52}$ на внешней стороне торца фланца, а также при сверлении, зенковании поверхностей и фасок, нарезании резьбы в четырех отверстиях M16-6H на торце бобышки $\varnothing 160 \pm 1,0$, 6 отверстиях M16-6H на торце бобышки $\varnothing 175 \pm 1,0$ используется вертикальный обрабатывающий **станок** с ЧПУ мод. VM1506H. Ожидаемые эффекты от внесения изменений:

- наличие устройства ЧПУ Siemens 802D разрешает производить безразметочную и безкондукторную обработку отверстий, сохраняя максимальной точностью.
- наличие инструментального магазина на 24 инструментов и устройства АСИ (автоматической смены инструмента) значительно сокращает время при обработке отверстий, требующих наличие осевого инструмента различного типа и размера.

г) При окончательной финишной обработке торца фланца привалки с внешней стороны (размер – $245_{-0,2}$) использовать продольно-шлифовальный станок мод. МС353Ф10 с цикловым программным управлением. Габаритные размеры стола вышеуказанного станка позволяют производить установку и последовательную обработку нескольких деталей.

					24
					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	24

Таблица 2.2 - Маршрутный тех процесс

№ опер.	Наименование и краткое Описание	Технологическая база	Наименование оборудования
000	<i>Литье в ХТС</i> Изготовить отливку, выдерживая размеры согласно чертежу заготовки.	-	Печь ИСТ-016; оборудование для производства форм и стержней по ХТС – процессу
005	<i>Контрольная</i>	-	Плита контрольная
010	<i>Перемещение</i>	-	Кран-балка Q = 2·т·с; Тара Q = 1·т·с
015	<i>Термическая</i> Произвести термообработку обрабатываемой детали для снятия внутренних напряжений (искусственное старение).	-	Печь НК 25.28.20/3,5MT
020	<i>Контроль твердости</i>	-	Твердомер ТКМ-359
025	<i>Перемещение</i>	-	Кран-балка Q = 2·т·с; Тара Q = 1·т·с
030	<i>Слесарная</i>	-	Верстак слесарный
035	<i>Перемещение</i>	-	Кран-балка Q = 2·т·с; Тара Q = 1·т·с
040	<i>Контрольная</i>	-	Плита контрольная
045	<i>Перемещение</i>	-	Кран-балка Q = 2·т·с; Тара Q = 1·т·с
050	<i>Токарно-карусельная с ЧПУ</i> <i>Установ А</i> 1. Подрезать торец фланца привалки предварительно и окончательно по УП, выдерживая размер 250 _{-0,29} ; точить наружную поверхность фланца привалки окончательно по УП до диаметра Ø720 _{-0,8} .	Торцы бобышек Ø175±1,0 и Ø160±1,0, наружная поверхность Ø600±1,0 (пневматический трехкулачковый патрон)	Токарно-карусельный станок с ЧПУ VNL1254H

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4
050	<i>Установ Б</i> 2. Подрезать торцы бобышек $\varnothing 175 \pm 1,0$ и $\varnothing 160 \pm 1,0$ окончательно по УП, выдерживая размер $245,2_{-0,29}^0$.	Торец и наружная поверхность фланца привалки $\varnothing 720_{-0,8}^0$ (пневматический трехкулачковый патрон)	Токарно-карусельный станок с ЧПУ VNL1254H
055	<i>Контрольная</i>	-	Плита контрольная
060	<i>Перемещение</i>	-	Кран-балка $Q = 2 \cdot \text{т} \cdot \text{с}$; Тара $Q = 1 \cdot \text{т} \cdot \text{с}$
065	<i>Вертикально-расточная с ЧПУ</i> 1. Расточить поверхность кругового сегмента окончательно с правой стороны по УП, выдерживая размеры $55 \pm 0,37$, $126 \pm 0,2$, $12,5 \pm 0,2$, $152 \pm 0,5$, R150. 2. Расточить поверхность кругового сегмента окончательно с левой стороны по УП, выдерживая размеры $55 \pm 0,37$, $126 \pm 0,2$, $12,5 \pm 0,2$, $152 \pm 0,5$, R150. 3. Сверлить 20 отверстий диаметром $\varnothing 22^{+0,52}_0$ на торце фланца привалки с внешней стороны напроход по УП, выдерживая размер $\varnothing 660 \pm 0,4$.	Торцы бобышек $\varnothing 175 \pm 1,0$ и $\varnothing 160 \pm 1,0$, наружная поверхность фланца привалки $\varnothing 720_{-0,8}^0$, торец фланца привалки с внешней стороны (приспособление специальное)	Вертикальный обрабатывающий центр с ЧПУ VM1506H
070	<i>Контрольная</i>	-	Плита контрольная
075	<i>Перемещение</i>	-	Кран-балка $Q = 2 \cdot \text{т} \cdot \text{с}$; Тара $Q = 1 \cdot \text{т} \cdot \text{с}$

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4
080	<p><i>Вертикально-расточная с ЧПУ</i></p> <p>1. Расточить отверстие до $\varnothing 70^{+0,74}$ напроход по УП.</p> <p>2. Расточить внутреннюю поверхность окончательно до диаметра $\varnothing 88^{+0,87}$ по УП, выдерживая размер $3 \pm 0,15$.</p> <p>3. Расточить отверстие до диаметра $\varnothing 115^{+0,87}$ напроход по УП.</p> <p>4. Расточить внутреннюю поверхность до диаметра $\varnothing 125H7^{(+0,04)}$ по УП, выдерживая размер $20_{-0,2}$.</p> <p>5. Зенковать 20 поверхностей диаметром $\varnothing 45^{+0,62}$ по УП на глубину $2 \pm 0,1$.</p> <p>6. Сверлить четыре отверстия диаметром $\varnothing 14,5^{+0,43}$ на торце бобышки $\varnothing 160 \pm 1,0$ по УП на глубину $28 \pm 0,26$, выдерживая размер $125 \pm 0,3$.</p> <p>7. Зенковать фаски $2 \times 45^\circ$ в четырех отверстиях по УП.</p> <p>8. Нарезать резьбу М16-6Н в четырех отверстиях по УП на глубину $22 \pm 0,26$.</p> <p>9. Сверлить шесть отверстий диаметром $\varnothing 9^{+0,36}$ на торце бобышки $\varnothing 175 \pm 1,0$ по УП на глубину $20 \pm 0,26$, выдерживая размер $150 \pm 0,2$.</p>	<p>Торец фланца привалки с внешней стороны, наружная поверхность фланца привалки $\varnothing 720_{-0,8}$, торец фланца привалки с тыльной стороны (приспособление специальное)</p>	<p>Вертикальный обрабатывающий центр с ЧПУ VM1506H</p>

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4
080	10. Зенковать фаски $1,6 \times 45^\circ$ в шести отверстиях по УП. 11. Нарезать резьбу М10-6Н в шести отверстиях по УП на глубину $15 \pm 0,22$.	Торец фланца привалки с внешней стороны, наружная поверхность фланца привалки $\varnothing 720_{-0,8}$, торец фланца привалки с тыльной стороны (приспособление специальное)	Вертикальный обрабатывающий центр с ЧПУ VM1506H
085	Контрольная	-	Плита контрольная
090	Перемещение	-	Кран-балка $Q = 2 \cdot T \cdot c$; Тара $Q = 1 \cdot T \cdot c$
095	Горизонтально-расточная с ЧПУ 1. Фрезеровать плоскость бокового патрубка окончательно по УП, выдерживая размер $145 \pm 0,5$. 2. Сверлить четыре отверстия диаметром $\varnothing 14,5^{+0,43}$ на плоскости бокового патрубка по УП на глубину $28 \pm 0,26$, выдерживая размер $150 \pm 0,3$; зенковать фаски $2 \times 45^\circ$ в четырех отверстиях по УП. 3. Нарезать резьбу М16-6Н в четырех отверстиях по УП на глубину $22 \pm 0,26$.	Торец фланца привалки с внешней стороны, наружная поверхность фланца привалки $\varnothing 720_{-0,8}$, отверстие $\varnothing 22^{+0,52}$, торец фланца привалки с тыльной стороны (приспособление специальное)	Горизонтальный обрабатывающий центр с ЧПУ HNC800E
100	Контрольная	-	Плита контрольная
105	Перемещение	-	Кран-балка $Q = 2 \cdot T \cdot c$; Тара $Q = 1 \cdot T \cdot c$

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4
110	<p><i>Горизонтально-расточная с ЧПУ</i></p> <p>1. Сверлить отверстие диаметром $\varnothing 9^{+0,36}$ по УП на глубину $26 \pm 0,26$, выдерживая размер $50 \pm 0,3$.</p> <p>2. Зенковать поверхность диаметром $\varnothing 15^{+0,43}$ на глубину $6 \pm 0,15$ по УП.</p> <p>3. Зенковать фаску под углом $\angle 45^\circ$ в отверстии по УП.</p> <p>4. Нарезать резьбу М10-6Н в отверстии по УП на глубину $22 \pm 0,26$.</p> <p>5. Сверлить отверстие диаметром $\varnothing 14,5^{+0,43}$ напроход по УП, выдерживая размер $110 \pm 0,44$.</p> <p>6. Зенковать поверхность диаметром $\varnothing 25^{+0,52}$ на глубину $2 \pm 0,1$ по УП.</p> <p>7. Зенковать фаску $1,6 \times 45^\circ$ в отверстии по УП.</p> <p>8. Нарезать резьбу М16×1,5-6Н в отверстии напроход по УП.</p>	<p>Торец фланца привалки с внешней стороны, наружная поверхность фланца привалки $\varnothing 720_{0,8}$, отверстие $\varnothing 22^{+0,52}$, торец фланца привалки с тыльной стороны (приспособление специальное)</p>	<p>Горизонтальный обрабатывающий центр с ЧПУ ННМС800Е</p>
115	<i>Контрольная</i>	-	Плита контрольная
120	<i>Перемещение</i>	-	Кран-балка Q = 2·т·с; Тара Q = 1·т·с

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4
125	<p><i>Горизонтально-расточная с ЧПУ</i></p> <p>1. Сверлить отверстие диаметром $\varnothing 18,5^{+0,52}$ напроход по УП, выдерживая размер $88 \pm 0,44$.</p> <p>2. Зенковать поверхность диаметром $\varnothing 20,5^{+0,52}$ по УП на глубину $5,5 \pm 0,2$.</p> <p>3. Зенковать поверхность диаметром $\varnothing 26^{+0,52}$ по УП на глубину $1,5 \pm 0,1$.</p> <p>4. Зенковать фаску по УП, выдерживая размер $\angle 90^\circ$.</p> <p>5. Зенковать фаску по УП, выдерживая размеры $\varnothing 21,8^{+0,52}$, $\angle 60^\circ$.</p> <p>6. Нарезать резьбу $M20 \times 1,5-6H$ на глубину $17 \pm 0,22$ по УП.</p>	<p>Торец фланца привалки с внешней стороны, наружная поверхность фланца привалки $\varnothing 720_{0,8}$, отверстие $\varnothing 22^{+0,52}$, торец фланца привалки с тыльной стороны (приспособление специальное)</p>	<p>Горизонтальный обрабатывающий центр с ЧПУ ННМС800Е</p>
130	<i>Контрольная</i>	-	Плита контрольная
135	<i>Перемещение</i>	-	Кран-балка $Q = 2 \cdot \text{т} \cdot \text{с}$; Тара $Q = 1 \cdot \text{т} \cdot \text{с}$
140	<p><i>Продольно-шлифовальная</i></p> <p>1. Шлифовать торец фланца привалки с внешней стороны окончательно, выдерживая размер $245_{-0,2}$.</p>	<p>Торцы бобышек $\varnothing 175 \pm 1,0$ и $\varnothing 160 \pm 1,0$ (магнитный стол станка)</p>	<p>Продольно-шлифовальный станок МС353Ф10</p>
145	<i>Контрольная</i>	-	Плита контрольная
150	<i>Перемещение</i>	-	Кран-балка $Q = 2 \cdot \text{т} \cdot \text{с}$; Тара $Q = 1 \cdot \text{т} \cdot \text{с}$
155	<i>Контроль ОТК</i>	-	Плита контрольная

2.4 Расчет припусков и межоперационных размеров

При расчете припуска для отверстия $\varnothing 125H7^{(+0,04)}$ используем расчетно-аналитический метод определения припусков.

Обработки рассматриваемого отверстия $\varnothing 125H7^{(+0,04)}$ мм с шероховатостью $Ra = 1,6$ мкм предполагает использование следующих последовательных операций:

1. Черновое растачивание по 14 качеству точности и шероховатостью поверхности $Ra = 6,3$ мкм.

2. Чистовое растачивание по 7 качеству точности и шероховатости Ra равной 3,2 мкм.

Суммарное значение пространственных отклонений определяет по формуле [1]

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2}, \quad (7)$$

где $\rho_{\text{кор}}$ - допускаемая погрешность по короблению.

Равна [1]:

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_k \cdot d)^2 + (\Delta_k \cdot l)^2}, \quad (8)$$

где d – диаметр обрабатываемой поверхности, $d = 125$ мм.

l – длина обрабатываемой поверхности, $l = 20$ мм.

Δ_k - допускаемая удельная кривизна [1], $\Delta_k = 0,8$ мкм/мм.

Тогда: $\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(0,8 \cdot 125)^2 + (0,8 \cdot 20)^2} \approx 145$ мкм.

$\rho_{\text{см}}$ - допускаемое смещение стержня в горизонтальной плоскости [1],

$\rho_{\text{см}} = 0,75$ мм (750 мкм).

Следовательно: $\rho = \sqrt{(145)^2 + (750)^2} \approx 764$ мкм.

Значение остаточного смещения [1] $\rho_i = k_y \cdot \rho$, (9)

					31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	31

где k_y - коэффициент уточнения формы [1].

После чернового растачивания равно [1] $\rho_1 = 764 \cdot 0,06 \approx 46$ мкм.

После чистового растачивания равно [1] $\rho_2 = 764 \cdot 0,04 \approx 31$ мкм.

Определяем погрешность установки [1]

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_3^2 + \varepsilon_6^2}, \quad (10)$$

где ε_6 - погрешность базирования, мкм.

ε_3 - погрешность закрепления, мкм.

а) Погрешность установки на операции чернового растачивания

Погрешность базирования при установке в специальном приспособлении (закрепление заготовки осуществляется прихватами) определяется по формуле [1]:

$$\varepsilon_6 = 0,25 \cdot T_{\delta_{TB}}, \quad (11),$$

где $T_{\delta_{TB}}$ - допуск на диаметр технологической базы,

$T_{\delta_{TB1}} = 1750$ мкм.

Следовательно: $\varepsilon_{6_1} = 0,25 \cdot 1750 = 437,5$ мкм.

Погрешность закрепления равна: $\varepsilon_{3_1} = 180$ мкм.

Таким образом: $\varepsilon_{y1} = \sqrt{437,5^2 + 180^2} = 473$ мкм.

б) Погрешность установки при чистовом растачивании:

Допуск на диаметр базового отверстия: $T_{\delta_{TB2}} = T_{\delta_{TB1}} = 1750$ мкм.

Погрешность базирования на операции: $\varepsilon_{6_2} = \varepsilon_{6_1} = 437,5$ мкм.

Погрешность закрепления на операции: $\varepsilon_{3_2} = \varepsilon_{3_1} = 180$ мкм.

Следовательно: $\varepsilon_{y2} = \varepsilon_{y1} = 473$ мкм.

На основании вышеприведенных расчетов, производим вычисление минимальных значений межоперационных припусков по формуле [1]

$$2Z_{\min} = 2 \left(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right), \quad (12)$$

где Rz_{i-1} , T_{i-1} - элементы припуска, учитывающие шероховатость обрабатываемой поверхности [1], мкм.

ρ_{i-1} - суммарное пространственное отклонение, мкм.

при черновом растачивании

$$2z_{\min} = 2 \cdot \left(600 + \sqrt{764^2 + 473^2} \right) = 2997 \text{ мкм.}$$

при чистовом растачивании

$$2z_{\min} = 2 \cdot \left(50 + 50 + \sqrt{46^2 + 473^2} \right) = 1150 \text{ мкм.}$$

Номинальный диаметр отверстия согласно чертежу $\varnothing 125^{+0,04}$ мм. Таким образом расчетный диаметр последнего перехода равен $d_{p2} = 125,04$ мм.

Для остальных переходов получаем расчетный размер по формуле [1]

$$d_{pi} = D_{i-1} - z_{i\min}, \quad (13)$$

где D_{i-1} - расчетный размер предыдущего перехода, мм;

$z_{i\min}$ - минимальный припуск на переход, мм.

для чернового точения: $d_{p1} = 125,04 - 1,15 = 123,89$ мкм.

для заготовки: $d_{p\text{заг}} = 123,89 - 2,997 = 120,893$ мкм.

Наименьшие предельные размеры по всем переходам после округления равны

$$d_{2\max} = 125,04 \text{ мм}; d_{1\max} = 124 \text{ мм}; d_{\text{заг}\max} = 120,89 \text{ мм.}$$

Определим значения допусков на межоперационные размеры [22]

а) для чистового растачивания – $T_{\delta 2} = 40$ мкм.

б) для чернового растачивания – $T_{\delta 1} = 1000$ мкм.

в) для заготовки – $T_{\delta s} = 3480$ мкм.

Наименьший предельный размер для каждого перехода вычисляем по формуле [1]

$$d_{\min} = d_{i\max} - T_{\delta i}, \quad (14)$$

где $d_{i\max}$ - наибольший предельный размер, мм;

$T_{\delta i}$ - допуск на обработку, мм.

для чистового растачивания: $d_{2\min} = 125,04 - 0,04 = 125$ мм.

для чернового растачивания: $d_{1\min} = 124 - 1 = 123$ мм.

для заготовки: $d_{\text{заг}\min} = 120,89 - 3,48 = 117,41$ мм.

Минимальные и максимальные предельные значения припусков на обработку отверстия определяем по формулам [1]

$$2z_{i\min}^{\text{пр}} = d_{i\max} - d_{i-1\max}; \quad (15)$$

$$2z_{i\max}^{\text{пр}} = d_{i\min} - d_{i-1\min}; \quad (16)$$

где $d_{i-1\max}$ - наибольшие предельные размеры для переходов, мм;

$d_{i-1\min}$ - наименьшие предельные размеры для переходов, мм.

для чистового растачивания

$$2z_{2\min}^{\text{пр}} = 125,04 - 124 = 1,04 \text{ мм (1040 мкм)};$$

$$2z_{2\max}^{\text{пр}} = 125 - 123 = 2 \text{ мм (2000 мкм)}.$$

для чернового растачивания

$$2z_{1\min}^{\text{пр}} = 124 - 120,89 = 3,11 \text{ мм (3110 мкм)};$$

$$2z_{1\max}^{\text{пр}} = 123 - 117,41 = 5,59 \text{ мм (5590 мкм)}.$$

Определим значения общих припусков по формулам [1]

$$2z_{0\min} = \sum 2z_{i\min}^{\text{пр}}; \quad (17)$$

$$2z_{0\max} = \sum 2z_{i\max}^{\text{пр}}; \quad (18)$$

Таким образом

					34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	34

$$2z_{0\min} = 1040 + 3110 = 4150 \text{ мкм.}$$

$$2z_{0\max} = 2000 + 5590 = 7590 \text{ мкм.}$$

Произведем проверку правильности произведенных расчетов по формулам [1]

$$2z_{i\max}^{\text{пр}} - 2z_{i\min}^{\text{пр}} = T_{\delta_{i-1}} - T_{\delta_i}; \quad (19)$$

$$2z_{0\max} - 2z_{0\min} = T_{\delta_s} - T_{\delta_3}, \quad (20)$$

Следовательно:

для чистового растачивания

$$2z_{2\max}^{\text{пр}} - 2z_{2\min}^{\text{пр}} = 2000 - 1040 = 960 \text{ мкм;}$$

$$T_{\delta_1} - T_{\delta_2} = 1000 - 40 = 960 \text{ мкм.}$$

для чернового растачивания

$$2z_{1\max}^{\text{пр}} - 2z_{1\min}^{\text{пр}} = 5590 - 3110 = 2480 \text{ мкм;}$$

$$T_{\delta_s} - T_{\delta_1} = 3480 - 1000 = 2480 \text{ мкм.}$$

проверка по общим припускам

$$2z_{0\max} - 2z_{0\min} = 7590 - 4150 = 3440 \text{ мкм;}$$

$$T_{\delta_s} - T_{\delta_3} = 3480 - 40 = 3440 \text{ мкм.}$$

Определяем общий номинальный припуск по формуле [1]

$$2z_{0\text{ном}} = 2z_{0\min} + BD_3 - BD_d, \quad (21)$$

где BD_3 - верхнее отклонение допуска на диаметр заготовки,

$$BD_3 = 1740 \text{ мкм.}$$

BD_d - верхнее отклонение допуска на диаметр детали,

$$BD_d = 40 \text{ мкм.}$$

Таким образом:

$$2z_{0\text{ном}} = 4150 + 1740 - 40 = 5850 \text{ мкм (5,85 мм).}$$

Определяем номинальный диаметр заготовки [1]

$$d_{3_{\text{НОМ}}} = d_{2_{\text{min}}} - 2z_{0_{\text{НОМ}}} = 125 - 5,85 = 119,15 \text{ мм.}$$

Таблица 2.3 - Результаты расчета припуска на размер $\varnothing 125\text{H}7^{(+0,04)}$

Технологический маршрут обработки	Элементы припусков (мкм)				$2z_{\text{min}},$ (мкм)	$d_p,$ (мм)	$T_{\delta},$ мкм	Предельные размеры (мм)		Полученные предельные размеры (мкм)	
	R_{zi}	T_i	ρ	ε_y				d_{min}	d_{max}	$2z_{\text{min}}^{\text{np}}$	$2z_{\text{max}}^{\text{np}}$
Заготовка отливка	600		764	-	-	120,893	3480	117,41	120,89	-	-
Черновое растачивание	50	50	43	473	2997	123,89	1000	123	124	3110	5590
Чистовое растачивание	30	30	31	473	1150	125,04	40	125	125,04	1040	2000

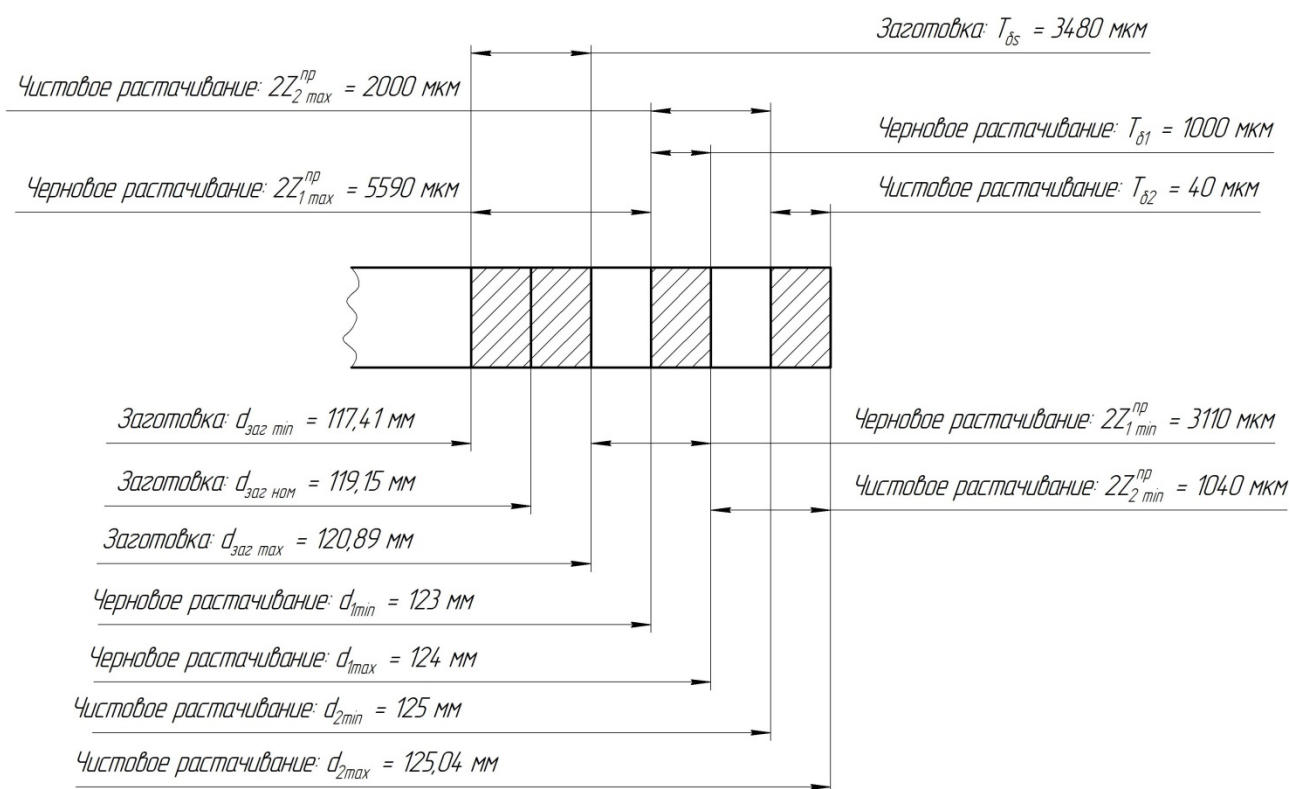


Рисунок 2.1 - Результаты расчета припуска на размер $\varnothing 125\text{H}7^{(+0,04)}$

2.5 Выбор оборудования и средств технологического оснащения

1. Токарно-карусельный станок с ЧПУ (мод. VNL1254H)

Конструкция данного станка оптимизирована для исключения лишних элементов. Регулируемая коробка скоростей ZF реализует двухступенчатое регулирование скоростей с высоким крутящим моментом. Рабочий стол оснащен высокоточными японскими подшипниками, системой охлаждения с поддержанием постоянной температуры во время обработки, что обеспечивает высокую точность вращения, большую грузоподъемность и небольшие температурные деформации. Автоматическая система позиционирования траверсы с четырьмя клиновидными зажимами обеспечивает высокую скорость позиционирования траверсы и надежный зажим.

2. Обрабатывающий центр с ЧПУ (мод. VM1506H)

Вертикальный обрабатывающий центр с ЧПУ мод. VM1506H относится к классу средне- и малогабаритных вертикальных обрабатывающих центров с неподвижной колонной.

Благодаря интегрированной конструкции механических и электрических узлов он отличается элегантностью формы, а также точностью резания.

Станок может выполнять такие виды обработки как фрезерование, сверление, растачивание, развертывание, коническое зенкование, нарезание резьбы и другие. Подходит для многовидовой обработки средних и мелких корпусных, плоских и сложных деталей, широко применяется в производстве автомобильных запчастей, пресс-форм, клапанов, строительной техники.

3. Обрабатывающий центр с ЧПУ (мод. HHMC800E)

Горизонтальный обрабатывающий центр с автоматической сменой инструмента (АСИ), с автоматической уборкой стружки и числовым программным управлением (ЧПУ) мод. HHMC800E предназначен для выполнения раз-

					37	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

личных операций, таких как фрезерование, сверление, растачивания деталей из различных конструкционных материалов в условиях единичного, мелкосерийного и серийного производства.

Отличительные особенности данного станка:

- высокоскоростная обработка;
- возможность оснащения щупами для измерения детали и инструмента;
- стружкоуборочный транспортер.

4. Продольно-шлифовальный станок (мод. МС353Ф10)

Предназначен для наружного плоского шлифования поверхностей следующими методами: шлифование периферией круга, шлифование торцом круга. Используется в условиях единичного, серийного и крупносерийного производства.

Наличие двух поворотных шлифовальных бабок и двух шлифовальных головок, работающих чашечными кругами, позволяет производить обработку различных плоскостей по глубине благодаря подачам шлифовальных бабок.

Значительный вылет траверсы, подъем ее под установочной плитой и большая длина хода стола позволяют обрабатывать изделие больших габаритов и различной конфигурации.

Крышка изготовлена из серого чугуна СЧ30 ГОСТ 1412-85, для обработки этого материала рекомендуется использовать режущий инструмент, оснащенный пластинами твердого сплава ВК6, что позволяет вести обработку на повышенных режимах резания и без ущерба точности полученных размеров и шероховатости поверхности. На токарных операциях применяется в основном стандартный инструмент по ГОСТ.

Для обработки отверстий под крепежные элементы используются сверла по ГОСТ 2092-77 и ГОСТ 10903-77 (с коническим хвостовиком), по ГОСТ 10902-72 и ГОСТ 886-77 (с цилиндрическим хвостовиком), метчики по ГОСТ

					38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	38

3266-81, зенковки конические для обработки фасок по ГОСТ 14953-80 и зенковки цехового изготовления. Для обработки площадки диаметром $\varnothing 25^{+0,52}$ на глубину $2 \pm 0,1$ используется специальная зенковка (материал режущей части – Р6М5 ГОСТ 19265-73).

При выборе средств измерения главным требованием является качественный и быстрый контроль получаемых размеров, как в процессе обработки, так и по ее окончании. Для контроля диаметральных и линейных размеров 14-го качества точности используются штангенциркули по ГОСТ 166-89. Для контроля чистоты поверхности используются образцы шероховатости по ГОСТ 9378-93. Применяется большое количество специального мерительного инструмента (резьбовой калибр-пробка для контроля размера М16×1,5-7Н, калибр-пробка для контроля размера $\varnothing 125H7^{(+0,04)}$ и др.).

2.6 Расчет режимов резания и норм времени

Расчет производится для операций, приведенных в технологических наладках: 050 Токарно-карусельная с ЧПУ, 095 Горизонтально-расточная с ЧПУ,

Для 050 Токарно-карусельная с ЧПУ (станок мод. VNL1254H)

Установ А

1. Подрезать торец фланца привалки предварительно и окончательно по управляющей программе, выдерживая размер $250_{-0,29}$ мм;
2. Точить наружную поверхность фланца окончательно по управляющей программе до диаметра $\varnothing 720_{-0,8}$ мм.

а) Черновая обработка.

Исходные данные для расчета:

Глубина резания: $t = 5$ мм.

					39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	39

Подача при точении: $S = 0,4$ мм/об.

Стойкость инструмента [22]: $T = 60$ мин.

Скорость резания определяется по формуле [22]

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (22)$$

где C_v, y, x - вспомогательные коэффициенты на скорость резания [22],

$$C_v = 292, x = 0,15, y = 0,2, m = 0,2$$

K_v - общий поправочный коэффициент на скорость резания [22]

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{Pv}, \quad (23)$$

где K_{Mv} - коэффициент на обрабатываемый материал. Определяется по формуле [22]

$$K_{Mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v}, \quad (24)$$

где n_v - вспомогательный коэффициент, учитывающие влияние обрабатываемого материала [22], $n_v = 1,25$

HB - значение твердости материала по Бринелю, HB = 190.

$$\text{Следовательно: } K_{Mv} = \left(\frac{190}{190} \right)^{1,25} = 1$$

K_{Iv} - поправочный коэффициент, учитывающий влияние материала инструмента на скорость резания [22], $K_{Iv} = 1$

K_{Pv} - коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания [22], $K_{Pv} = 0,85$

$$\text{Тогда: } K_v = 1 \cdot 1 \cdot 0,85 = 0,85$$

Определяем скорость резания

$$v = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 5^{0,15} \cdot 0,4^{0,2}} \cdot 0,85 \approx 103,3 \text{ м/мин.}$$

					40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	40

Определяем число оборотов по формуле [3]

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_{\max}}, \quad (25)$$

где $D_{\max}$ - максимальный диаметр заготовки при подрезке торца,

$$D_{\max} = 730 \text{ мм.}$$

$$\text{Следовательно: } n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_{\max}} = \frac{1000 \cdot 103,3}{3,14 \cdot 730} \approx 45 \text{ мин}^{-1}$$

Определим тангенциальную составляющую силы резания P_z по формуле [22]

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t_{\max}^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p, \quad (26)$$

где C_p , y , x , n - коэффициенты для расчета силы резания [22],

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

K_p - поправочный коэффициент. Определяется по формуле [22]

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p}, \quad (27)$$

где K_{Mp} - поправочный коэффициент, учитывающий влияние твердости материала [22]

$$K_{Mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n, \quad (28)$$

где n - значение поправочного коэффициента [22], $n = 0,4$

$$\text{Следовательно: } K_{Mp} = \left(\frac{190}{190} \right)^{0,4} = 1$$

$K_{\varphi p}$, $K_{\gamma p}$, $K_{\lambda p}$ - поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания: $K_{\varphi p} = 1,0$, $K_{\gamma p} = 1,0$, $K_{\lambda p} = 1,0$

$$\text{Тогда: } K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

					41	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Определим тангенциальную составляющую силы резания P_z

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 5^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 103,3^0 \cdot 1 = 2314 \text{ Н.}$$

Определим мощность резания по формуле [22]

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}, \quad (29)$$

$$\text{Следовательно: } N = \frac{2314 \cdot 103,3}{1020 \cdot 60} = 3,9 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка: $N_{\text{ст}} = 30 \text{ кВт.}$

В данном случае: $N_{\text{ст}} > N$, следовательно, условие проверки мощности-выполнено.

Определяем значение основного времени на обработку [3]

$$T_o = \frac{L_{\text{рх}} \cdot i}{n_{\text{ст}} \cdot S}, \quad (30)$$

где $L_{\text{рх}}$ - рабочий ход, $L_{\text{рх}} = 115 \text{ мм.}$

i - число рабочих ходов, $i = 1$.

$$\text{Следовательно: } T_{o_{1,a}} = \frac{115 \cdot 1}{45 \cdot 0,4} = 6,39 \text{ мин.}$$

б) Чистовая обработка.

Исходные данные для расчета:

Глубина резания: $t = 0,8 \text{ мм.}$

Подача при точении [22]: $S = 0,2 \text{ мм/об.}$

Стойкость инструмента [22]: $T = 60 \text{ мин.}$

Максимальный диаметр детали при подрезке торца: $D_{\text{max}} = 730 \text{ мм.}$

Вспомогательные коэффициенты, учитываемые при расчете скорости резания [22]: $C_v = 292$, $x = 0,15$, $y = 0,2$, $m = 0,2$

Коэффициент на обрабатываемый материал [22]: $K_{Mv} = 1$

Поправочный коэффициент, учитывающий влияние материала инструмента на скорость резания [22]: $K_{iv} = 1,0$

Коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности на скорость резания [22]: $K_{Пv} = 1$

Определяем общий поправочный коэффициент на скорость резания

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

Определяем скорость резания

$$v = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 0,8^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 1 \approx 183,7 \text{ м/мин.}$$

Определяем число оборотов

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot B_{\max}} = \frac{1000 \cdot 183,7}{3,14 \cdot 730} \approx 80 \text{ мин}^{-1}$$

Вспомогательные коэффициенты, учитывающиеся при расчете силы резания [22]: $C_p = 92$, $x = 1$, $y = 0,75$, $n = 0$

Поправочный коэффициент, учитывающий твердость материала на силовые зависимости [22]: $K_{Mp} = 1$

Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания [22]:

$$K_{\varphi p} = 1,0, K_{\gamma p} = 1,0, K_{\lambda p} = 1,0$$

Определяем общий поправочный коэффициент на силу резания

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

Определим тангенциальную составляющую силы резания P_z

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 0,8^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 183,7^0 \cdot 1 = 220 \text{ Н.}$$

Определим значение мощности резания

$$N = \frac{220 \cdot 183,7}{1020 \cdot 60} = 0,66 \text{ кВт.}$$

					43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	43

Мощность электродвигателя станка: $N_{\text{ст}} = 30$ кВт.

В данном случае: $N_{\text{ст}} > N$, следовательно, обработка на рассчитанных режимах резания осуществима.

Величина рабочего хода (с учетом дополнительного перемещения инструмента): $L_{\text{рх}} = 66$ мм.

Число рабочих ходов: $i = 1$.

Следовательно: $T_{01,6} = \frac{66 \cdot 1}{80 \cdot 0,2} = 4,13$ мин.

Установ Б

2. Подрезать торцы бобышек $\varnothing 175 \pm 1,0$ и $\varnothing 160 \pm 1,0$ окончательно по УП, выдерживая размер $245,2_{-0,29}^{+0}$.

Исходные данные для расчета:

Глубина резания: $t = 5$ мм.

Подача при точении [22]: $S = 0,4$ мм/об.

Стойкость инструмента [22]: $T = 60$ мин.

Максимальный диаметр детали при подрезке торца (от центра детали):

$D_{\text{max}} = 470$ мм.

Вспомогательные коэффициенты, учитываемые при расчете скорости резания [22]: $C_v = 292$, $x = 0,15$, $y = 0,2$, $m = 0,2$

Коэффициент на обрабатываемый материал [22]: $K_{Mv} = 1$

Поправочный коэффициент, учитывающий влияние материала инструмента на скорость резания [22]: $K_{Иv} = 1,0$

Коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания [22]: $K_{Пv} = 0,85$

Определяем общий поправочный коэффициент на скорость резания

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 0,85 = 0,85$$

					44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	44

Определяем скорость резания

$$v = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 5^{0,15} \cdot 0,4^{0,2}} \cdot 0,85 \approx 103,3 \text{ м/мин.}$$

Определяем число оборотов

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_{\max}} = \frac{1000 \cdot 103,3}{3,14 \cdot 470} \approx 70 \text{ мин}^{-1}$$

Вспомогательные коэффициенты, учитывающиеся при расчете силы резания [22]: $C_p = 92$, $x = 1$, $y = 0,75$, $n = 0$

Поправочный коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости [22]: $K_{Mp} = 1$

Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания [22]: $K_{\varphi p} = 1,0$, $K_{\gamma p} = 1,0$, $K_{\lambda p} = 1,0$

Определяем общий поправочный коэффициент на силу резания

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

Определим тангенциальную составляющую силы резания P_z

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 5^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 103,3^0 \cdot 1 = 2314 \text{ Н.}$$

Определим значение мощности резания

$$N = \frac{2314 \cdot 103,3}{1020 \cdot 60} = 3,91 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка: $N_{\text{ст}} = 30 \text{ кВт.}$

В данном случае: $N_{\text{ст}} > N$, следовательно, обработка на рассчитанных режимах резания осуществима.

Величина рабочего хода (с учетом дополнительного перемещения инструмента): $L_{\text{px}} = 185 \text{ мм.}$

Число рабочих ходов: $i = 1$.

Следовательно: $T_{o_2} = \frac{185 \cdot 1}{70 \cdot 0,4} = 6,61$ мин.

Общее основное время на обработку

$$T_{o_{050}} = \sum_{i=1}^2 T_o = 6,39 + 4,13 + 6,61 = 17,13 \text{ мин.}$$

Норма штучно-калькуляционного времени определяется по формуле [5]

$$T_{шт.к.} = \frac{T_{п-3}}{n} + T_{шт.}, \quad (31)$$

где $T_{п-3}$ - подготовительно-заключительное время [5], $T_{п-3} = 20$ мин.

n – количество деталей в настроенной партии, $n = 9$

$T_{шт.}$ - норма штучного времени на операцию. Определяется по формуле [5]

$$T_{шт.} = T_{оп} + T_{об} + T_{от}, \quad (32)$$

где $T_{оп}$ - значение оперативного времени. Определяется по формуле [5]

$$T_{оп} = T_o + T_B, \quad (33)$$

T_B - значение вспомогательного времени. Определяется по формуле [5]

$$T_B = T_{yc} + T_{зо} + T_{уп} + T_{из}, \quad (34)$$

где T_{yc} - время на установку и снятие детали [5], $T_{yc} = 0,5$ мин.

$T_{зо}$ - время на закрепление и открепление детали [5], $T_{зо} = 0,5$ мин.

$T_{уп}$ - время на приемы управления [5], $T_{уп} = 0,65$ мин.

$T_{из}$ - время на измерение детали в процессе обработки [5], $T_{из} = 0$ мин.

(для станка с ЧПУ)

Следовательно: $T_B = 0,5 + 0,5 + 0,65 + 0 = 1,65$ мин.

Тогда: $T_{оп050} = 17,13 + 1,65 = 18,78$ мин.

$T_{от}$ - время перерывов на отдых и личные надобности. Определяется по формуле [5]

$$T_{от} = \frac{T_{оп} \cdot \Pi_{от}}{100}, \quad (35)$$

где $\Pi_{от}$ - затраты времени на отдых в процентном отношении к оперативному [5], $\Pi_{от} = 7$

$$\text{Следовательно: } T_{от} = \frac{18,78 \cdot 7}{100} = 1,31 \text{ мин.}$$

$T_{об}$ - время на обслуживание рабочего места. Определяется по формуле [5]

$$T_{об} = T_{тех} + T_{орг}, \quad (36)$$

где $T_{тех}$ - время на техническое обслуживание рабочего места. Определяется по формуле [5]

$$T_{тех} = \frac{T_{оп} \cdot \Pi_{тех}}{100}, \quad (37)$$

где $\Pi_{тех}$ - затраты на техническое обслуживание рабочего места в процентах от основного [5], $\Pi_{тех} = 4,4$

$$\text{Следовательно: } T_{тех} = \frac{18,78 \cdot 4,4}{100} \approx 0,83 \text{ мин.}$$

$T_{орг}$ - время на организационное обслуживание. Определяется по формуле [5]

$$T_{тех} = \frac{T_{орг} \cdot \Pi_{орг}}{100}, \quad (38)$$

где $\Pi_{орг}$ - затраты на техническое обслуживание рабочего места в процентах от основного [5], $\Pi_{орг} = 5,5$

$$\text{Следовательно: } T_{орг} = \frac{18,78 \cdot 5,5}{100} = 1,03 \text{ мин.}$$

Тогда: $T_{об} = 1,03 + 0,83 = 1,86$ мин.

Определяем норму штучного времени на данную операцию

$$T_{шт.} = 18,78 + 1,31 + 1,86 \approx 21,95 \text{ мин.}$$

Определяем норму штучно-калькуляционного времени на данную операцию

$$T_{шт.к.} = 21,95 + \frac{20}{9} = 24,18 \text{ мин.}$$

095 Горизонтально-расточная с ЧПУ (станок мод. ННМС800Е)

1. Фрезеровать плоскость бокового патрубка окончательно по УП, выдерживая размер $145 \pm 0,5$.

Исходные данные для расчета:

Подача на зуб фрезы [22]: $S_z = 0,15$ мм/зуб.

Стойкость инструмента [22]: $T = 240$ мин.

Число зубьев фрезы [22]: $z = 14$

Диаметр фрезы [22]: $D = 250$ мм.

Максимальная ширина фрезеруемой плоскости: $B_{max} = 190$ мм.

Глубина резания: $t = 5$ мм.

Скорость резания определяется по формуле [22]

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v, \quad (39)$$

где C_v, q, y, m, u, p - вспомогательные коэффициенты на скорость резания [22], $C_v = 445$, $q = 0,2$, $x = 0,15$, $y = 0,35$, $u = 0,2$, $p = 0$, $m = 0,32$

K_v - общий поправочный коэффициент на скорость резания [22]

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Иv} \cdot K_{Пv}, \quad (40)$$

где K_{Mv} - коэффициент на обрабатываемый материал. Определяется по формуле [22]

$$K_{Mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v}, \quad (41)$$

где n_v - вспомогательный коэффициент, учитывающие влияние обрабатываемого материала [22], $n_v = 1,25$

HB - значение твердости материала по Бринелю, HB = 190.

$$\text{Следовательно: } K_{Mv} = \left(\frac{190}{190} \right)^{1,25} = 1$$

$K_{Иv}$ - поправочный коэффициент, учитывающий влияние материала инструмента на скорость резания [22], $K_{Иv} = 1$

$K_{Пv}$ - коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания [22], $K_{Пv} = 0,85$

$$\text{Тогда: } K_v = 1 \cdot 1 \cdot 0,85 = 0,85$$

Определяем скорость резания

$$v = \frac{445 \cdot 250^{0,2}}{240^{0,32} \cdot 5^{0,15} \cdot 0,15^{0,35} \cdot 190^{0,2} \cdot 14^0} \cdot 0,85 = 105,6 \text{ м/мин.}$$

$$\text{Определяем число оборотов: } n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 105,6}{3,14 \cdot 250} \approx 134 \text{ мин}^{-1}$$

Определяем значение минутной подачи [22]

$$S_M = S_z \cdot z \cdot n_{\text{ст}} = 0,15 \cdot 14 \cdot 134 = 281,4 \text{ мм/мин.}$$

Значение главной составляющей силы резания при фрезеровании P_z определяется по формуле [22]

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{Mp}, \quad (42)$$

где C_p, q, x, y, n, w – вспомогательные коэффициенты на силу резания [22],

$$C_p = 54,5, x = 0,9, y = 0,74, u = 1,0, q = 1,0, w = 0$$

Значение поправочного коэффициента при фрезеровании [22]: $n = 1,0$

Следовательно: $K_{\text{Мр}} = \left(\frac{190}{190}\right)^{1,0} = 1$

Тогда: $P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 5^{0,9} \cdot 0,15^{0,74} \cdot 190^{1,0} \cdot 14}{250^{1,0} \cdot 134^0} \cdot 1 \approx 3063 \text{ Н.}$

Значение радиальной составляющей силы резания P_y определим из соотношения [22]

$$\frac{P_y}{P_z} = 0,5; P_y = 0,5 \cdot P_z; \quad (43)$$

Следовательно: $P_y = 0,5 \cdot 3063 \approx 1532 \text{ Н.}$

Значение общей силы резания определяется по формуле [22]

$$P = \sqrt{P_y^2 + P_z^2}, \quad (44)$$

Следовательно: $P = \sqrt{(3063)^2 + (1532)^2} = 3425 \text{ Н.}$

Значение крутящего момента определяется по формуле [22]

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000}, \quad (45)$$

Тогда: $M_{\text{кр}} = \frac{3063 \cdot 250}{2 \cdot 1000} = 382,9 \text{ Н·м.}$

Мощность резания: $N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{3063 \cdot 105,6}{1020 \cdot 60} = 5,2 \text{ кВт.}$

Мощность электродвигателя станка: $N_{\text{ст}} = 30 \text{ кВт.}$

В данном случае: $N_{\text{ст}} > N$, следовательно, обработка на рассчитанных режимах резания осуществима.

Определяем значение основного времени на обработку [3]

$$T_o = \frac{L_{\text{рх}} \cdot i}{S_M}, \quad (46)$$

где L_{px} - значение величины рабочего хода при обработке плоскости (с дополнительным перемещением инструмента), $L_{px} = 145$ мм.

i - число рабочих ходов при обработке плоскости, $i = 1$

Следовательно: $T_{o1} = \frac{145 \cdot 1}{281,4} = 0,52$ мин.

2. Сверлить четыре отверстия диаметром $\varnothing 14,5^{+0,43}$ на плоскости бокового патрубка по УП на глубину $28 \pm 0,26$, выдерживая размер $150 \pm 0,3$; зенковать фаски $2 \times 45^\circ$ в четырех отверстиях по УП.

Исходные данные для расчета:

Максимальный диаметр сверла: $D = 18,5$ мм.

Глубина резания: $t = \frac{14,5}{2} = 7,25$ мм.

Подача [22]: $S = 0,35$ мм/об.

Скорость резания определяется по формуле [22]

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (47)$$

где C_v, q, y, m - вспомогательные коэффициенты на скорость резания [22],

$C_v = 17,1, q = 0,25, y = 0,4, m = 0,125$

T - стойкость инструмента [22], $T = 60$ мин.

K_v - общий поправочный коэффициент на скорость резания [22]

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{Lv}, \quad (48)$$

где K_{Mv} - коэффициент на обрабатываемый материал [22], $K_{Mv} = 1$

K_{Iv} - поправочный коэффициент, учитывающий влияние материала инструмента на скорость резания [22], $K_{Iv} = 1$

K_{Lv} - коэффициент, учитывающий глубину сверления [22], $K_{Lv} = 1$

					51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	51

Тогда: $K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$

Определяем скорость резания

$$v = \frac{17,1 \cdot 18,5^{0,25}}{60^{0,125} \cdot 0,35^{0,4}} \cdot 1 = 32,4 \text{ м/мин.}$$

Определяем число оборотов

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 32,4}{3,14 \cdot 18,5} \approx 557 \text{ мин}^{-1}$$

Определяем значение минутной подачи [22]

$$S_M = S \cdot n_{\text{ст}} = 0,35 \cdot 557 \approx 195 \text{ мм/мин.}$$

Значение крутящего момента при сверлении определяется по формуле [22]

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_M \cdot D^{q_M} \cdot S^{y_M} \cdot K_{M_p}, \quad (49)$$

где C_M, q_M, y_M, K_{M_p} - значения поправочных коэффициентов, учитывающихся при расчете крутящего момента при сверлении [22], $C_M = 0,021$, $q_M = 2$, $y_M = 0,8$, $K_{M_p} = 1$

Следовательно: $M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,021 \cdot 18,5^2 \cdot 0,35^{0,8} \cdot 1 \approx 31,03 \text{ Н·м.}$

Определяем осевую силу P_X по формуле [22]

$$P_X = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^{y_p} \cdot K_{M_p}, \quad (50)$$

где C_p, q, y_p, K_{M_p} - значения поправочных коэффициентов, учитывающихся при расчете осевой силы резания при сверлении [22], $C_p = 42,7$, $q = 1,0$, $y_p = 0,8$; $K_{M_p} = 1$

Таким образом: $P_X = 10 \cdot 42,7 \cdot 18,5^{1,0} \cdot 0,35^{0,8} \cdot 1 = 3411 \text{ Н} (\approx 3,41 \text{ кН}).$

Мощность резания при сверлении определяется по формуле [22]

$$N_e = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n_{\text{ст}}}{9750}; \quad (51)$$

Таким образом: $N_e = \frac{31,03 \cdot 530}{9750} = 1,69 \text{ кВт.}$

Мощность электродвигателя станка: $N_{\text{ст}} = 30 \text{ кВт.}$

В данном случае: $N_{\text{ст}} > N_e$, следовательно, обработка на рассчитанных режимах резания осуществима.

Определяем значение основного времени на обработку [3]

$$T_o = \frac{L_{\text{рх}} \cdot N}{n_{\text{ст}} \cdot S}; \quad (52)$$

где N – количество обрабатываемых отверстий, $N = 4$

Значение величины рабочего хода при обработке отверстия (с дополнительным перемещением инструмента): $L_{\text{рх}} = 31 \text{ мм.}$

Следовательно: $T_{o_2} = \frac{31 \cdot 4}{557 \cdot 0,35} = 0,64 \text{ мин.}$

3. Нарезать резьбу М16-6Н в четырех отверстиях по УП на глубину $22 \pm 0,26$.

Исходные данные для расчета:

Рабочий диаметр метчика: $D = 16 \text{ мм.}$

Шаг резьбы: $P = 1,5 \text{ мм.}$

Глубина резания: $t = \frac{P}{2} = \frac{1,5}{2} = 0,75 \text{ мм.}$

Подача [22]: $S = 0,2 \text{ мм/об.}$

Скорость резания определяется по формуле [22]

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (53)$$

где C_v , q , y , m - вспомогательные коэффициенты, учитывающиеся при нарезании резьбы метчиком [22], $C_v = 22,5$, $q = 1,2$, $y = 0,5$, $m = 0,9$

T - стойкость инструмента, $T = 80 \text{ мин.}$

K_v - общий поправочный коэффициент на скорость резания [22]

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{Tv}, \quad (54)$$

где K_{Mv} - коэффициент на обрабатываемый материал [22], $K_{Mv} = 0,5$

K_{Iv} - поправочный коэффициент, учитывающий влияние материала инструмента на скорость резания [22], $K_{Iv} = 1$

K_{Tv} - коэффициент, учитывающий класс точности резьбы [22], $K_{Tv} = 1$

Тогда: $K_v = 0,5 \cdot 1 \cdot 1 = 0,5$

Определяем скорость резания

$$v = \frac{22,5 \cdot 16^{1,2}}{80^{0,9} \cdot 0,2^{0,5}} \cdot 0,5 \approx 13,6 \text{ м/мин.}$$

Определяем число оборотов

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 13,6}{3,14 \cdot 16} \approx 270 \text{ мин}^{-1}$$

Определяем значение минутной подачи [22]

$$S_M = S \cdot n_{ct} = 0,2 \cdot 270 = 54 \text{ мм/мин.}$$

Значение крутящего момента при нарезании резьбы метчиком определяется по формуле [22]

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^{q_M} \cdot P^{y_M} \cdot K_{Mp}, \quad (55)$$

где C_M , q_M , y_M , K_{Mp} - значения поправочных коэффициентов, учитывающихся при расчете крутящего момента при нарезании резьбы метчиком [22], $C_M = 0,013$, $q_M = 1,4$, $y_M = 1,5$, $K_{Mp} = 1,5$

Следовательно: $M_{кр} = 10 \cdot 0,013 \cdot 16^{1,4} \cdot 1,5^{1,5} \cdot 1,5 \approx 17,38 \text{ Н·м.}$

Определим мощность резания при нарезании резьбы метчиком

$$N_e = \frac{17,38 \cdot 270}{9750} \approx 0,47 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка: $N_{\text{ст}} = 30 \text{ кВт.}$

В данном случае: $N_{\text{ст}} > N_e$, следовательно, обработка на рассчитанных режимах резания осуществима.

Величина рабочего хода на обработку одного отверстия (с дополнительным перемещением инструмента): $L_{\text{рх}} = 25 \text{ мм.}$

Количество обрабатываемых отверстий: $N = 4$

Определяем значение основного времени на обработку

$$T_{o_3} = \frac{25 \cdot 4}{270 \cdot 0,2} = 1,85 \text{ мин.}$$

Общее основное время на обработку

$$T_{o_{095}} = \sum_{i=1}^3 T_o = 0,52 + 0,64 + 1,85 = 3,01 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время [5]: $T_{\text{п-з}} = 20 \text{ мин.}$

Количество деталей в настроечной партии: $n = 9$

Время на установку и снятие детали [5]: $T_{\text{yc}} = 0,5 \text{ мин.}$

Время на закрепление и открепление детали [5]: $T_{\text{зо}} = 0,5 \text{ мин.}$

Время на приемы управления [5]: $T_{\text{уп}} = 0,8 \text{ мин.}$

Время на измерение детали в процессе обработки [5]: $T_{\text{из}} = 0 \text{ мин.}$ (для станка с ЧПУ)

Следовательно: $T_{\text{в}} = 0,5 + 0,5 + 0,8 + 0 = 1,8 \text{ мин.}$

Определяем значение оперативного времени

$$T_{\text{оп}_{095}} = T_{o_{095}} + T_{\text{в}} = 3,01 + 1,8 \approx 4,81 \text{ мин.}$$

					55/лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	55

Затраты времени на отдых в процентном отношении к оперативному [5]:

$$П_{от} = 7$$

Время перерывов на отдых и личные надобности [5]

$$T_{от} = \frac{4,81 \cdot 7}{100} = 0,34 \text{ мин.}$$

Затраты на техническое обслуживание рабочего места в процентах от основного [5]: $П_{тех} = 4,4$

Время на техническое обслуживание рабочего места [5]

$$T_{тех} = \frac{4,81 \cdot 4,4}{100} = 0,21 \text{ мин.}$$

Затраты на техническое обслуживание рабочего места в процентах от основного [5]: $П_{орг} = 5,5$

Время на организационное обслуживание [5]

$$T_{орг} = \frac{4,81 \cdot 5,5}{100} = 0,26 \text{ мин.}$$

Тогда: $T_{об} = 0,21 + 0,26 = 0,47 \text{ мин.}$

Норма штучного времени на данную операцию

$$T_{шт.} = 4,81 + 0,34 + 0,47 \approx 5,62 \text{ мин.}$$

Норма штучно-калькуляционного времени на данную операцию

$$T_{шт.к.} = 5,62 + \frac{20}{9} = 7,85 \text{ мин.}$$

2.7 Выводы по разделу

Проанализировав исходные и расчетные данные я сделал вывод о больших преимуществах разработанного мной тех процесса перед заводским:

1. Уменьшение вспомогательного времени;
2. Уменьшение основного времени на обработку;

3. Уменьшение штучного времени;
4. Оборудование располагается по линейному принципу, согласно тех процесса;
5. Происходит значительная экономия средств, получаемая от изготовления отливки с значительно меньшей массой;
6. Позволяет существенно уменьшить высококвалифицированный ручной труд;

					57	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ

3.1 Назначение и принцип работы пневматического трехкулачкового патрона

Патрон трехкулачковый самоцентрирующийся с пневмоприводом предназначен для базирования и закрепления детали “Крышка” при токарной обработке на токарно-карусельном станке с ЧПУ мод. VNL1254H.

Обрабатываемая деталь базируется и зажимается кулачками (поз. 17) по наружной поверхности заготовки. Патрон относится к классу спирально-реечных патронов с плоской спиралью. В чугунный корпус (поз. 4) установлен спиральный диск (поз. 5), находящийся в зацеплении с рейками (поз. 20). Усилие с рейки передается на винт (поз. 18) с помощью шпонки (поз. 22). Винт (поз. 18) с помощью резьбы Tr 50×8-LH передает усилие на под кулачек (поз. 19) к которому крепится кулачек (поз. 17). Настройка на заданный размер (зажимной диаметр) осуществляется перестановкой кулачка на зубцы на под кулачке (поз. 19). Более точная настройка осуществляется с помощью рукоятки (поз. 28). Поворотом рукоятки ключа под кулачек (поз. 19) совместно с кулачком (поз. 17) настраивается на зажимной размер. Винт (поз. 18) соединен с помощью шпонки (поз. 40) с валом-шестерней (поз. 14). Та в свою очередь создает зубчатое зацепление с коническим колесом (поз. 8), которое в свою очередь передает вращение на две другие вал-шестерни (поз. 14) при перенастройке на размер.

Пневмопривод состоит из 6 ÷ 7 пневмоцилиндров диаметром Ø150 мм. Воздух из заводской пневмосети подается в цилиндры (поз. 1). Со штоками и через рычаги поворачивает спиральный диск (поз. 5) в нужном направлении.

					58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	58

При этом кулачки (поз. 17) совершают движение к центру патрона (зажим) или от центра (разжим).

3.2 Силовой расчет пневматического трехкулачкового патрона

Рассмотрим схему силового расчета приспособления (рисунок 3.1).

Усилие, развиваемое одним цилиндром, определяется по формуле [8]

$$P_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot p \cdot \eta, \quad (56)$$

где p – давление воздуха в сети [8], $p = 0,4$ МПа.

d - диаметр цилиндра [8], $d = 150$ мм.

η - к.п.д. цилиндра [8], $\eta = 0,9$

Таким образом: $P_1 = \frac{3,14 \cdot 150^2}{4} \cdot 0,4 \cdot 0,9 = 6360$ Н.

Определим усилие развиваемое шестью пневмоцилиндрами

$$P_{\text{общ}} = 6 \cdot P_1 = 6 \cdot 6360 = 38150 \text{ Н.}$$

Усилие, действующее на среднем радиусе спирали определяется по формуле [8]

$$P_2 = \frac{R}{R_{\text{ср}}} \cdot P_{\text{общ}}, \quad (57)$$

где R – плечо действия цилиндров [8], $R = 480$ мм.

$R_{\text{ср}}$ - средний радиус спирали [8], $R_{\text{ср}} = 437,5$ мм.

Следовательно: $P_2 = \frac{480}{437,5} \cdot 38150 = 41860$ Н.

Усилие на диске спирали определяется по формуле [8]

$$W = \frac{P_2}{\operatorname{tg}(\alpha_{\text{cp}} + \varphi)}, \quad (58)$$

где α_{cp} – средний угол подъема спирали [8], $\alpha_{\text{cp}} = 25^\circ 27' 10''$.

φ – угол трения пары [8], $\varphi = 35^\circ 31' 50''$ мм.

Следовательно:
$$W = \frac{41860}{\operatorname{tg}(25^\circ 27' 10'' + 35^\circ 31' 50'')} = 23200 \text{ Н.}$$

Определим потери действующие на кулачек (поз. 19).

Сила трения, возникающая от усилия на среднем радиусе спирали определяется по формуле [8]

$$F_2 = P_2 \cdot f, \quad (59)$$

где f – коэффициент трения плоской пары (сталь - сталь) [8], $f = 0,15$

Следовательно: $F_2 = 41860 \cdot 0,15 = 6279 \text{ Н.}$

Рассмотрим схему действия сил на кулачек (рисунок 3.2).

$$F_1 = \frac{P_2 \cdot (a + b)}{c} \cdot f = \frac{41860 \cdot (30 + 15)}{100} \cdot 0,15 = 2826 \text{ Н.}$$

С учетом потерь на трение, усилие на кулачках равно [8]

$$P_3 = W - 2 \cdot F_1 - F_2 = 23200 - 2 \cdot 2826 - 6279 = 11270 \text{ Н.}$$

Рассмотрим схему действия сил на кулачек (рисунок 3.3).

Рассмотрим уравнение моментов [8]: $P_3 \cdot a_1 = \frac{1}{3} \cdot N_2 \cdot b_1$

Следовательно:
$$N_2 = \frac{3 \cdot P_3 \cdot a}{b} = \frac{3 \cdot 11270 \cdot 25}{62,5} = 13520 \text{ Н.}$$

Сила трения определяется следующим образом [8]

$$F_3 = 2 \cdot N_2 \cdot f = 2 \cdot 13520 \cdot 0,15 = 4056 \text{ Н.}$$

Усилие зажима на кулачке составляет [8]

					60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	60

$$P_k = \frac{P_3 - F_3}{3} = \frac{11270 - 4056}{3} = 2405 \text{ Н.}$$

Вывод: $23200 > 2314$ – приспособление полностью обеспечивает зажим детали на требуемых технологических операциях.

3.3 Назначение и принцип работы приспособления для обработки патрубка

Разработанное приспособление спроектировано для горизонтального обрабатывающего **станка** с ЧПУ мод. ННМС800Е.

Приспособление **крепится** на столе станка с помощью **2** шпонок (поз. 12), крепится с помощью четырех **винтов**, в конструкции корпуса (поз. 5) **имеются четыре паза** шириной $b = 22 \text{ мм}$.

Крышка устанавливается на четыре установочные пластины (поз. 4), дополнительно центрируется по наружному диаметру фланца $\varnothing 720_{-0,8}$ при помощи четырех цилиндрических пальцев (поз. 4), которые расположены в верхней части корпуса по периметру прямоугольника. Для того, чтобы исключить возможность поворота относительно оси вращения, деталь дополнительно фиксируется при помощи срезанного пальца диаметром $\varnothing 22e8^{+0,040}_{-0,073}$. Прижим обрабатываемой детали осуществляется двумя Т-образными прихватами (поз. 3), которые являются отдельными сборочными единицами. Усилие зажима на прихваты передают два гидроцилиндра, которые предусмотрены в конструкции прихватов.

Принцип действия приспособления:

- 1) Обрабатываемая деталь устанавливается в приспособление.
- 2) Режущий инструмент с помощью управляющей программы выставляется на требуемый размер.

					61	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

3) Через тройник (поз. 1) и угольник (поз. 2) масло из гидростанции станка поступает в верхние полости двух гидроцилиндров, в результате поршни и штоки перемещаются вниз.

4) Шток каждого гидроцилиндра перемещает вниз прихват, вследствие чего производится зажим обрабатываемой детали.

5) Чтобы произвести разжим заготовки необходимо с помощью крана управления подать масло в нижние полости гидроцилиндров, в результате поршни гидроцилиндров будут перемещаться вверх.

6) Штоки и поршни гидроцилиндров, соответственно, будут также перемещаться вверх, производя тем самым разжим обрабатываемой детали.

7) Обрабатываемая деталь выгружается из приспособления.

					62	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

3.4 Силовой расчет приспособления для обработки патрубков

Расчет необходимого усилия зажима необходимо произвести в условиях фрезерования плоскости бокового патрубка - размер $140 \pm 1,0$ (операция 095 Горизонтально-расточная с ЧПУ; переход 1) вследствие того, что в данном случае значение момента резания будет максимальным.

Рассмотрим схему расположения сил при обработке детали (рисунок 3.4).

Исходные данные:

1. Расстояние от точки 0 до точки приложения силы резания: $l = 300$ мм.
2. Расстояние от точки 0 до точек прижима обрабатываемой детали:
 $l_1 = 330$ мм; $l_2 = 330$ мм.
3. Давление масла в гидростанции станка [8]: $p = 6$ МПа.
4. КПД гидроцилиндра [8]: $\eta = 0,92$

Запишем уравнение равновесия моментов сил относительно точки центрирования детали - т. О

$$M_{акт} \cdot K = \sum M_{прот} \quad \text{Н} \cdot \text{м}, \quad (62)$$

где $M_{акт}$ - активный момент от воздействия сил резания. Определяется по формуле

$$M_{акт} = P_z \cdot l \quad \text{Н} \cdot \text{м}, \quad (63)$$

где P_z - тангенциальная составляющая силы резания фрезы.

Минимальный коэффициент запаса, учитывающий надежность расчетов

					63/лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	63

[10]: $K_0 = 1,5$

Определим коэффициент запаса K

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 3,24$$

$\sum M_{\text{прот}}$ - сумма моментов противодействия, образующихся от воздействия сил зажима детали при обработке

$$\sum M_{\text{прот}} = M_{\text{прот}_1} + M_{\text{прот}_2} + M_{\text{прот}_3} + M_{\text{прот}_4} \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (64)$$

$$M_{\text{прот}_1} = W \cdot f \cdot L_1 \text{ Н}\cdot\text{м}; \quad (65)$$

$$M_{\text{прот}_2} = W \cdot f' \cdot L_1 \text{ Н}\cdot\text{м}; \quad (66)$$

$$M_{\text{прот}_3} = W \cdot f \cdot L_2 \text{ Н}\cdot\text{м}; \quad (67)$$

$$M_{\text{прот}_4} = W \cdot f' \cdot L_2 \text{ Н}\cdot\text{м}; \quad (68)$$

где W – усилие зажима обрабатываемой детали.

f - коэффициент трения между обрабатываемой деталью и прихватами
[8], $f = 0,1$

f' - коэффициент трения между обрабатываемой деталью и пластинами
[8], $f' = 0,15$

Следовательно

$$\sum M_{\text{прот}} = W \cdot f \cdot (L_1 + L_2) + W \cdot f' \cdot (L_1 + L_2) \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (69)$$

Таким образом

$$P_z \cdot l_p \cdot K = W \cdot f \cdot (L_1 + L_2) + W \cdot f' \cdot (L_1 + L_2) \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (70)$$

Определим усилие зажима обрабатываемой детали W

$$W = \frac{P_z \cdot l_p \cdot K}{f \cdot (L_1 + L_2) + f' \cdot (L_1 + L_2)} \text{ Н}, \quad (71)$$

Определим усилие зажима обрабатываемой детали W

$$W = \frac{3063 \cdot 300 \cdot 3,24}{0,1 \cdot (330 + 330) + 0,15 \cdot (330 + 330)} = 18040 \text{ Н}.$$

Находим необходимое усилие на клине P , учитывая конфигурацию зажимного механизма [10]. Запишем уравнение равновесия относительно т. O_1 (рисунок 3.5).

$$\sum M_{m.O_1} = 0, \quad (72)$$

$$(P - F \cdot \cos(\alpha)) \cdot l_1 \cdot \eta_m - W \cdot l_2 = 0, \quad (73)$$

где η_m - к.п.д. механизма [10], $\eta_m = 0,95$

l_1, l_2 - размеры плеч рычага прихвата, $l_1 = 30$ мм, $l_2 = 20$ мм.

α - угол наклона пружины в вертикальной плоскости, $\alpha = 37^\circ$

F – сила сжатия пружины определяется по формуле [6]

$$F = c \cdot h \text{ Н.}, \quad (74)$$

где h – значение деформации пружины, $h = 15$ мм.

c – жесткость пружины [6], $c = 15$ Н/мм.

Тогда: $F = 15 \cdot 15 = 225$ Н.

Таким образом, уравнение равновесия относительно т. O_1 принимает вид

$$P = \frac{W \cdot l_2}{l_1 \cdot \eta_m} + F \cdot \cos(\alpha) \text{ Н.}, \quad (75)$$

Следовательно: $P = \frac{18040 \cdot 20}{30 \cdot 0,95} + 225 \cdot \cos(37^\circ) = 9442$ Н.

Находим необходимое усилие на штоке гидроцилиндра P_u , учитывая конфигурацию зажимного механизма [10]

$$Q = P \cdot (tg(\alpha_{кл} + \varphi_1) + tg(\varphi_2)) \text{ Н.}, \quad (76)$$

где $\alpha_{кл}$ - угол клинового скоса [8], $\alpha = 12^\circ$

φ_1 - угол трения на наклонной плоскости клина, $\varphi_1 = 5^\circ 43' \dots 8^\circ 30'$

Принимаем: $\varphi_1 = 7^\circ$

φ_2 - угол трения на основании клина, $\varphi_2 = 5^\circ 43' \dots 8^\circ 30'$

Принимаем: $\varphi_2 = 8^\circ$

Следовательно: $Q = 9442 \cdot (tg(12^\circ + 7^\circ) + tg(8^\circ)) \approx 6442$ Н.

Определим минимальное значение диаметра гидроцилиндра следующим образом

$$D = \sqrt{\frac{6442}{0,785 \cdot 6 \cdot 0,92}} \approx 69 \text{ мм.}$$

С учетом техники безопасности и по конструктивным соображениям (согласно ГОСТ 6540-68 “Гидроцилиндры и пневмоцилиндры. Ряды основных параметров”) принимаем действительное значение диаметра гидроцилиндра: $D = 100$ мм.

Определим фактическое усилие на штоке гидроцилиндра следующим образом

$$Q_\phi = \frac{3,14 \cdot 100^2}{4} \cdot 6 \cdot 0,92 = 43332 \text{ Н.}$$

Определим фактическое усилие на клине по формуле [8]

$$P_\phi = \frac{Q_\phi}{(tg(\alpha_{\text{кл}} + \varphi_1) + tg(\varphi_2))} \text{ Н.;} \quad (77)$$

Следовательно: $P_\phi = \frac{43332}{(tg(12^\circ + 7^\circ) + tg(8^\circ))} = 85412$ Н.

Определим фактическое усилие зажима по формуле [8]

$$W_\phi = (P - F \cdot \cos(\alpha)) \cdot \frac{l_1 \cdot \eta_m}{l_2} \text{ Н.;} \quad (78)$$

Тогда: $W_\phi = (85412 - 225 \cdot \cos(37^\circ)) \cdot \frac{30 \cdot 0,95}{20} = 96112$ Н.

Вывод: смещение заготовки в спроектированном приспособлении не представляется возможным.

3.5 Проверочный расчет специальной зенковки

Производится проверочный расчет специальной зенковки (на соответствие работе в данных условиях) для обработки площадки диаметром $\varnothing 25^{+0,52}$.

Рабочий диаметр зенковки: $D = 25$ мм.

Подача при зенковании [22]: $S = 0,8$ мм/об.

Глубина резания при зенковании: $t = \frac{25 - 14,5}{2} = 5,25$ мм.

Осевая сила P_X определяется по формуле [22]

$$P_X = 10 \cdot C_p \cdot t^{x_p} \cdot s^{y_p} \cdot K_{M_p}, \quad (60)$$

где C_p , x_p , y_p , K_{M_p} - значения поправочных коэффициентов, учитывающихся при расчете сил резания при зенковании [22], $C_p = 23,5$, $x = 1,2$, $y = 0,4$, $K_{M_p} = 1$

После подстановки, получаем:

$$P_X = 10 \cdot 23,5 \cdot 5,25^{1,2} \cdot 0,8^{0,4} \cdot 1 = 1868 \text{ Н } (\approx 1,87 \text{ кН}).$$

Определяем разрушающую осевую силу по формуле [6]

$$P_p = \frac{10 \cdot [\sigma_{\text{и}}] \cdot D_o^4}{L_o^2}, \quad (61)$$

где $[\sigma_{\text{и}}]$ - допускаемое напряжение на изгиб материала державки.

Для стали 45 [2]: $[\sigma_{\text{и}}] = 220$ МПа.

D_o – диаметр “опасного” сечения зенковки, $D_o = 12$ мм.

L_o – расстояние от “опасного” сечения зенковки до плоскости обработки, $L_o = 72$ мм.

Таким образом: $P_p = \frac{10 \cdot 220 \cdot 12^4}{72^2} = 8800 \text{ Н.}$

Для надежной работы зенковки должно выполняться условие [6]

$$P_p \geq 3P_x; \quad (62)$$

Таким образом: $8800 > 3 \cdot 1868$ - условие выполняется.

Крутящий момент $M_{кр}$ определяется по формуле [22]

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^{q_M} \cdot t^{x_M} \cdot s^{y_M} \cdot K_{M_p}, \quad (63)$$

где C_M, q_M, y_M, K_{M_p} - значения поправочных коэффициентов, учитывающихся при расчете сил резания при зенковании [22], $C_M = 0,085$, $q = 1$, $y = 0,8$, $x = 0,75$, $K_{M_p} = 1$

Следовательно: $M_{кр} = 10 \cdot 0,085 \cdot 25^1 \cdot 5,25^{0,75} \cdot 0,8^{0,8} \cdot 1 \approx 3,5 \text{ Н·м.}$

Разрушающий крутящий момент при зенковании определяется по формуле [6]

$$M_p = W_o \cdot [\tau_k], \quad (64)$$

где W_o – полярный момент сопротивления “опасного” сечения зенковки. Определяется по формуле [6]

$$W_o = 0,2 \cdot D_o^3; \quad (65)$$

Следовательно: $W_o = 0,2 \cdot 12^3 = 345,6 \text{ мм}^3$.

$[\tau_k]$ - предел прочности материала хвостовика при кручении.

Для стали 45 [2]: $[\tau_k] = 25 \text{ МПа.}$

Таким образом: $M_p = 345,6 \cdot 25 \approx 8640 \text{ Н·мм (8,64 Н·м).}$

Для надежной работы зенковки (при обработке серого чугуна) должно выполняться условие [6]

$$M_p \geq 1,5 \cdot M_{кр}; \quad (66)$$

Следовательно: $8,64 > 1,5 \cdot 3,5$ - условие прочности выполняется.

Расчет инструментального конуса Морзе

Учитывая диаметр зенковки принимаем конус Морзе №2 ГОСТ 2848-75 (рисунок 3.6).

Данные конуса Морзе №2 ГОСТ 2848-75 [6]:

$d_1 = 17,78$ мм; $d_2 = 14,583$ мм;

$d_3 = 17,98$ мм; $d_4 = 14$ мм;

$l = 68$ мм; $a = 4$ мм; $c = 4$ мм; $r = 1$ мм.

Сила трения на поверхности конуса хвостовика инструмента создает момент трения между хвостовиком и втулкой определяется по формуле [6]

$$M_{\text{ТР}} = \frac{\mu \cdot P_x \cdot (d_1 + d_2)}{4 \cdot \sin \Theta} \cdot (1 - 0,04 \cdot D \cdot \sin \Theta), \quad (67)$$

где μ – коэффициент трения [6], $\mu = 0,1$

Θ – угол образующей конуса [6], $\Theta = 1^\circ 25' 50''$.

Тогда

$$M_{\text{ТР}} = \frac{0,1 \cdot 1868 \cdot (17,78 + 14,853)}{4 \cdot \sin(1^\circ 25' 50'')} \cdot (1 - 0,04 \cdot 25 \cdot \sin(1^\circ 25' 50'')) = 57060 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

$$M_{\text{ТР}} \approx 57,06 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Приравниваем момент трения к максимальному моменту сил сопротивления резанию при работе затупившейся зенковкой [6]

$$M_{\text{ТР}} \geq 3 \cdot M_{\text{ср}}; \quad (68)$$

Таким образом: $57,06 > 3 \cdot 3,5$ - условие самоторможения выполняется

Вывод: После проведенного проверочного расчета было доказано, что спроектированная зенковка для обработки площадки $\varnothing 25^{+0,52}$ полностью удо-

влетворяет заданным условиям работы, следовательно, может быть использовано для вышеуказанной операции технологического процесса.

3.6 Выводы по разделу

В конструкторском разделе была рассмотрена следующая специализированная технологическая оснастка:

1) Проведен анализ конструкции, принципа действия и силовой расчет трехкулачкового самоцентрирующегося патрона с пневмоприводом, который предназначен для токарной обработки наружных поверхностей детали на токарно-карусельном станке с ЧПУ мод. VNL1254H.

2) Проведен анализ конструкции, принципа действия и силовой расчет приспособления, которое предназначено для фрезерования плоскости бокового патрубка, а также для комплексной обработки (сверления, зенкования поверхностей и фасок, нарезании резьбы) четырех крепежных отверстий М16-6Н, отверстия М10-6Н, отверстия М16×1,5-6Н, отверстия М20×1,5-6Н под установку масляной пробки на горизонтальном обрабатывающем центре с ЧПУ мод. HHMC800E.

3) Произведен проверочный расчет специальной зенковки для обработки площадки диаметром $\varnothing 25^{+0,52}$ на глубину $2 \pm 0,1$.

					70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	70

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Замена технологического оборудования в тех процессе производилась следующим образом:

а) В процессе токарной обработки произведена замена токарно-карусельного станка мод. 1532 на токарно-карусельный станок с ЧПУ мод. VNL1254H

б) В процессе комплексной обработки произведена замена горизонтально-расточного станка мод. 2620 и радиально-сверлильного станка мод. 2М57. на горизонтальный обрабатывающий центр мод. ННМС800Е

в) В процессе комплексной обработки произведена замена и горизонтально-расточного станка мод. 2620 и радиально-сверлильного станка мод. 2М57 на вертикальный обрабатывающий центр с ЧПУ мод. VM1506H

г) В процессе шлифовальной обработки произведена замена плоско-шлифовального станка мод. 3Е711В. на продольно-шлифовальный станок мод. МС353Ф10

Замена в заводском варианте тех процесса универсальных станков на станки с ЧПУ привело к снижению себестоимости изготовления детали

Анализируя полученные показатели обработки детали заводского и разработанного мной варианта видим, что разработанная мной технология более эффективна.

					99/лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	99